

КОВКА (1)
И ШТАМПОВКА
СПРАВОЧНИК

КОВКА И ШТАМПОВКА

СПРАВОЧНИК В 4-Х ТОМАХ

Редакционный совет :

Е.И. СЕМЕНОВ,
заслуженный деятель науки и техники РСФСР,
д-р техн. наук проф. (председатель),

О.А. ГАНАГО,
д-р техн. наук проф.

Л.И. ЖИВОВ,
заслуженный деятель науки и техники РСФСР,
д-р техн. наук проф.

Г.Д. ЛЕПЕНШИН,
инж.

А.Д. МАТВЕЕВ,
д-р техн. наук проф.

Г.А. НАВРОЦКИЙ,
заслуженный деятель науки и техники РСФСР
д-р техн. наук проф.

И.Н. ФИЛЬКИН,
канд. техн. наук
лауреат Государственной премии СССР

ТОМ 1

МАТЕРИАЛЫ И НАГРЕВ ОБОРУДОВАНИЕ КОВКА

Под редакцией
заслуженного деятеля науки
и техники РСФСР,
д-ра техн. наук проф.
Е.И. СЕМЕНОВА



МОСКВА
« МАШИНОСТРОЕНИЕ »
1985

Авторы тома: А. Ю. Аверкиев, Д. И. Бережковский, Ю. С. Вильчинский, И. Г. Гетия, В. В. Горячев, А. Г. Гривачевский, Н. П. Донеиберг, А. И. Колпашников, Л. С. Кохан, М. А. Крючков, Н. И. Ляпунов, П. В. Маркии, А. Д. Матвеев, А. Г. Навроцкий, А. Ф. Нистратов, А. Г. Рахштадт, С. В. Сельский, Е. И. Семенов, И. Е. Семенов, А. А. Скворцов, С. А. Скородумов, С. С. Соловцов, Л. Г. Степанский, З. Г. Уняияи, А. П. Шляхин

Рецензенты тома: канд. техн. наук Д. И. Брои, инж. П. В. Маркии

Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т./Ред. совет: К56 Е. И. Семенов (пред.) и др. — М.: Машиностроение, 1985 — Т. 1. **Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка/Под ред. Е. И. Семенова.** 1985. 568 с., ил.

В пер.: 2 р. 60 к.

В первом томе приведены сведения по материалам, их деформируемости, разделению материала на заготовки, термическим режимам ковки и штамповки. Описаны пламенные печи и электронагревательные устройства, ковочно-штамповочное оборудование общего назначения. Отмечены особенности автоматизации и механизации технологических процессов штамповки и ковки, автоматизации проектирования штамповки, контроля качества поковок, а также термической обработки поковок. Даны технико-экономические показатели работы кузнечных цехов и сведения по нормам безопасности труда. Изложены особенности ковки инструментальных и высоколегированных жаропрочных сталей и цветных сплавов. Справочник предназначен для инженерно-технических работников машиностроительных предприятий, может быть полезен преподавателям и студентам вузов.

ББК 34.623
 6П4.2

К 2704030000-611
 038 (01)-85 Подписное

Глава 1. Материалы для ковки и штамповки		стическом деформировании стали и сплавов (Д. И. Бережковский, И. Е. Семенов)	148
1. Классификация сталей для ковки и штамповки (А. Г. Рахштадт, В. В. Горячев)	9	4. Испытания технологических свойств листовых металлов (А. Д. Матвеев)	154
2. Классификация, химический состав и физико-механические свойства цветных металлов и сплавов (А. И. Колпашников)	30	Глава 4. Подготовка поверхности металла и способы его разделения на заготовки (С. С. Соловцов) . .	163
3. Температурный интервал ковки и штамповки цветных металлов и сплавов (А. И. Колпашников)	58	1. Зачистка поверхности металла	163
4. Неметаллические листовые материалы (А. Ю. Аверкиев)	62	2. Разделение металла на заготовки	164
Глава 2. Заготовки для ковки и штамповки	65	Глава 5. Термический режим ковки и объемной штамповки	217
1. Стальные слитки. Сортамент. Слитки ЭШП, ВДП и другие (А. П. Шляхин)	65	1. Температурные интервалы ковки стали и сплавов (Д. И. Бережковский)	217
2. Сортовой прокат. Сортамент различных видов проката (А. П. Шляхин) . .	73	2. Нагрев стали под ковку и объемную штамповку (А. А. Скворцов)	224
3. Заготовки, получаемые на машинах непрерывной разливки (Л. Г. Степанский)	94	3. Охлаждение стальных поковок (А. А. Скворцов)	232
4. Прессованные профили. Сортамент. Механические свойства (Л. Г. Степанский)	95	4. Угар и обезуглероживание стали при нагреве (А. А. Скворцов)	234
5. Листовой прокат. Сортамент (А. П. Шляхин)	103	Глава 6. Пламенные печи для нагрева под ковку и штамповку (А. А. Скворцов) . .	239
Глава 3. Деформирование стали и сплавов		Глава 7. Электронагрев и электронагревательные устройства (С. В. Сельский, З. Г. Уняияи)	253
1. Механические характеристики стали и сплавов (Д. И. Бережковский, И. Е. Семенов)	131	1. Современные методы и устройства электронагрева металла под ковку и штамповку	253
2. Диаграммы рекристаллизации стали и сплавов (Д. И. Бережковский, И. Е. Семенов)	143	2. Области применения разных методов электронагрева и технико-экономические показатели	273
3. Скоростной, масштабный коэффициенты и коэффициент трения при пла-			

Глава 8. Ковочно-штамповочное оборудование общего назначения (основные параметры) (А. Ф. Нистратов)	287	1. Инструмент и приспособления дляковки на молотах и прессах (Н. П. Доненберг, Ю. С. Вильчинский)	416
Глава 9. Автоматизация и механизация штамповки иковки	314	2. Ковочные операции (Ю. С. Вильчинский, Е. И. Семенов)	440
1. Автоматизация и механизация холодной объемной штамповки (Л. С. Кохан, А. Г. Навроцкий)	314	3. Разработка технологического процесса (Ю. С. Вильчинский)	450
2. Автоматизация и механизация листовой штамповки (М. А. Крючков)	326	4. Примерыковки на молотах и прессах (Ю. С. Вильчинский)	480
3. Автоматизация и механизация горячей объемной штамповки (Ю. С. Вильчинский, Н. И. Ляпунов)	351	5. Качество поковок (Е. И. Семенов)	491
4. Автоматизация и механизацияковки (П. В. Маркин)	371	Глава 13. Особенностиковки инструментальных сталей, высоколегированных жаропрочных сталей и сплавов и цветных сплавов (С. А. Скородумов)	495
Глава 10. Автоматизация проектирования технологических процессов штамповки	383	1. Ковка инструментальных сталей	495
1. Автоматизация проектирования технологических процессов горячей объемной штамповки (Л. Г. Степанский)	383	2. Ковка высоколегированных жаропрочных сталей и сплавов	503
2. Автоматизация проектирования технологических процессов листовой штамповки (А. Г. Гривачевский)	391	3. Ковка цветных металлов и сплавов	516
Глава 11. Термическая обработка стальных поковок (А. Г. Рахитадт, В. В. Горячев)	405	Глава 14. Технико-экономические показатели и анализ работы кузнечных цехов (Е. И. Семенов, М. А. Крючков)	529
Глава 12. Ковка на молотах и прессах	416	Глава 15. Охрана труда в кузнечно-штамповочных цехах (И. Г. Геттия)	549
		Список литературы	557

В современном машиностроении ковкой и штамповкой изготавливают заготовки и детали массой от грамма до сотен тонн и с размерами от миллиметра до десятков метров. Тенденция отечественной промышленности, направленная на металло- и энергосберегающую технологию; требует еще большего развития кузнечно-штамповочного производства.

Эффективность использования кузнечно-штамповочного производства зависит, в частности, от наличия современной справочной литературы, позволяющей выбрать оптимальную технологию и правильно ее рассчитать. Имеющиеся до сих пор справочники по различным разделамковки и штамповки в ряде случаев устарели и не дают представления о кузнечно-штамповочном производстве в целом. Справочник «Ковка и штамповка» содержит рекомендации, необходимые для проектирования современных технологических процессовковки и штамповки, сведения о нагревательных устройствах, средствах автоматизации и механизации производства, эксплуатации инструмента и контроля на всех этапах технологического процесса, а также сведения по автоматизации проектирования процессов штамповки и термообработке поковок и штампованных заготовок.

Справочник написан на основе передового производственного опыта и научных исследований как в нашей стране, так и за рубежом. Многие работы, выполненные советскими учеными и инженерами по теории и практикековки и штамповки, получили мировое признание. При составлении справочника учтены работы ЦНИИТМАШа, ВПТИ Тяжмаша, НИИТавтопрома, физико-технического института АН БССР и вузов, а также производственный опыт передовых машиностроительных заводов нашей страны и ряда зарубежных фирм.

В справочнике принята терминология, распространенная в ГОСТах. Термины,

относящиеся к новым процессам и оборудованию, взяты из числа наиболее распространенных в технической литературе.

В первом томе изложены сведения, необходимые для проектирования технологических процессовковки. Указано влияние химического состава и технологии производства на механические характеристики слитков, а также их ковкость при различных температурах и скоростях деформирования. Даны рекомендации по выбору режимовковки, скорости нагрева слитков и охлаждения поковок. Уделено внимание современным способам нагрева заготовок, обеспечивающим минимальный угар или обезуглероживание поверхностных слоев. Приведены характеристики оборудования для обработки заготовок перед ковкой и при ковке. Большое внимание уделено применению средств автоматизации и механизации в кузнечных цехах, а также автоматизации проектирования технологических процессов, что существенно ускоряет подготовку производства. Показано влияние термической обработки на качество поковок.

Во втором томе даны рекомендации по назначению допусков, припусков и напусков на штампованные поковки. Приведены классификация поковок и примеры проектирования технологических процессовсъемной горячей штамповки на оборудовании различного вида. Даны рекомендации, необходимые для конструирования и расчета ручьев молотовых штампов. Указаны особенности объемной горячей штамповки на КГШП, гидравлических и винтовых прессах и горизонтально-ковочных машинах. Приведены примеры конструирования и расчета штампов для объемной горячей штамповки. Уделено внимание специальным видам штамповки: накатке, раскатке, электровысадке и др. Даны рекомендации по разработке технологических процессов объемной горячей штамповки высоколегированных сталей и сплавов

цветных металлов; отделке и очистке поковок; контролю их качества; эксплуатации и ремонту штамповой оснастки.

В третьем томе даны рекомендации по объемной холодной штамповке на прессах и холодно-высадочных автоматах. Уделено внимание прессам с числовым программным управлением. Приведены методика расчета и конструирования штампов для объемной холодной штамповки, выполняемой на криошипных и гидравлических прессах, а также методы определения деформируемых сил, давлений на боковые поверхности штампов, расчета натягов составных (многослойных) бандажированных матриц; регулирования и оптимизации течения металла в условиях штамповки выдавливанием. Рассмотрены специализированные процессы штамповки выдавливанием: раскат-

ка, редуцирование деталей сложных сечений, накатывание резьб и профилей, навивка пружин и др.

В четвертом томе изложена методика проектирования технологии штамповки листовых материалов (металлических и неметаллических), классифицированы операции штамповки из листа. Даны рекомендации по применению смазки, оптимизации раскроя. Приводятся данные по определению деформирующих сил, работы деформации и предельного формоизменения за один переход. Уделено внимание проектированию разделительных операций, чистой вырубке, пробивке и др. Приведены примеры проектирования и расчета технологических процессов. Рассмотрены процессы штамповки на многопозиционных прессах. Представлены типовые конструкции штампов.

Глава 1 МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОВКИ И ШТАМПОВКИ

1. КЛАССИФИКАЦИЯ СТАЛЕЙ ДЛЯ КОВКИ И ШТАМПОВКИ

Стали, применяемые дляковки и штамповки, подразделяются на группы: сталь углеродистая обыкновенного качества;

сталь углеродистая качественная конструкционная;

сталь легированная конструкционная;

сталь высоколегированная коррозионно-стойкая, жаропрочная, жаростойкая;

1. Механические свойства стали обыкновенного качества группы А (ГОСТ 380—71*)

Сталь	σ_B , МПа	σ_T , МПа, не менее, для толщины, мм				δ_5 , %, не менее, для толщины, мм			Изгиб на 180° для толщины не более 20 мм
		До 20	Св. до 40	Св. до 100	Св. 100	До 20	Св. до 40	Св. 40	
Ст0 Ст1кп	Не менее 310 310—400	—	—	—	—	23 35	22 34	20 32	$d = 2a$ $d = 0$
Ст1пс Ст1сп	320—420	—	—	—	—	34	33	31	$d = 0$
Ст1Гпс	320—430	—	—	—	—	34	33	31	
Ст2кп	330—420	220	210	200	190	33	32	30	
Ст2пс	340—440	230	220	210	200	32	31	29	
Ст2Гпс	340—450	230	220	210	200	32	31	29	
Ст3кп Ст3пс	370—470	240	230	220	200	27 25	25 24	24	$d = 0,5a$
Ст3сп	380—490	250	240	230	210	26	25	23	
Ст3Гпс	380—500	250	240	230	210	26	25	23	
Ст4кп Ст4пс	410—520	260	250	240	230	25	24	22	$d = 2a$
Ст4сп	420—540	270	260	250	240	24	23	21	
Ст4Гпс	420—550	270	260	250	240	24	23	21	
Ст5пс Ст5сп	500—640 460—600	290 290	280 280	270 270	260 260	20 20	19 19	17 17	$d = 3a$
Ст6пс Ст6сп	Не менее 600	320	310	300	300	15	14	12	—

Примечание. a — толщина образца, d — диаметр оправки; при испытании на изгиб образцов толщиной более 20 мм диаметр оправки увеличивается на толщину образца.

2. Нормируемые показатели для стали группы А (ГОСТ 380—71*)

Категория стали	Марки стали всех степеней раскисления и с повышенным содержанием Mn	Предел прочности σ_B	Относительное удлинение δ	Изгиб в холодном состоянии	Предел текучести σ_T
1	Ст0—Ст6	+	+	-	-
2	Ст0—Ст6	+	+	+	-
3	Ст2—Ст6	+	+	+	+

Примечание. «+» — показатель нормируется, «-» — показатель не нормируется.

3. Нормируемые показатели для стали группы Б (ГОСТ 380—71*)

Категория стали	Марки стали всех степеней раскисления и с повышенным содержанием Mn	Содержание С, Mn, Si, P, S, As, N	Содержание Cr, Ni, Cu
1	БСт0—БСт6	+	-
2	БСт1—БСт6	+	+

Примечание. «+» — показатель нормируется, «-» — показатель не нормируется.

4. Химический состав стали обыкновенного качества группы Б (ГОСТ 380—71*)

Сталь	Содержание, %		
	C	Mn	Si
БСт0	До 0,23	-	-
БСт1кп	0,06—0,12	0,25—0,50	До 0,05
БСт1пс	0,06—0,12	0,25—0,50	0,05—0,17
БСт1сп	0,06—0,12	0,25—0,50	0,12—0,30
БСт1Гпс	0,06—0,12	0,7—1,1	До 0,15
БСт2кп	0,09—0,15	0,25—0,50	До 0,07
БСт2пс	0,09—0,15	0,25—0,50	0,05—0,17
БСт2сп	0,09—0,15	0,25—0,50	0,12—0,30
БСт2Гпс	0,09—0,15	0,7—1,1	До 0,15
БСт3кп	0,14—0,22	0,30—0,60	До 0,07
БСт3пс	0,14—0,22	0,40—0,65	0,05—0,17
БСт3сп	0,14—0,22	0,40—0,65	0,12—0,30
БСт3Гпс	0,14—0,22	0,80—1,10	До 0,15
БСт4кп	0,18—0,27	0,40—0,70	До 0,07
БСт4пс	0,18—0,27	0,40—0,70	0,05—0,17
БСт4сп	0,18—0,27	0,40—0,70	0,12—0,30
БСт4Гпс	0,18—0,27	0,8—1,2	До 0,15
БСт5пс	0,28—0,37	0,50—0,80	0,05—0,17
БСт5сп	0,28—0,37	0,50—0,80	0,15—0,35
БСт5Гпс	0,22—0,30	0,80—1,20	До 0,15
БСт6пс	0,38—0,49	0,50—0,80	0,05—0,17
БСт6сп	0,38—0,49	0,50—0,80	0,15—0,35

Примечание. Допускается не более 0,3 % Си, 0,3 % Ni, 0,3 % Cr, 0,08 % As, 0,04 % P, 0,05 % S; в стали БСт0 не более 0,07 % P, 0,06 % S.

5. Нормируемые показатели для стали группы В (ГОСТ 380—71*)

Категория стали	Марки стали всех степеней раскисления и с повышенным содержанием Mn	Химический состав	σ_B	σ_T	δ	Изгиб в холодном состоянии	Ударная вязкость КСV		
							при температуре, °C		после механического старения
							+20	-20	
1	ВСт1—ВСт5	+	+	-	+	+	-	-	-
2	ВСт2—ВСт5	+	+	+	+	+	-	-	-
3	ВСт3—ВСт4	+	+	+	+	+	+	-	-
4	ВСт3	+	+	+	+	+	-	+	-
5		+	+	+	+	+	-	+	+
6		+	+	+	+	+	-	-	+

Примечания: 1. Сталь категорий 3—6 поставляется полуспокойной и спокойной.
2. Знак «+» означает, что показатель нормируется, знак «-» — показатель не нормируется.

сталь инструментальная (углеродистая, быстрорежущая, легированная).

Сталь углеродистая обыкновенного качества в зависимости от назначения делится на три группы:

А — по механическим свойствам (табл. 1);

Б — по химическому составу;

В — по механическим свойствам и химическому составу.

Сталь группы А — Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6 — в зависимости от нормируемых показателей подразделяют на три категории (табл. 2).

В состав группы Б входят марки сталей: ВСт0, ВСт1, ВСт2, ВСт3, ВСт4, ВСт5, ВСт6. Сталь этой группы поставляется по химическому составу и подразделяется на две категории (табл. 3). Химический состав стали по плавочному анализу ковшевой пробы должен соответствовать нормам, указанным в табл. 4.

В состав группы В входят пять марок сталей: ВСт1, ВСт2, ВСт3, ВСт4, ВСт5. Имеется шесть категорий сталей, которые нормируются по хи-

мическому составу и механическим свойствам (табл. 5).

Механические свойства стали при растяжении и условия испытаний на изгиб на 180° в холодном состоянии должны соответствовать нормам, указанным для стали группы А в табл. 2.

По химическому составу сталь группы В должна соответствовать нормам, указанным в табл. 4, за исключением нижнего предела по содержанию углерода. Отклонение от нижнего предела по содержанию углерода не является браковочным признаком. Верхний предел содержания Mn допускается на 0,2 % выше указанного в табл. 4 для всех марок стали, кроме марок ВСт1Гпс, ВСт2Гпс, ВСт3Гпс, ВСт5Гпс.

Марки, химический состав и свойства углеродистых качественных конструкционных сталей приведены в табл. 6—9; легированных конструкционных сталей — в табл. 10—13; высоколегированных коррозионно-стойких, жаропрочных и жаростойких сталей — в табл. 14, 15; инструментальных сталей — в табл. 16—19.

6. Химический состав * сталей углеродистых качественных конструкционных (ГОСТ 1050—74 и ГОСТ 14959—79)

Сталь	Содержание, %			
	C	Si	Mn	Cr, не более
05кп	До 0,06	До 0,03	До 0,40	
08кп	0,05—0,11	» 0,03	0,25—0,50	0,10
08пс	0,05—0,11	0,05—0,17	0,35—0,65	0,10
08	0,05—0,12	0,17—0,37	0,35—0,65	0,10
10кп	0,07—0,14	До 0,07	0,25—0,50	0,15
10пс	0,07—0,14	0,05—0,17	0,35—0,65	0,15
10	0,07—0,14	0,17—0,37	0,35—0,65	0,15
11кп	0,05—0,12	До 0,06	0,30—0,50	0,15
15кп	0,12—0,19	» 0,07	0,25—0,50	0,25
15пс	0,12—0,19	0,05—0,17	0,35—0,65	0,25
15	0,12—0,19	0,17—0,37	0,35—0,65	0,25
18кп	0,12—0,20	До 0,06	0,30—0,50	0,25
20кп	0,17—0,24	» 0,07	0,25—0,50	0,25
20пс	0,17—0,24	0,05—0,17	0,35—0,65	0,25
20	0,17—0,24	0,17—0,37	0,35—0,65	0,25
25	0,22—0,30	0,17—0,37	0,50—0,80	0,25
30	0,27—0,35	0,17—0,37	0,50—0,80	0,25
35	0,32—0,40	0,17—0,37	0,50—0,80	0,25
40	0,37—0,45	0,17—0,37	0,50—0,80	0,25
45	0,42—0,50	0,17—0,37	0,50—0,80	0,25
50	0,47—0,55	0,17—0,37	0,50—0,80	0,25
55	0,52—0,60	0,17—0,37	0,50—0,80	0,25
58 (55пп)	0,55—0,63	0,10—0,30	До 0,2	0,15
60	0,57—0,65	0,17—0,37	0,50—0,80	0,25
65 **	0,62—0,70	0,17—0,37	0,50—0,80	До 0,25
70 **	0,67—0,75	0,17—0,37	0,50—0,80	» 0,25
75 **	0,72—0,85	0,17—0,37	0,50—0,80	» 0,25
80 **	0,77—0,85	0,17—0,37	0,50—0,80	» 0,25
85 **	0,82—0,90	0,17—0,37	0,50—0,80	» 0,25
601 **	0,57—0,65	0,17—0,37	0,70—1,00	» 0,25
651 **	0,62—0,70	0,17—0,37	0,90—1,20	» 0,25
701 **	0,67—0,75	0,17—0,37	0,90—1,20	» 0,25

* Допускается не более 0,040 % S; 0,035 % P; 0,25 % Ni; 0,25 % Cu.
** По ГОСТ 14959—79.

7. Механические свойства * сталей углеродистых качественных конструкционных (ГОСТ 1050—74 и ГОСТ 14959—79)

Сталь	МПа					Твердость НВ после отжига, не более	Сталь	МПа					Твердость НВ после отжига, не более
	σ_B	σ_T	δ_5 , %	ψ , %	KCV, кДж/м ²			σ_B	σ_T	δ_5 , %	ψ , %	KCV, кДж/м ²	
08	330	200	33	60	—	131	58 (55пп)	610	320	12	28	—	229
10	340	210	31	55	—	143	60	690	410	12	35	—	229
15	380	230	27	55	—	149	65	710	420	10	30	—	229
20	420	250	25	55	—	163	70	730	430	9	30	—	229
25	460	280	23	50	900	170	75 **	1100	900	7	30	—	241
30	500	300	21	50	800	179 ***	80 **	1100	950	6	30	—	241
35	540	320	20	45	700	207 ***	85 **	1150	1000	6	30	—	255
40	580	340	19	45	600	187	60Г	710	420	11	—	—	—
45	610	360	16	40	500	197	65Г	750	440	9	—	—	—
50	640	380	14	40	400	207	70Г	800	460	8	—	—	—
55	660	390	13	35	—	217							

* Механические свойства сталей определены на образцах диаметром или толщиной до 80 мм после нормализации.
** После закалки в масле и отпуска при 480 °С.
*** Горячекатаной стали.

8. Температура, °С, критических точек некоторых марок углеродистой конструкционной стали

Сталь	A _{c1}	A _{c3}	Сталь	A _{c1}	A _{c3}	Сталь	A _{c1}	A _{c3}	Сталь	A _{c1}	A _{c3}
08	735	874	25	735	835	45	730	755	70	725	743
10	732	870	30	730	820	50	725	760	75	720	735
15	735	860	35	730	810	55	725	755	85	720	730
20	735	850	40	730	790	60	725	750	65Г	721	745

9. Температурный коэффициент линейного расширения α и теплопроводность λ некоторых марок углеродистой конструкционной стали

Сталь	$\alpha \cdot 10^6, 1/^\circ\text{C}$				$\lambda, \text{Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$			
	при температуре, °С							
	20—200	20—300	20—400	20—600	100	200	300	400
08	12,6	13,0	—	14,6	80,8	69,0	—	51,4
10	12,6	—	13,0	14,6	57,0	52,7	44,8	37,7
15	12,5	13,0	13,6	14,2	57,0	52,7	—	—
20	12,1	12,7	13,4	13,9	50,6	48,4	46,5	42,4
25	12,66	13,1	13,5	13,9	51,1	49,0	46,5	42,5
40	12,0	—	13,3	—	—	50,6	48,9	46,5
45	12,3	—	13,7	—	—	48,0	46,5	42,8

* Цифры в скобках указывают температурный интервал, в котором определен параметр.

10. Химический состав сталей легированной конструкционной (ГОСТ 4543—71)

Сталь	Содержание, %									
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Al	Ti	V	
<i>Хромистая</i>										
15X	0,12—0,18	0,17—0,37	0,40—0,70	0,70—1,00	—	—	—	—	—	
15XA	0,12—0,17	0,17—0,37	0,40—0,70	0,70—1,00	—	—	—	—	—	
20X	0,17—0,23	0,17—0,37	0,50—0,80	0,70—1,00	—	—	—	—	—	
30X	0,24—0,32	0,17—0,37	0,50—0,80	0,80—1,10	—	—	—	—	—	
30XPA	0,27—0,33	0,17—0,37	0,50—0,80	1,00—1,30	—	—	—	—	—	
35X	0,31—0,39	0,17—0,37	0,50—0,80	0,80—1,10	—	—	—	—	—	
38XA	0,35—0,42	0,17—0,37	0,50—0,80	0,80—1,10	—	—	—	—	—	
40X	0,36—0,44	0,17—0,37	0,50—0,80	0,80—1,10	—	—	—	—	—	
45X	0,41—0,49	0,17—0,37	0,50—0,80	0,80—1,10	—	—	—	—	—	
50X	0,46—0,54	0,17—0,37	0,50—0,80	0,80—1,10	—	—	—	—	—	
<i>Марганцевистая</i>										
15Г	0,12—0,19	0,17—0,37	0,70—1,00	—	—	—	—	—	—	
20Г	0,17—0,24	0,17—0,37	0,70—1,00	—	—	—	—	—	—	
25Г	0,22—0,30	0,17—0,37	0,70—1,00	—	—	—	—	—	—	
30Г	0,27—0,35	0,17—0,37	0,70—1,00	—	—	—	—	—	—	
35Г	0,32—0,40	0,17—0,37	0,70—1,00	—	—	—	—	—	—	
40Г	0,37—0,45	0,17—0,37	0,70—1,00	—	—	—	—	—	—	
45Г	0,42—0,50	0,17—0,37	0,70—1,00	—	—	—	—	—	—	
50Г	0,48—0,56	0,17—0,37	0,70—1,00	—	—	—	—	—	—	
10Г2	0,07—0,15	0,17—0,37	1,20—1,60	—	—	—	—	—	—	
30Г2	0,26—0,35	0,17—0,37	1,40—1,80	—	—	—	—	—	—	
35Г2	0,31—0,39	0,17—0,37	1,40—1,80	—	—	—	—	—	—	
40Г2	0,36—0,44	0,17—0,37	1,40—1,80	—	—	—	—	—	—	
45Г2	0,41—0,49	0,17—0,37	1,40—1,80	—	—	—	—	—	—	
50Г2	0,46—0,55	0,17—0,37	1,40—1,80	—	—	—	—	—	—	

Продолжение табл. 10

Сталь	Содержание, %									
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Al	Ti	V	
<i>Хромомарганцевая</i>										
18ХГ	0,15—0,21	0,17—0,37	0,90—1,20	0,90—1,20	—	—	—	—	—	
35ХГ2	0,32—0,40	0,17—0,37	1,60—1,90	0,40—0,70	—	—	—	—	—	
18ХГТ	0,17—0,23	0,17—0,37	0,80—1,10	1,00—1,30	—	—	0,03—0,09	—	—	
20ХГР	0,18—0,24	0,17—0,37	0,70—1,00	0,75—1,05	—	—	—	—	—	
27ХГР	0,25—0,31	0,17—0,37	0,70—1,00	0,70—1,00	—	—	—	0,03—0,09	—	
25ХГТ	0,22—0,29	0,17—0,37	0,80—1,10	1,00—1,30	—	—	—	0,03—0,09	—	
30ХГТ	0,24—0,32	0,17—0,37	0,80—1,10	1,00—1,30	—	—	—	0,03—0,09	—	
40ХГТР	0,38—0,45	0,17—0,37	0,70—1,00	0,80—1,10	—	—	—	—	0,06—0,12	
35ХГФ	0,31—0,38	0,17—0,37	0,95—1,25	1,00—1,30	—	—	—	—	—	
25ХГМ	0,23—0,29	0,17—0,37	0,90—1,20	0,90—1,20	—	0,20—0,30	—	—	—	
<i>Хромокремнистая</i>										
33ХС	0,29—0,37	1,00—1,40	0,30—0,60	1,30—1,60	—	—	—	—	—	
38ХС	0,34—0,42	1,00—1,40	0,30—0,60	1,30—1,60	—	—	—	—	—	
40ХС	0,37—0,45	1,20—1,60	0,30—0,60	1,30—1,60	—	—	—	—	—	
<i>Хромолибденовая и хромолибденованадиевая</i>										
15ХМ	0,11—0,18	0,17—0,37	0,40—0,70	0,80—1,10	—	—	—	—	—	
20ХМ	0,15—0,25	0,17—0,37	0,40—0,70	0,80—1,10	—	—	—	—	0,40—0,55	
30ХМ	0,26—0,34	0,17—0,37	0,40—0,70	0,80—1,10	—	—	—	—	0,15—0,25	
30ХМА	0,26—0,33	0,17—0,37	0,40—0,70	0,80—1,10	—	—	—	—	0,15—0,25	
35ХМ	0,32—0,40	0,17—0,37	0,40—0,70	0,80—1,10	—	—	—	—	0,15—0,25	
38ХМ	0,35—0,42	0,17—0,37	0,35—0,65	0,90—1,30	—	—	—	—	0,20—0,30	
30ХЗМФ	0,27—0,34	0,17—0,37	0,30—0,60	2,30—2,70	—	—	—	—	0,06—0,12	
40ХМФА	0,37—0,44	0,17—0,37	0,40—0,70	0,80—1,10	—	—	—	—	0,10—0,18	

Сталь	Содержание, %									
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Al	Ti	V	
<i>Хромованадиевая</i>										
15ХФ	0,12—0,18	0,17—0,37	0,40—0,70	0,80—1,10	—	—	—	—	0,06—0,12	
40ХФА	0,37—0,44	0,17—0,37	0,50—0,80	0,80—1,10	—	—	—	—	0,10—0,18	
<i>Никельмолибденовая</i>										
15Н2М	0,10—0,18	0,17—0,37	0,40—0,70	—	1,50—1,90	0,20—0,30	—	—	—	
20Н2М	0,17—0,25	0,17—0,37	0,40—0,70	—	1,50—1,90	0,20—0,30	—	—	—	
<i>Хромоникелевая и хромоникелевая с бором</i>										
20ХН	0,17—0,23	0,17—0,37	0,40—0,70	0,45—0,75	1,00—1,40	—	—	—	—	
40ХН	0,36—0,44	0,17—0,37	0,50—0,80	0,45—0,75	1,00—1,40	—	—	—	—	
45ХН	0,41—0,49	0,17—0,37	0,50—0,80	0,45—0,75	1,00—1,40	—	—	—	—	
50ХН	0,46—0,54	0,17—0,37	0,50—0,80	0,45—0,75	1,00—1,40	—	—	—	—	
20ХНР	0,16—0,23	0,17—0,37	0,60—0,90	0,70—1,10	0,80—1,10	—	—	—	—	
12ХН2	0,09—0,16	0,17—0,37	0,30—0,60	0,60—0,90	1,50—1,90	—	—	—	—	
12ХН3А	0,09—0,16	0,17—0,37	0,30—0,60	0,60—0,90	2,75—3,15	—	—	—	—	
20ХН3А	0,17—0,24	0,17—0,37	0,30—0,60	0,60—0,90	2,75—3,15	—	—	—	—	
30ХН3А	0,27—0,33	0,17—0,37	0,30—0,60	0,60—0,90	2,75—3,15	—	—	—	—	
12Х2Н4А	0,09—0,15	0,17—0,37	0,30—0,60	1,25—1,65	3,25—3,65	—	—	—	—	
20Х2Н4А	0,16—0,22	0,17—0,37	0,30—0,60	1,25—1,65	3,25—3,65	—	—	—	—	
<i>Хромокремнемарганцовая и хромокремнемарганцовоникелевая</i>										
20ХГСА	0,17—0,23	0,90—1,20	0,80—1,10	0,80—1,10	—	—	—	—	—	
25ХГСА	0,22—0,28	0,90—1,20	0,80—1,10	0,80—1,10	—	—	—	—	—	
30ХГС	0,28—0,35	0,90—1,20	0,80—1,10	0,80—1,10	—	—	—	—	—	
30ХГСА	0,32—0,34	0,90—1,20	0,80—1,10	0,80—1,10	—	—	—	—	—	
35ХГСА	0,32—0,39	1,10—1,40	0,80—1,10	1,10—1,40	—	—	—	—	—	
30ХГСН2А	0,27—0,34	0,90—1,20	1,00—1,30	0,90—1,20	1,40—1,80	—	—	—	—	

Продолжение табл. 10

Сталь	Содержание, %									
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Al	Ti	V	
<i>Хромомарганцовоникелевая и хромомарганцовоникелевая с титаном и бором</i>										
15ХГН2ТА	0,13—0,18	0,17—0,37	0,70—1,00	0,70—1,00	1,40—1,80	—	—	0,03—0,09	—	
20ХГНР	0,16—0,23	0,17—0,37	0,70—1,00	0,70—1,00	0,80—1,10	—	—	—	—	
20ХГНТР	0,18—0,24	0,17—0,37	0,80—1,10	0,40—0,70	0,40—0,70	—	—	0,03—0,09	—	
38ХГН	0,35—0,43	0,17—0,37	0,80—1,10	0,50—0,80	0,70—1,00	—	—	—	—	
<i>Хромоникельмолибденовая</i>										
14Х2Н3МА	0,12—0,17	0,17—0,37	0,30—0,60	1,50—1,75	2,75—3,15	0,20—0,30	—	—	—	
20Х2Н2М	0,15—0,22	0,17—0,37	0,40—0,70	0,40—0,60	1,60—2,00	0,20—0,30	—	—	—	
30ХН2МА	0,27—0,34	0,17—0,37	0,30—0,60	0,60—0,90	1,25—1,65	0,20—0,30	—	—	—	
38Х2Н2МА	0,33—0,40	0,17—0,37	0,25—0,50	1,30—1,70	1,30—1,70	0,20—0,30	—	—	—	
40ХН2МА	0,37—0,44	0,17—0,37	0,50—0,80	0,60—0,90	1,25—1,65	0,15—0,25	—	—	—	
40Х2Н2МА	0,35—0,42	0,17—0,37	0,30—0,60	1,25—1,65	1,35—1,75	0,20—0,30	—	—	—	
38ХН3МА	0,33—0,40	0,17—0,37	0,25—0,50	0,80—1,20	2,75—3,25	0,20—0,30	—	—	—	
18Х2Н4МА	0,14—0,20	0,17—0,37	0,25—0,55	1,55—1,65	4,00—4,40	0,30—0,40	—	—	—	
25Х2Н4МА	0,21—0,28	0,17—0,37	0,25—0,55	1,55—1,65	4,00—4,40	0,30—0,40	—	—	—	
<i>Хромоникельмолибденованадиевая и хромоникельванадиевая</i>										
30ХН2МФА	0,27—0,34	0,17—0,37	0,30—0,60	0,60—0,90	2,00—2,40	0,20—0,30	—	—	0,10—0,18	
30Х2Н2МФА	0,33—0,40	0,17—0,37	0,25—0,50	1,30—1,70	1,30—1,70	0,20—0,30	—	—	0,10—0,18	
30ХН2МФА	0,38—0,40	0,17—0,37	0,25—0,50	1,20—1,50	3,00—3,50	0,35—0,45	—	—	0,10—0,18	
40ХН2МФА	0,42—0,50	0,17—0,37	0,50—0,80	0,80—1,10	1,30—1,80	0,20—0,30	—	—	0,10—0,18	
20ХН1ФА	0,17—0,24	0,17—0,37	0,25—0,55	0,70—1,10	3,75—4,15	—	—	—	0,10—0,18	
<i>Хромомолибденовая и хромомолибденовая с молибденом</i>										
30Х2МФА	0,35—0,43	0,20—0,40	0,20—0,50	1,50—1,80	—	—	0,50—0,80	—	—	
38Х2МФА	0,35—0,43	0,20—0,45	0,30—0,60	1,35—1,65	—	0,15—0,25	0,70—1,10	—	—	

Примечание. В сталь, содержащую в обозначении марки букву Р, бор вводится по расчету (без учета угара) в количестве не более 0,005%; при этом остаточное содержание его в стали должно быть не менее 0,0010%.

11. Механические свойства легированных сталей после термической обработки (ГОСТ 4543—71)

Сталь	1-я закалка или нормализация, °С	2-я закалка, °С	Средняя охлаждения	От- пуск, °С	Средняя охлаждения	σ _т , МПа		δ, %	ψ, %	KCV, кДж/м ²	Размеры сечения загото- вок, мм
						σ _т , МПа	σ _т , МПа				
<i>Хромистая</i>											
15Х	880	770—820	Вода или масло	180	Воздух или масло	500	700	12	45	700	15
15ХА	880	770—820	То же	180	То же	650	800	11	40	600	15
20Х	860	—	Масло	500	Вода	700	900	12	45	700	25
30Х	900	860	»	200	или масло	1300	1600	9	40	500	—
30ХРА	Воздух	—	»	500	Воздух	750	930	11	45	700	25
35Х	860	—	»	550	Вода или масло	800	950	12	50	900	25
38ХА	860	—	»	500	То же	800	1000	10	45	600	25
40Х	840	—	»	520	»	850	1050	9	45	500	25
45Х	830	—	»	520	»	900	1100	9	40	400	25
50Х	—	—	»	—	»	—	—	—	—	—	—
<i>Марганцевистая</i>											
15Г	880	—	Воздух	—	—	250	420	26	55	—	25
20Г	880	—	»	—	—	280	460	24	50	—	25
25Г	880	—	Вода	560	Воздух	300	500	22	50	900	25
30Г	860	—	или воздух	600	»	320	550	20	45	800	25
35Г	860	—	То же	600	»	340	570	18	45	700	25
40Г	860	—	»	600	»	360	600	17	45	600	25
45Г	850	—	»	600	»	380	630	15	40	500	25
50Г	850	—	»	600	»	400	660	13	40	400	25
10Г2	920	—	Воздух	—	—	250	430	22	50	—	25
30Г2	880	—	Масло или воздух	600	Воздух	350	600	15	45	—	25

35Г2	870	—	То же	650	»	370	630	13	40	—	25
40Г2	860	—	»	650	»	390	670	12	40	—	25
45Г2	850	—	»	650	»	410	700	11	40	—	25
50Г2	840	—	»	650	»	430	750	11	35	—	25
<i>Хромомарганцевая</i>											
18ХГ	880	—	Масло	200	Воздух или масло	750	900	10	40	—	15
35ХГ2	860	—	»	600	Вода или масло	700	850	12	45	800	25
18ХГГ	880—950	870	»	200	Воздух или вода	900	1000	9	50	800	—
20ХГР	880	—	»	200	Воздух или масло	800	1000	9	50	800	15
27ХГР	870	—	»	200	Воздух	1200	1400	8	45	600	15
25ХГГ	880—950	850	»	200	Вода или масло	1000	1300	9	45	600	—
30ХГГ	880—950	850	»	200	То же	1100	1500	10	50	700	—
40ХГГР	840	—	»	550	»	800	1000	11	45	800	25
35ХГФ	870	—	»	630	»	800	930	14	55	800	25
25ХГМ	860	—	»	200	Воздух	1100	1200	10	45	800	—
<i>Хромокремнистая</i>											
33ХС	920	—	Вода или масло	630	Вода или масло	700	900	13	50	800	25
38ХС	900	—	Масло	630	Масло	750	950	12	50	700	25
40ХС	900	—	»	540	»	1100	1250	12	40	350	25
<i>Хромомолибденовая и хромомолибденованадиевая</i>											
15ХМ	880	—	Воздух	650	Воздух	280	460	21	55	1200	30
20ХМ	880	—	Вода или масло	500	»	600	800	12	50	900	15

Продолжение табл. 11

Сталь	1-я закалка или нормализация, °С	2-я закалка, °С	Среда охлаждения	Отпуск, °С	Среда охлаждения	σ _т , МПа	σ _в , МПа	Не менее			КСУ, кДж/м ²	Размеры сечения заготовки, мм
								δ, %	φ, %	ψ, %		
30ХМ	880	—	Масло	540	Вода или масло	750	950	11	45	800	15	
30ХМА	880	—	»	540	То же	750	950	12	50	900	15	
35ХМ	850	—	Масло	560	Вода	850	950	12	45	800	25	
38ХМ	850	—	»	580	или масло	900	1000	11	45	700	25	
30Х3МФ	870	—	»	620	Вода	850	1000	12	55	1000	25	
40ХМФА	860	—	»	580	или масло	950	1050	13	50	900	25	
<i>Хромованадиевая</i>												
15ХФ	880	760—810	Вода или масло	180	Воздух или масло	550	750	13	50	800	15	
40ХФА	880	—	Масло	650	Вода или масло	750	900	10	50	900	25	
<i>Никельмолибденовая</i>												
15Н2М	860	770—820	Масло	180	Воздух	650	850	11	50	800	15	
20Н2М	860	—	»	180	»	700	900	10	50	800	15	
<i>Хромоникелевая и хромоникелевая с бором</i>												
20ХН	860	760—810	Вода или масло	180	Вода или масло	600	800	14	50	800	15	
40ХН	820	—	То же	500	То же	800	1000	11	45	700	25	
45ХН	820	—	»	530	»	850	1050	10	45	700	25	

50ХН	820	—	»	530	Воздух	900	1100	9	40	500	25	
20ХНР	930—950	780—830	Масло	200	Воздух или масло	1000	1200	10	50	900	15	
12ХН2	860	760—810	Вода	180	То же	600	800	12	50	900	15	
12ХН3А	860	760—810	или масло	180	»	700	950	11	55	900	15	
20ХН3А	820	—	»	500	Вода или масло	750	950	12	55	1100	15	
12ХН4А	860	760—800	Вода	180	Вода или масло	950	1150	10	50	900	15	
20ХН4А	860	780	или масло	180	или масло	1100	1300	9	45	800	15	
30ХН3А	820	—	»	530	То же	800	1000	10	50	800	25	
<i>Хромокремнемарганцевая и хромокремнемарганцевоникелевая</i>												
20ХГСА	880	—	Масло	500	Вода или масло	650	800	12	45	700	15	
25ХГСА	880	—	»	480	То же	850	1100	10	40	600	15	
30ХГС	880	—	»	540	»	850	1100	10	45	450	25	
30ХГСА	880	—	»	540	»	850	1100	10	45	500	25	
35ХГСА	950	890	»	230	Воздух	1300	1650	9	40	400	—	
30ХГСН2А	Масло	—	»	260	или масло	1400	1650	9	45	600	—	
<i>Хромомарганцевоникелевая и хромомарганцевоникелевая с титаном и бором</i>												
15ХГН2ГА	960	840	Масло	180	Воздух	750	950	11	55	1000	15	
20ХГНР	Воздух 930—950	780—830	»	200	или масло	1100	1300	10	50	900	15	
20ХГНТР	Воздух	850	»	200	Масло	1000	1200	9	50	800	15	
38ХГН	850	—	»	570	Вода или масло	700	800	12	45	1000	25	

Сталь	1-я закалка или нормализация, °С	2-я закалка, °С	Среда охлаждения	От- пуск, °С	Среда охлаждения	σ _Т , МПа	σ _В , МПа	δ, %	ψ, %	КСУ, кДж/м ²	Размеры сечения загото- вок, мм	
												Не менее
<i>Хромоникельмолибденовая</i>												
14X2H3MA	880	770	Масло	180	Воздух	900	1000	10	45	800	15	
20XH2M	860	780	»	200	Вода или масло	700	900	11	50	800	15	
30XH2MA	860	—	»	530	Воздух	800	1000	10	45	800	15	
38X2H2MA	870	—	»	580	Воздух или масло	950	1100	12	50	800	25	
40XH2MA	850	—	Масло	620	Вода или масло	950	1100	12	50	800	25	
40X2H2MA	870	—	»	600	или масло	850	1000	12	55	1000	25	
38XH3MA	850	—	»	590	То же	950	1100	10	45	800	25	
18X2H4MA	950	860	Воздух	200	Воздух	850	1150	12	50	1000	15	
25X2H4MA	850	860	Масло	550	Воздух или масло	800	1050	12	50	1200	15	
			»	560	То же	950	1100	11	45	900	25	
<i>Хромоникельмолибденованадиевая и хромоникельванадиевая</i>												
30XH2MФА	860	—	Масло	680	Воздух	800	900	10	40	900	25	
36X2H2MФА	850	—	»	600	»	1100	1200	12	50	800	25	
38XH3MФА	850	—	»	600	»	1100	1200	12	50	800	25	
45XH2MФА	860	—	»	460	Масло	1300	1450	7	35	400	—	
20XH4ФА	850	—	»	630	Вода	700	900	12	50	1000	25	
<i>Хромоалюминиевая и хромоалюминиевая с молибденом</i>												
38X2Ю	930	—	Вода или масло	630	Вода или масло	750	900	10	45	800	30	
38X2МЮА	940	—	То же	640	То же	850	1000	14	50	900	30	

12. Температура, °С, критических точек некоторых марок легированной конструкционной стали

Сталь	Ас ₁	Ас ₂	Сталь	Ас ₁	Ас ₂	Сталь	Ас ₁	Ас ₂
15X	735	870	45Г2	711	765	40XH	731	769
20X	765	830	18ХГ	765	840	50XH	735	750
35X	740	815	18ХГТ	740	925	20XHP	750	830
38XA	743	782	20ХГР	735	835	12XH2	715	773
40X	743	815	27ХГР	715	760	12XH3A	715	773
45X	735	770	30ХГТ	735	790	12XH4A	710	780
50X	720	770	38X2Ю	810	880	20X2H4A	710	800
15Г	723	840	38X2МЮА	800	900	20XГС	755	840
20Г	723	830	33XC	755	830	30XГС	760	830
25Г	723	820	38XC	763	810	35XГС	760	820
30Г	723	810	30XM	757	807	15XГH2TA	710	770
40Г	723	785	35XM	755	800	20XГHP	730	825
50Г	723	760	15XΦ	741	843	38XH3MA	720	790
35Г2	718	804	40XΦA	754	790	40XH2MA	720	790
40Г2	713	780	20XH	735	835	18X2H4MA	700	810

13. Температурный коэффициент линейного расширения α и теплопроводность λ некоторых марок легированной стали

Сталь	α · 10 ⁶ , 1/°С						λ, Вт/(м·°С)			
	при температуре, °С									
	20— 100	20— 200	20— 300	20—400	20—500	100	200	300	400	
20X	11,3	11,6	12,5	13,2	13,7	49,8	46,0	42,0	40,0	
40X	13,4	13,8	—	14,8	—	46,2	42,8	39,4	35,7	
20Г	12,3	—	13,2	—	14,9	77,9	66,5	47,6	—	
40Г	9,4	12,0	—	—	—	59,6	53,3	—	47,0	
50Г	11,6	11,9	—	13,8	—	38,6	37,8	36,5	34,4	
	(0— 100°)	(0— 200°)		(0—400°)						
20XΦ	12,0	12,5	—	13,0	13,7	49,0	46,0	46,0	40,0	
40XΦA	11,0	12,0	—	16,5	—	52,5	48,7	45,4	42,0	
30XM	12,3	12,5	12,9	13,9	—	35,7	34,4	32,8	—	
12XH2	12,6	13,8	14,6	14,8	14,3	—	—	—	—	
					(20—600°)*					
12XH3A	11,8	13,8	14,0	14,7	15,6	—	—	—	—	
					(20—600°)					
20XH3A	11,0	—	13,0	—	14,5	—	—	—	—	
					(20—600°)					
18X2H4BA	14,5	14,5	—	14,3	14,2	—	—	—	—	
					(20—600°)					
40XH	11,8	12,3	—	16,5	—	52,5	48,7	45,4	42,0	
				(500— 600°)						
40XH2MA	—	—	—	—	—	46,4	44,1	39,9	37,8	

* Цифры в скобках указывают температурный интервал, в котором определен параметр.

14. Химический состав некоторых марок высоколегированных коррозионно-стойких, жаростойких и жаропрочных сталей (ГОСТ 5632—72)

Сталь	Содержание, %									
	C	Si	Mn	Cr	Ni	W	V	Mo	Ti	Al
<i>Стали мартенситного класса</i>										
15X5	До 0,15	До 0,5	До 0,5	4,5—6,0	—	—	—	—	—	—
15X5ВФ	» 0,15	0,3—0,6	» 0,5	4,5—6,0	—	0,4—0,7	0,4—0,6	—	—	—
12X8ВФ	0,08—0,15	До 0,6	» 0,5	7,0—8,5	—	0,6—1,0	0,3—0,5	—	—	—
40X9C2	0,35—0,45	2,0—3,0	» 0,8	8,0—10,0	—	—	—	—	—	—
20X12ВНМФ	0,17—0,23	До 0,6	0,5—0,9	10,5—12,5	0,5—0,9	0,7—1,1	0,15—0,30	0,5—0,7	—	—
20X13	0,16—0,25	» 0,8	0,8	12,0—14,0	0,5—0,9	—	—	—	—	—
40X13	0,36—0,45	» 0,8	0,8	12,0—14,0	—	—	—	—	—	—
25X13H2	0,2—0,3	» 0,5	0,8—1,2	12,0—14,0	1,5—2,0	—	—	—	—	—
<i>Стали мартенситно-ферритного класса</i>										
15X12ВНМФ	0,12—0,18	До 0,4	0,5—0,9	11,0—13,0	0,4—0,8	0,7—1,1	0,15—0,30	0,5—0,7	—	—
12X13	0,09—0,15	» 0,8	До 0,8	12,0—14,0	—	—	—	—	—	—
14X17H2	0,11—0,17	» 0,8	» 0,8	16,0—18,0	1,5—2,5	—	—	—	—	—
<i>Стали ферритного класса</i>										
10X13CЮ	0,07—0,12	1,2—2,0	До 0,8	12,0—14,0	—	—	—	—	—	1,0—1,8
08X13	До 0,08	До 0,8	» 0,8	12,0—14,0	—	—	—	—	—	—
08X17T	» 0,08	» 0,8	» 0,8	16,0—18,0	—	—	—	—	—	—
15X18CЮ	» 0,15	1,0—1,5	» 0,8	17,0—20,0	—	—	—	—	—	—
15X25T	» 0,15	До 1,0	» 0,8	27,0—30,0	—	—	—	—	—	0,7—1,2
08X18T1	» 0,8	» 0,8	» 0,7	17,0—19,0	—	—	—	—	0,6—1,0	—

Продолжение табл. 14

Сталь	Содержание, %									
	C	Si	Mn	Cr	Ni	W	V	Mo	Ti	Al
<i>Стали аустенитно-мартенситного класса</i>										
20X13H4T9	0,15—0,30	До 0,8	8,0—10,0	12,0—14,0	3,7—4,7	—	—	—	—	—
09X15H8Ю	До 0,09	» 0,8	До 0,8	14,0—16,0	7,0—9,4	—	—	—	—	0,7—1,3
08X17H5M3	0,06—0,10	» 0,8	» 0,8	16,0—17,5	4,5—5,5	—	—	3,0—3,5	—	—
<i>Стали аустенитно-ферритного класса</i>										
08X20H14C2	До 0,08	2,0—3,0	До 1,5	19,0—22,0	12,0—15,0	—	—	—	—	—
20X20H14C2	» 0,20	2,0—3,0	» 1,5	19,0—22,0	12,0—15,0	—	—	—	—	—
12X21H5T	0,09—0,14	До 0,8	» 0,8	20,0—22,0	4,8—5,8	—	—	—	0,25—0,50	0,08
08X21H6M2T	До 0,08	» 0,8	» 0,8	20,0—22,0	5,5—6,5	—	—	1,8—2,5	—	—
08X18Г8H2T	» 0,08	» 0,8	7,0—9,0	17,0—19,0	1,8—2,8	—	—	—	0,20—0,50	—
<i>Стали аустенитного класса</i>										
08X10H20T2	До 0,08	До 0,8	До 2,0	10,0—12,0	18,0—20,0	—	—	—	—	1,5—2,5
10X14Г14H3	0,09—0,14	» 0,7	13,0—15,0	12,0—14,0	2,8—3,5	—	—	—	—	—
45X14H14B2M	0,40—0,50	» 0,8	До 0,7	13,0—15,0	13,0—15,0	2,0—2,8	—	—	—	—
03X16H15M3	До 0,03	До 0,6	» 0,8	15,0—17,0	14,0—16,0	—	—	—	—	—
08X17H13M2T	» 0,08	» 0,8	» 2,0	16,0—18,0	12,0—14,0	—	—	—	—	—
12X18H9	» 0,12	» 0,8	» 2,0	17,0—19,0	8,0—10,0	—	—	—	—	—
08X18H10T	» 0,08	» 0,8	» 2,0	17,0—19,0	9,0—11,0	—	—	—	—	—
20X25H20C2	» 0,20	2,0—3,0	» 1,5	24,0—27,0	18,0—21,0	—	—	—	—	—

15. Механические свойства некоторых высоколегированных жаропрочных и жаростойких сталей при нормальной и повышенных температурах

Сталь	Температура, °С, термообработка	Температура испытаний, °С	Содержание, %			КCV, кДж/м ²
			σ _т , МПа	σ _в , МПа	δ ₅ , %	
15X5	Отж. 850—870, возд или печь	20	226	440	30,6	—
		500	102	274	26,6	—
		600	83	162	36,0	—
12X8BΦ	Н. 1050 + О. 700, возд	20	600	734	14,2	—
		500	360	482	11,8	—
		600	197	354	19,9	—
40X9C2	Отж. 850—870	20	650	900	20	—
		600	400	530	17	—
		700	170	220	18	—
20X12BHMΦ	З. 1050 + О. 700, м	20	710	850	15	950
		580	420	450	21	1300
		600	360	380	23	1350
20X13	Н. 1000—1020 + О. 730—750	20	520	720	21	1700
		500	360	440	32	2500
		550	280	350	36	2200
40X13	Н. 1050—1100 + О. 600—650	20	810	1020	13	1850
		200	830	960	11	500
		400	685	795	11,5	750
15X12BHMΦ	З. 1050 + О. 700, м	20	710	850	15	900
		580	420	450	21	1300
		600	360	380	20	1400
12X13	З. 1030—1050, м + О. 700—750	20	600	740	19	1400
		500	480	540	15	2500
		550	420	460	20	2700
14X17H2	З. 1030, м + О. 580	20	900	1200	8	1200
		300	840	1120	8	—
		450	730	920	6,5	—
20X20H14C2	З. 1150, в	20	350	640	53	—
		850	70	160	58	—
		950	30	90	75	—

Примечание. Обозначения: З — закалка; Н — нормализация; Отж — отжиг; О — отпуск; возд — воздух; м — масло; в — вода.

16. Сталь инструментальная углеродистая (ГОСТ 1435—74*)

Сталь	Содержание, %					Твердость HB после отжига, не более
	C	Mn	Si	S	P	
У7	0,65—0,74	0,20—0,40	0,15—0,35	0,030	0,035	187
У8	0,75—0,84	0,20—0,40	0,15—0,35	0,030	0,035	187
У8Г	0,80—0,90	0,35—0,60	0,15—0,35	0,030	0,035	187
У9	0,85—0,94	0,15—0,35	0,15—0,35	0,030	0,035	192
У10	0,95—1,04	0,15—0,35	0,15—0,35	0,030	0,035	197

Продолжение табл. 16

Сталь	Содержание, %					Твердость HB после отжига, не более
	C	Mn	Si	S	P	
				Не более		
У11	1,05—1,14	0,15—0,35	0,15—0,35	0,030	0,035	207
У12	1,15—1,24	0,15—0,35	0,15—0,35	0,030	0,035	207
У13	1,25—1,35	0,15—0,35	0,15—0,35	0,030	0,035	217
У7А	0,65—0,74	0,15—0,30	0,15—0,35	0,020	0,030	187
У8А	0,75—0,84	0,15—0,30	0,15—0,35	0,020	0,030	187
У8ГА	0,80—0,90	0,35—0,60	0,15—0,35	0,020	0,030	187
У9А	0,85—0,94	0,15—0,30	0,15—0,35	0,020	0,030	192
У10А	0,95—1,04	0,15—0,30	0,15—0,35	0,020	0,030	197
У11А	1,05—1,14	0,15—0,30	0,15—0,35	0,020	0,030	207
У12А	1,15—1,24	0,15—0,30	0,15—0,35	0,020	0,030	207
У13А	1,25—1,35	0,15—0,30	0,15—0,35	0,020	0,030	217

Примечания: 1. Допускаются остаточные примеси в стали: Cr — не более 0,20 %, Ni — не более 0,25 %, Cu — не более 0,25 %, а для группы А: Cr — не более 0,15 %, Ni — не более 0,20 %, Cu — не более 0,20 %.
2. Твердость после закалки не менее 62 HRC.

17. Сталь инструментальная быстрорежущая (ГОСТ 19265—73*)

Сталь	Содержание, %				Твердость HB в отожженном состоянии, не более
	C	Cr	W	V	
P18	0,7—0,8	3,8—4,4	17,0—18,5	1,0—1,4	255
P12	0,8—0,9	3,1—3,6	12,0—13,0	1,5—1,9	255
P9	0,85—0,95	3,8—4,4	8,5—10,0	2,0—2,6	255
P6M5	0,80—0,88	3,8—4,4	5,5—6,5	1,7—2,1	255
P18K5Φ2	0,85—0,95	3,8—4,4	17,0—18,5	1,8—2,4	255
P6M5K5	0,82—0,90	3,8—4,3	6,0—7,0	1,7—2,2	255
P9K10	0,9—1,0	3,8—4,4	9,0—10,5	2,0—2,6	255
P9M4K8	1,0—1,1	3,0—3,6	8,5—9,6	2,1—2,5	255
P9K5	0,9—1,0	3,8—4,4	9,0—10,5	2,0—2,6	255
P10K5Φ5	1,45—1,55	4,0—4,6	10,0—11,5	4,3—5,1	255
P6M5Φ3	0,95—1,05	3,8—4,3	5,7—6,7	2,2—2,7	255
P12Φ3	0,95—1,05	3,8—4,3	12,0—13,0	2,5—3,0	255

Сталь	Содержание, %				Твердость HB в отожженном состоянии, не более
	Co	Mo	S	P	
			Не более		
P18	—	До 1,0	0,03	0,03	255
P12	—	» 1,0	0,03	0,03	255
P9	—	» 1,0	0,03	0,03	255
P6M5	—	5,0—5,5	0,025	0,035	255
P18K5Φ2	5,0—6,0	До 1,0	0,03	0,03	285
P6M5K5	4,8—5,3	4,8—5,3	0,03	0,035	269
P9K10	9,0—10,5	1,0	0,03	0,03	269
P9M4K8	7,5—8,5	3,8—4,3	0,03	0,035	285
P9K5	5,0—6,0	—	0,03	0,03	269
P10K5Φ5	5,0—6,0	—	0,03	0,035	285
P6M5Φ3	—	5,5—6,0	0,025	0,035	269
P12Φ3	—	0,5—1,0	0,03	0,03	269

Примечания: 1. В сталях содержится не более 0,4 % Mn, 0,5 % Si и 0,4 % Ni.
2. Допускается массовая доля Co до 0,6 % в сталях, для которых его содержание таблицей не нормируется.

18. Сталь инструментальная легированная (ГОСТ 5950—73)

Сталь	Содержание, %							Твердость HRC _a после закалки		
	C	Si	Mn	Cr	W	V	Mo		Ni	
<i>I. Стали для режущего и измерительного инструмента неглубокой прокаливаемости</i>										
7XΦ	0,63—0,73	0,15—0,35	0,30—0,60	0,40—0,70	—	0,15—0,30	—	—	229	59
8XΦ	0,70—0,80	0,15—0,35	0,15—0,40	0,40—0,70	—	0,15—0,30	—	—	241	59
9XΦ	0,80—0,90	0,15—0,35	0,30—0,60	0,40—0,70	—	0,15—0,30	—	—	241	61
11XΦ	1,05—1,15	0,15—0,35	0,40—0,70	0,40—0,70	—	0,15—0,30	—	—	229	62,9
13X	1,25—1,40	0,15—0,35	0,30—0,60	0,40—0,70	—	—	—	—	241	64,9
XВ4 (XB5)	1,25—1,45	0,15—0,35	0,15—0,40	0,40—0,70	3,50—4,30	0,15—0,30	—	—	255	65,8
B2Φ	1,05—1,22	0,15—0,35	0,20—0,50	0,20—0,70	1,60—2,00	0,20—0,28	—	—	229	62,9
<i>глубокой прокаливаемости</i>										
9X1	0,80—0,95	0,95—0,45	0,40—0,55	1,40—1,70	—	—	—	—	229	62,9
X	0,95—1,10	0,15—0,35	0,15—0,40	1,30—1,65	—	—	—	—	229	62,9
12X1	1,15—1,25	0,15—0,35	0,30—0,60	1,30—1,65	—	—	—	—	241	62,9
9XC	0,85—0,95	1,20—1,60	0,30—0,60	0,95—1,25	—	—	—	—	241	62,9
XTC	0,95—1,05	0,40—0,70	0,85—1,25	1,30—1,65	—	—	—	—	241	62,9
9XВГ	0,85—0,95	0,15—0,35	0,90—1,20	0,50—0,80	0,50—0,80	—	—	—	241	62,9
XВГ	0,90—1,05	0,15—0,35	0,80—1,10	0,90—1,20	1,20—1,60	—	—	—	255	62,9
XВСГ	0,95—1,05	0,65—1,00	0,60—0,90	0,60—1,10	0,50—0,80	0,05—0,15	—	—	241	62,9
9X5BΦ	0,85—1,00	0,15—0,40	0,15—0,40	4,50—5,50	0,80—1,20	0,15—0,30	—	—	241	59
8X6HΦT	0,80—0,90	0,15—0,35	0,15—0,40	5,00—6,00	—	0,30—0,50	—	0,90—1,30	241	59
8X4B3M3Φ2	0,75—0,85	0,15—0,40	0,15—0,40	3,50—4,50	2,50—3,20	1,90—2,50	2,50—3,00	—	255	62

*II. Стали для штампового инструмента
для деформирования в холодном состоянии*

Сталь	Содержание, %							Твердость HRC _a после закалки		
	C	Si	Mn	Cr	W	V	Mo		Ni	
Х6ВΦ	1,05—1,15	0,15—0,35	0,15—0,40	5,50—6,50	1,10—1,50	0,50—0,80	—	—	241	62
X12	2,00—2,20	0,15—0,35	0,15—0,40	11,50—13,0	—	—	—	—	255	61
X12BМ	2,00—2,20	0,20—0,40	0,15—0,40	11,00—12,50	0,50—0,80	0,15—0,30	0,60—0,90	—	255	61
X12M	1,45—1,65	0,15—0,35	0,15—0,40	11,00—12,50	—	0,15—0,30	0,40—0,60	—	255	61
X12Φ1	1,25—1,45	0,15—0,35	0,15—0,40	11,00—12,50	—	0,70—0,90	—	—	255	61
7XГ2BМ	0,68—0,76	0,20—0,40	1,80—2,30	1,50—1,80	0,50—0,90	0,10—0,25	0,50—0,80	—	255	58,9
6X6B3MΦC	0,50—0,60	0,60—0,90	0,15—0,40	5,50—6,50	2,50—3,20	0,50—0,80	0,60—0,90	—	255	61
<i>для деформирования в горячем состоянии</i>										
7X3	0,65—0,75	0,15—0,35	0,15—0,40	3,20—3,80	—	—	—	—	229	55,2
8X3	0,75—0,85	0,15—0,35	0,15—0,40	3,20—3,80	—	—	—	—	241	56,1
5XHM	0,50—0,60	0,15—0,35	0,50—0,80	0,50—0,80	—	—	0,15—0,30	1,40—1,80	241	57,1
5XHB	0,50—0,60	0,15—0,35	0,50—0,80	0,50—0,80	0,40—0,70	—	0,15—0,30	1,40—1,80	255	57,1
5XHBC	0,50—0,60	0,60—0,90	0,30—0,60	1,30—1,60	0,40—0,70	—	0,15—0,30	0,80—1,20	255	57,1
5XHM	0,50—0,60	0,25—0,60	1,20—1,60	0,60—0,90	—	—	0,30—0,50	—	241	57,1
4XMF	0,37—0,45	0,50—0,80	0,50—0,80	1,50—1,80	—	—	0,60—0,90	—	241	56,1
4X5B2ΦC	0,32—0,40	0,80—1,20	0,15—0,40	4,50—5,50	1,60—2,20	—	0,30—0,50	—	241	51,3
4X5MΦC	0,37—0,44	0,80—1,20	0,15—0,40	4,50—5,50	—	—	0,80—1,10	—	241	—
4X3BMΦ	0,40—0,48	0,60—0,90	0,30—0,60	2,80—3,50	0,60—1,00	0,60—0,90	0,40—0,60	—	—	53,2
4X4BMΦC	0,37—0,44	0,60—1,00	0,20—0,50	3,20—4,00	0,80—1,20	0,60—0,90	1,20—1,50	—	241	56,1
3X3M3Φ	0,27—0,34	0,20—0,40	0,30—0,50	2,80—3,50	0,80—1,20	0,40—0,60	2,50—3,00	—	241	62,9
3X2B8Φ	0,30—0,40	0,15—0,40	0,15—0,40	2,20—2,70	7,50—8,5	0,20—0,50	—	—	241	62,9
4X2B5MΦ	0,30—0,40	0,15—0,35	0,15—0,40	2,20—3,00	4,50—5,50	0,60—0,90	0,60—0,90	—	241	51,3
4X2B2MΦC	0,42—0,50	0,30—0,60	0,30—0,60	2,00—3,50	1,80—2,40	0,60—0,90	0,80—1,10	—	241	56,1
5X3B3MΦC	0,45—0,52	0,50—0,80	0,30—0,60	2,50—3,20	3,00—3,60	1,50—1,80	0,80—1,10	—	241	54,2
5X2MHΦ	0,46—0,53	0,20—0,50	0,40—0,70	1,50—2,00	—	0,30—0,50	0,80—1,10	0,80—1,10	255	57,1
3X2MHΦ	0,27—0,33	0,15—0,40	0,30—0,60	2,00—2,50	—	0,25—0,40	0,40—0,60	1,20—1,60	—	—
4XMHΦC	0,35—0,42	0,70—1,00	0,15—0,40	1,25—1,55	—	0,35—0,50	0,65—0,85	1,20—1,60	—	—
<i>для ударного инструмента</i>										
4XC	0,35—0,45	1,20—1,60	0,15—0,40	1,30—1,60	—	—	—	—	217	48,4
6XC	0,60—0,70	0,60—1,00	0,15—0,40	1,00—1,30	—	—	—	—	229	57,1
4XB2C	0,35—0,45	0,60—0,90	0,15—0,40	1,00—1,30	2,00—2,50	—	—	—	229	54,2
5XB2C	0,45—0,55	0,55—0,80	0,15—0,40	1,00—1,30	2,00—2,50	—	—	—	255	56,1
6XB2C	0,55—0,65	0,50—0,80	0,15—0,40	1,00—1,30	2,20—2,70	—	—	—	269	58,1
6XBГ	0,55—0,70	0,15—0,35	0,90—1,20	0,50—0,80	0,50—0,80	—	—	Nb	217	58,1
6X3MΦC	0,55—0,62	0,35—0,65	0,20—0,60	2,60—3,30	—	0,30—0,60	0,20—0,50	0,5—0,15	241	57,1

19. Температура, °С, критических точек некоторых марок инструментальных сталей

Сталь	A_{c1}	A_{c3}/A_{cm}	A_{r1}	Сталь	A_{c1}	A_{c3}/A_{cm}	A_{r1}
У7, У7А	730	770	700	4ХС	730	790	700
У8, У8А	730	730	700	9ХС	770	870	730
У9, У9А	730	790	700	ХВГ	750	940	710
У10, У10А	730	800	700	5ХНМ	720	770	680
У11, У11А	730	810	700	5ХНВ	750	820	—
У12, У12А	730	820	700	5ХНТ	720	770	680
У13, У13А	730	830	700	Х6ВФ	815	—	625
Х, ШХ15	745	900	700	Х12Ф1	810	—	760
9Х	750	850	720	Р9	810	—	760
7Х3	770	950	730	Р18	820	—	760
8Х3	770	960	—				

2. КЛАССИФИКАЦИЯ, ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Алюминиевые сплавы

Деформируемые алюминиевые сплавы разделяют на две группы:

технический алюминий и термически неупрочняемые сплавы алюминия с марганцем и магнием;

термически упрочняемые сплавы.

Сплавы первой группы: АД1, АД; сплав системы алюминий—марганец АМц; сплавы системы алюминий—магний—марганец АМг0,5, АМг1, АМг2, АМг3, АМг4, АМг5 и АМг6.

Сплавы этой группы отличаются высокими пластическими, технологическими свойствами, коррозионной стойкостью, хорошей свариваемостью. Для повышения прочностных характеристик сплавы дополнительно упрочняют холодной деформацией. Состояние поставки полуфабрикатов из этих сплавов — отожженное и нагартованное.

Сплавы второй группы: сплавы системы алюминий—медь—магний Д1, Д16; сплав системы алюминий—магний—кремний АВ; сплавы системы алюминий—медь—магний ВД17, Д19, В65; сплавы системы алюминий—медь — магний — железо — никель —

кремний АК4, АК4-1; сплавы системы алюминий—медь—магний—марганец—кремний АК6, АК8; сплавы системы алюминий—цинк—магний—медь В93, В95, В96; сплавы системы алюминий—медь—марганец Д20, Д21.

Сплавы второй группы отличаются удовлетворительной пластичностью и технологическими свойствами, повышенными прочностными свойствами; их применяют для изготовления различных заготовок, в том числе штампованных и поковок.

Полуфабрикаты из деформируемых алюминиевых сплавов в зависимости от состояния поставки имеют следующую буквенно-цифровую маркировку:

М — отожженные;
Н — нагартованные;
П — полунагартованные;
Т — закаленные и естественно состаренные;
ТН — нагартованные после закалки;

Т1 — закаленные и искусственно состаренные на максимальную прочность;

Т2, Т3 — закаленные и искусственно состаренные по режимам, приводящим к снижению прочности по сравнению с Т1, но к росту вязкости разрушения и коррозионной стойкости.

Химический состав, физические и механические свойства алюминиевых сплавов приведены в табл. 20—22.

20. Химический состав, %, алюминиевых сплавов (ГОСТ 4784—74*)

Сплав	Легирующие компоненты								
	Cu	Mg	Mn	Fe	Si	Zn	Ti	Zr	Cr
АД1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
АД	—	—	—	—	—	—	—	—	—
АМц	—	—	1,3	—	—	—	—	—	—
АМг1	—	1,0	—	—	—	—	—	—	—
АМг2	—	2,2	0,4	—	—	—	—	—	—
АМг3	—	3,5	0,45	—	0,65	—	—	—	—
АМг4	—	4,2	0,65	—	—	—	0,06	0,0026 Be	0,15
АМг5	—	5,3	0,55	—	—	—	0,06	0,0026 Be	—
АМг6	—	6,3	0,65	—	—	—	0,06	0,0026 Be	—
Д1	4,3	0,6	0,6	—	—	—	—	—	—
Д16	4,35	1,5	0,6	—	—	—	—	—	—
АВ	0,3	0,7	0,25	—	0,85	—	—	—	—
			или Cr						
В65	4,2	0,2	0,4	—	—	—	—	—	—
АК4	2,2	1,6	—	1,05	0,85	—	—	1,05	—
АК4-1	2,3	1,5	—	1,1	—	—	—	1,1	—
АК6	2,2	0,6	0,6	—	0,95	—	—	—	—
АК8	4,35	0,6	0,7	—	0,9	—	—	—	—
В95	1,7	2,3	0,4	—	—	6,0	—	—	0,17

21. Физические свойства алюминия и сплавов на его основе

Сплав	Состояние	Теплопроводность λ при 25 °С, Вт/(м·°С)	Удельное электрическое сопротивление $\rho \cdot 10^8$, Ом·м	Плотность, г/см ³	Коэффициент линейного расширения при 20—100 °С $\alpha \cdot 10^6$, °С ⁻¹	Удельная теплоемкость c при 100 °С, кДж/(кг·°С)	Температура плавления, °С
АД1	М	226,08	2,9	2,71	24	0,9218	643—657
	Н	217,71	3,0	—	—		
АМц	М	180,03	3,4	—	—	1,0894	643—654
	Н	154,91	4,1	2,73	23,2		
	П	163,28	4,2	—	—		
АМг1	М	184,18	3,4	2,7	23,4	0,9218	638—657
АМг2	М	154,91	4,8	2,68	24,2	0,9637	627—652
АМг3	М	146,53	4,9	2,67	23,5	0,8799	593—643
АМг4	М	133,95	6,1	2,67	23,8	0,9637	585—641

Продолжение табл. 21

Сплав	Состояние	Теплопроводность λ при 25 °С, Вт/(м·°С)	Удельное электрическое сопротивление $\rho \cdot 10^8$, Ом·м	Плотность, г/см ³	Коэффициент линейного расширения при 20—100 °С $\alpha \cdot 10^{-6}$, °С ⁻¹	Удельная теплоемкость c при 100 °С, кДж/(кг·°С)	Температура плавления, °С
AMг5	М Н	117,23 108,85	5,9 6,4	2,65 —	24,1 —	0,9637 —	571—638 —
AMг6	М	117,23	6,7	2,64	24,7	0,9218	—
Д1	М Т	195,55 133,97	3,4 —	2,79 —	22,9 —	0,9218 —	535—639 —
Д16	М Т Т1	195,55 121,41 150,69	3,4 5,7 4,3	2,77	23,2	0,9218	502—638
AB	М Т Т1	205,11 163,28 171,16	3,2 4,1 3,8	2,70	23,5	0,7961	588—649
ВД17	М	133,97	5,5	2,75	23,6	0,838	—
Д19	—	138,16 (100°)	6,1	2,76	—	0,8799	—
В65	Т	146,53	5,0	2,8	—	0,9637	—
AK4	Т1	146,53	5,0	2,77	21,8	0,838	—
AK4-1	Т1	132,35	5,5	2,8	19,6	0,7961	—
AK6	Т1	175,84	4,1	2,75	—	0,838	—
AK8	М Т Т1	195,55 133,95 154,91	3,4 5,1 4,3	2,80	22,5	0,838	507—638
В93	Т1	163,28	4,1	2,84	—	0,7961	—
В95 В96	Т1 Т1	154,91 121,41	4,2 5,8	2,85 2,89	23,1 22,4	0,7961	477—635
Д20	М Т Т1	171,16 113,04 121,41	3,9 6,2 5,7	2,84	22,3	—	543—643

22. Механические свойства алюминия и сплавов на его основе

Сплав (состояние поставки)	Вид полуфабрикатов	E	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ	ψ	$\sigma_{сд}$	$HВ$
		МПа			%		МПа	
AD1 (М) AD (М)	Прессованные и катаные	71 000	30	80	35	80	55	250
AD1 (Н) AMц (М) AMц (П) AMц (Н)	Катаные	71 000 71 000 71 000 71 000	100 50 130 180	150 130 180 220	6 23 10 5	20 70 55 50	70 80 100 110	350 300 400 550
AMг1 (М)	Катаные и прессованные	69 000	50	120	28	—	110	300
AMг1 (Н) AMг2 (М) AMг2 (П) AMг2 (Н) AMг3 (М) AMг3 (П) AMг4 (М) AMг4 (П) AMг5 (М) AMг5 (Н) AMг6 (М) AMг6 (Н)	Катаные	70 000 70 000 70 000 71 000 70 000 7 000 69 000 69 000 69 000 70 000 70 000 70 000	190 90 210 230 120 230 140 240 180 320 170 280	210 190 250 280 235 270 270 320 300 420 340 380	5 23 8 5 22 8 23 12 20 10 20 6	— 30 — — — — — — — — 25 —	120 125 140 165 155 160 160 190 180 220 210 —	550 450 680 770 580 750 — — 650 1000 — —
Д1 (Т)	Штампованные заготовки	71 000	250	410	15	30	270	1100
Д16 (Т) Д16 (Т1) Д16 (Т1Н)	Катаные	69 000 69 000 69 000	290 400 460	440 450 500	19 7 5,5	— — —	280 270 285	1200 — —
Д16 (Т)	Прессованные	72 000	380	520	12	15	300	1300
AB (Т1)	Прессованные Штампованные заготовки	71 000 71 000	290 260	350 310	12 10	20 —	210 195	950 850
ВД17 (Т1)	Штампованные заготовки	72 000	300	440	17	20	—	—
В65 (Т) Д19 (Т)	Проволока	71 000 70 000	250 280	400 460	20 *1 23 *1	50 42	260 290	— —
AK4 (Т1)	Штампованные заготовки и поковки Катаные	72 000 72 000	290 350	420 400	6 8	21 —	— —	— —

Продолжение табл. 22

Сплав (состояние поставки)	Вид полуфабрикатов	E	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ	ψ	$\sigma_{сд}$	HV
		МПа			%		МПа	
AK4 (T1)	Прессованные	73 000	360	420	7	30	—	—
AK4-1 (T1)	Штампованные заготовки и поковки	73 000	320	420	8 * ²	—	—	1150
		—	300	400	6 * ³	—	—	1150
		—	—	390	5 * ⁴	—	—	1150
AK6 (T1)	Штампованные заготовки и поковки	72 000	300	410	12	35	260	1050
		72 000	280	390	8	—	—	1050
		72 000	—	370	6	—	—	—
	Катаные	69 000	370	440	10	—	—	—
AK8 (T1)	Штампованные заготовки и поковки	74 000	400	480	10 * ²	—	290	1300
		—	380	440	8 * ³	—	—	1300
		—	—	380	6 * ⁴	—	—	—
B93 (T1)	Штампованные заготовки и поковки	70 000	490	520	8 * ²	—	—	1400
		—	480	510	6 * ³	—	—	1400
		—	—	510	4 * ⁴	—	—	1400
B93 (T2) B93 (T3)	Штампованные заготовки	—	420	470	6 * ³	—	—	—
		—	390	450	7	—	—	—
B95 (T1)	Катаные	67 000	480	530	11	—	310	—
B95 (T2)	Прессованные	72 000	550	580	8	12	330	1500
B95 (T2)	Прессованные	—	500	550	10	—	—	—
B96ц (T1)	Прессованные	—	630	650	6	—	—	—
D20 (T1) D20 (T1H)	Катаные	69 000	300	420	11	—	260	—
		69 000	360	450	10	—	290	—
D20 (T1)	Прессованные	69 000	280	420	10	35	270	1000
D21 (T1)	Штампованные заготовки и поковки	70 000	350	430	9 * ²	18	—	—

Примечание. Направление вырезки образцов из катаных полуфабрикатов поперечное, из прессованных — продольное; *¹ — относительное удлинение; *² — продольное направление; *³ — поперечное направление по ширине; *⁴ — поперечное направление по толщине.

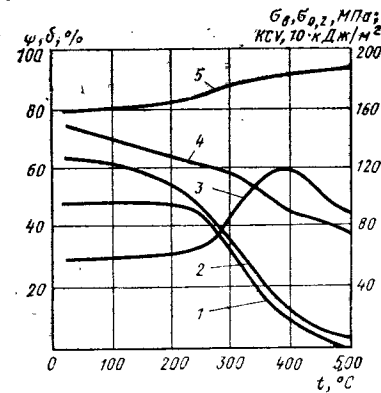


Рис. 1. Диаграмма деформирования сплава АК4 в литом гомогенизированном состоянии:

1 — $\sigma_{0,2}$; 2 — σ_B ; 3 — δ ; 4 — KCV; 5 — ψ

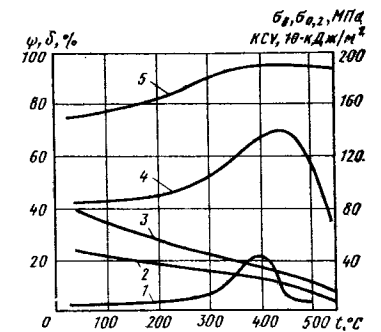


Рис. 2. Диаграмма деформирования сплава АК6 в литом гомогенизированном состоянии:

1 — KCV; 2 — $\sigma_{0,2}$; 3 — σ_B ; 4 — δ ; 5 — ψ

Рис. 3. Диаграмма деформирования сплава АК8 в деформированном состоянии:

1 — σ_B ; 2 — KCV; 3 — δ ; 4 — ψ

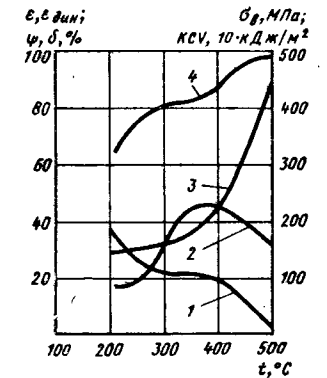
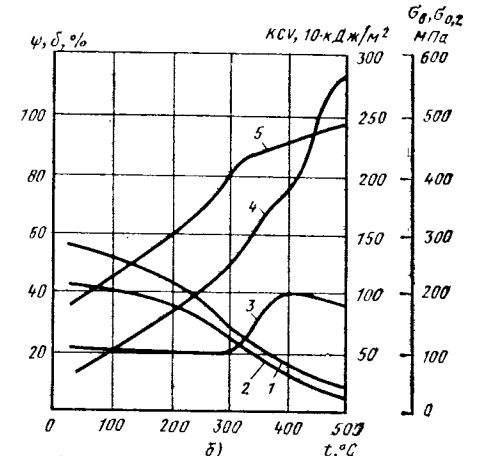
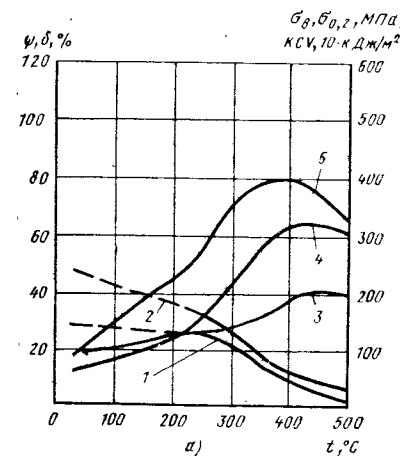


Рис. 4. Диаграммы деформирования сплава АК8 в литом (а) и деформированном (б) состояниях:

1 — $\sigma_{0,2}$; 2 — σ_B ; 3 — KCV; 4 — δ ; 5 — ψ



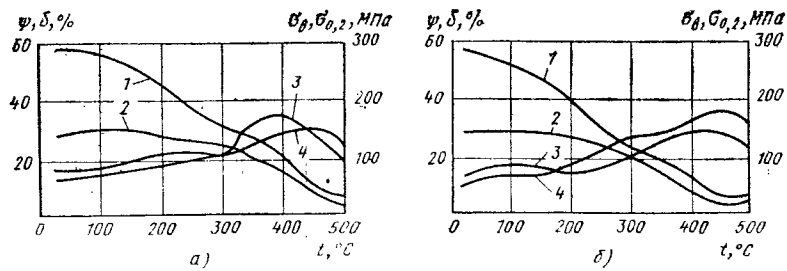


Рис. 5. Диаграммы деформирования сплава АМг6 в литом негомогенизированном (а), литом гомогенизированном (б) и деформированном (в) состояниях: 1 — σ_B ; 2 — $\sigma_{0,2}$; 3 — δ ; 4 — ψ

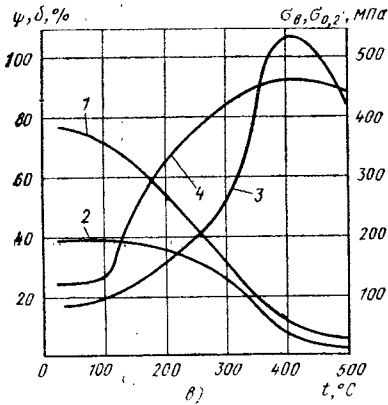


Рис. 6. Диаграммы деформирования сплавов Д1 (I), Д16 (II), Д20 (III) в литом негомогенизированном (а), литом гомогенизированном (б) и деформированном (в) состояниях: 1 — σ_B ; 2 — $\sigma_{0,2}$; 3 — δ ; 4 — ψ ; 5 — КСV

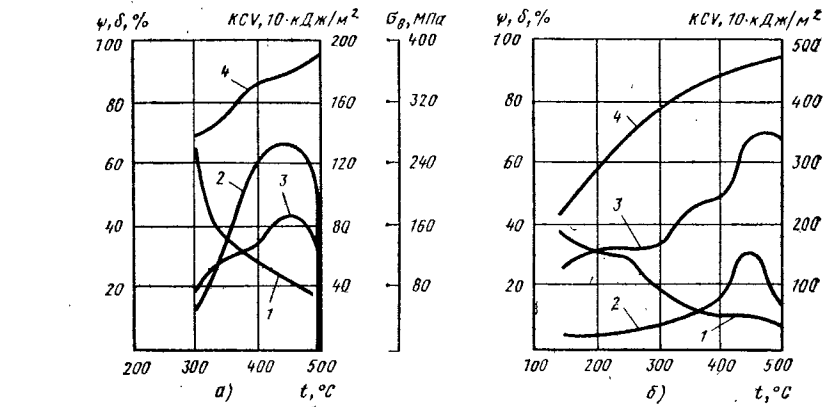
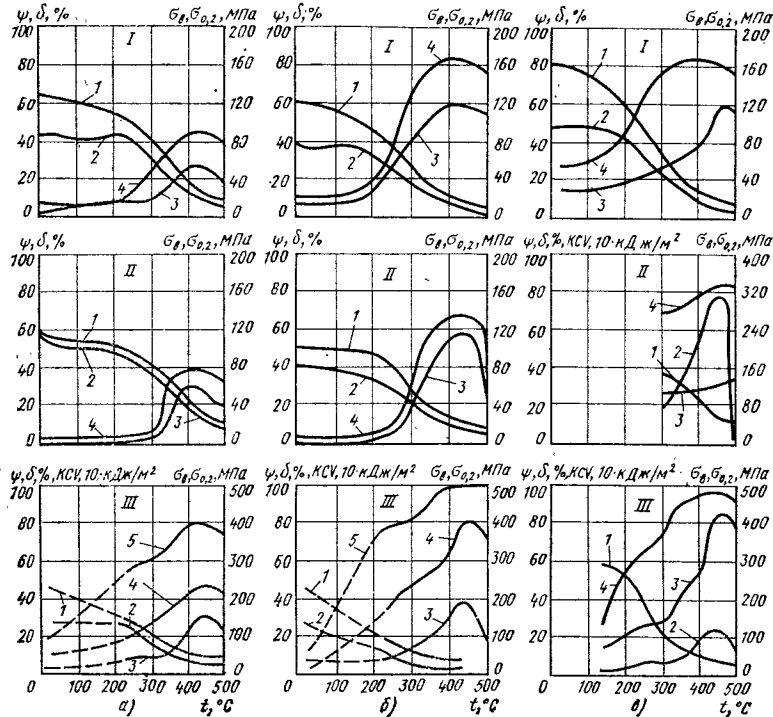


Рис. 7. Диаграммы деформирования сплавов ВД17 (а) и Д19 (б) в деформированном состоянии: 1 — σ_B ; 2 — КСV; 3 — δ ; 4 — ψ

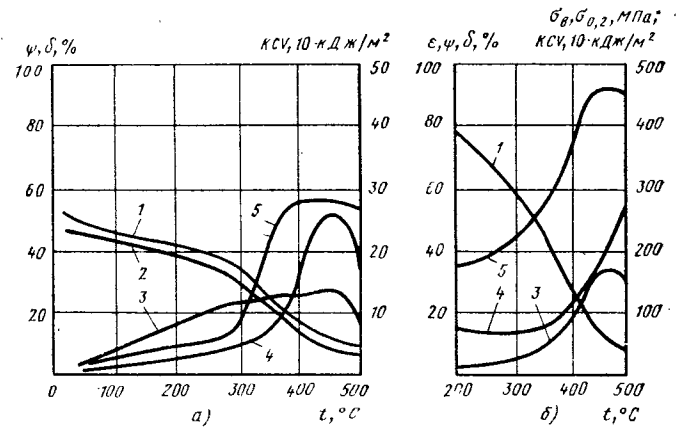


Рис. 8. Диаграммы деформирования сплава Д21 в литом гомогенизированном (а) и деформированном (б) состояниях: 1 — σ_B ; 2 — $\sigma_{0,2}$; 3 — КСV; 4 — δ ; 5 — ψ

Диаграммы деформирования алюминиевых сплавов приведены на рис. 1—13. (Здесь и далее для цветных металлов они построены при $\dot{\epsilon} = (0,3 \div 1,5) \times 10^{-3} \text{ с}^{-1}$). Диаграммы рекристаллизации алюминиевых сплавов приведены на рис. 14—16.

Магниеые сплавы

Деформируемые магниевые сплавы можно разделить на четыре группы. К первой группе относится сплав не-

высокой прочности ($\sigma_B = 170 \div 230 \text{ МПа}$) МА1; имеет высокую пластичность в интервале температур горячего деформирования; рабочая температура деталей при длительной работе до 150 °С, при кратковременной до 200 °С; применяют в виде штампованных заготовок несложной конфигурации, не несущих больших нагрузок.

Ко второй группе относятся сплавы средней прочности ($\sigma_B = 230 \div 260 \text{ МПа}$) МА8, МА2; характеризуются хорошей

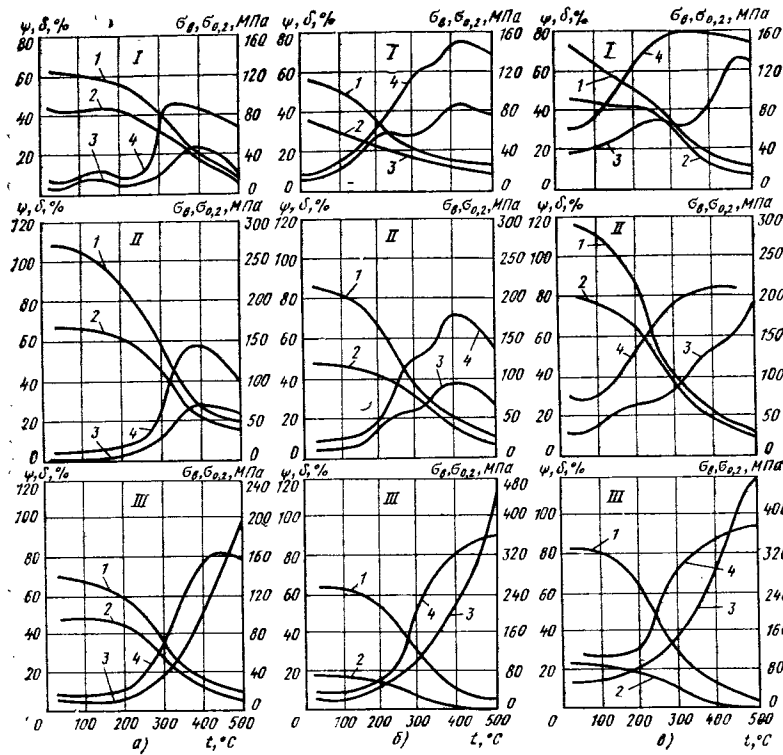


Рис. 9. Диаграммы деформирования сплавов АВ (I), АК8 (II) и АК4-I (III) в литом негомогенизированном (а), литом гомогенизированном (б) и деформированном (а) состояниях: 1 — σ_B ; 2 — $\sigma_{0,2}$; 3 — δ ; 4 — ψ

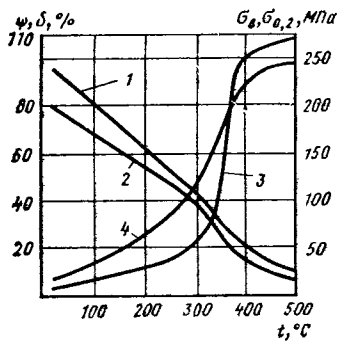


Рис. 10. Диаграммы деформирования сплава АК4 в литом гомогенизированном состоянии: 1 — σ_B ; 2 — $\sigma_{0,2}$; 3 — δ ; 4 — ψ

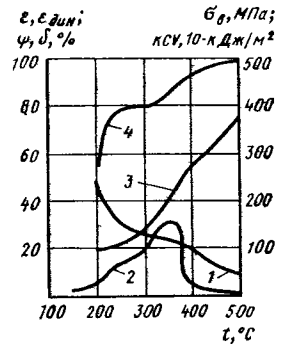


Рис. 11. Диаграммы деформирования сплава В93 в деформированном состоянии: 1 — σ_B ; 2 — KCV; 3 — δ ; 4 — ψ

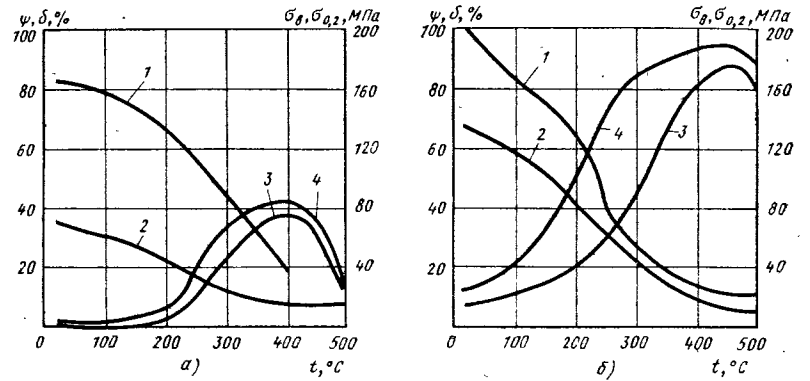


Рис. 12. Диаграммы деформирования сплава В95 в литом гомогенизированном (а) и деформированном (б) состояниях: 1 — σ_B ; 2 — $\sigma_{0,2}$; 3 — δ ; 4 — ψ

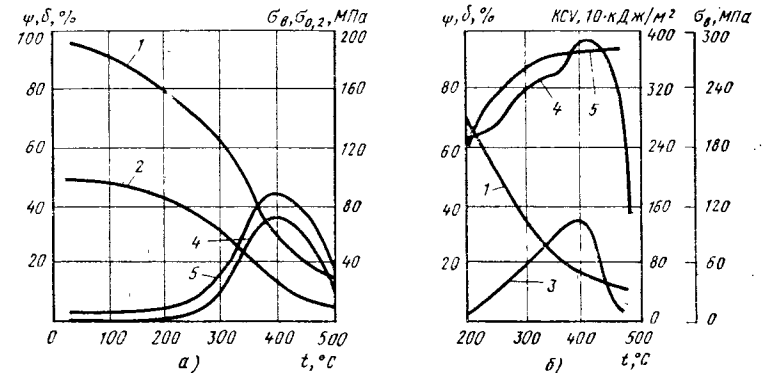


Рис. 13. Диаграммы деформирования сплава В96 в литом негомогенизированном (а) и деформированном (б) состояниях: 1 — σ_B ; 2 — $\sigma_{0,2}$; 3 — KCV; 4 — δ ; 5 — ψ

Рис. 14. Диаграмма рекристаллизации сплава АД1. Прутки прессованные, горячая осадка, отжиг при температуре осадки в течение 20 мин в соляной ванне

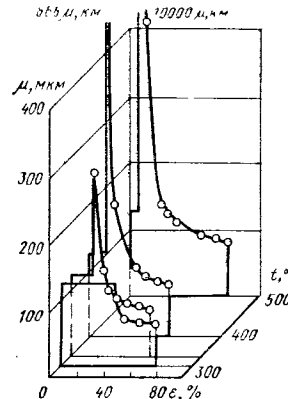
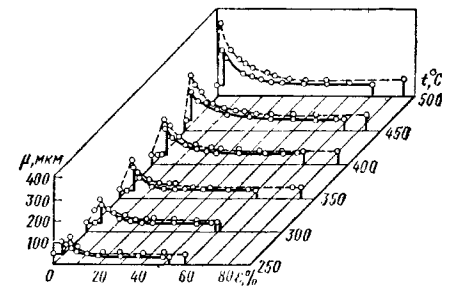


Рис. 15. Диаграмма рекристаллизации сплава Д1. Отжиг при температуре 500 °С в течение 3 ч: — осадка на копре; --- осадка на прессе



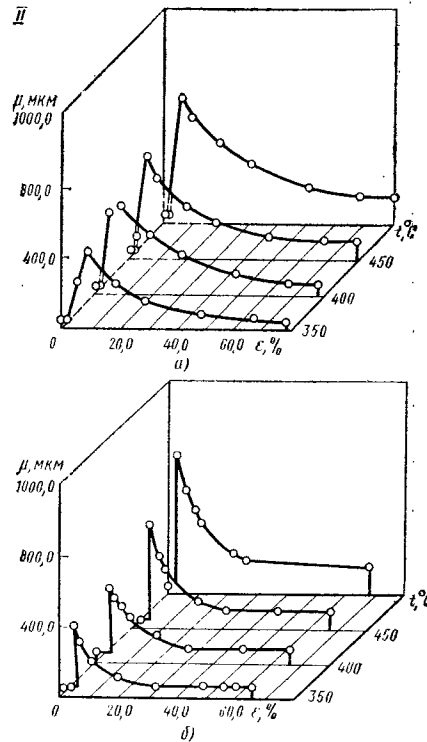
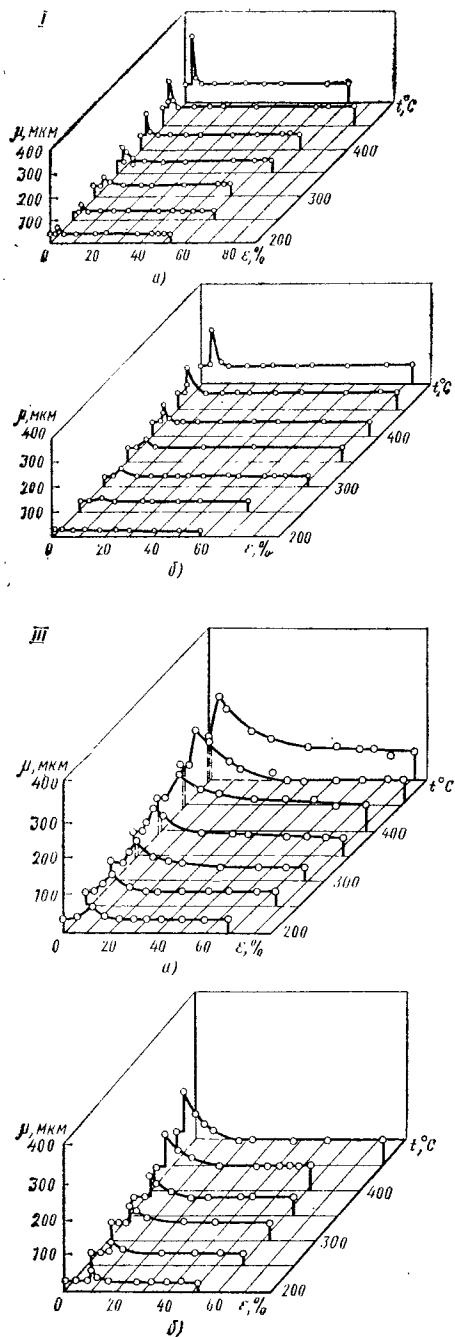


Рис. 16. Диаграммы рекристаллизации сплавов ВД17 (I), АК6 (II), АК8 (III); осадка на прессе (а); осадка на копре (б)

пластичностью; рабочая температура деталей до 250 °С; применяют в виде деформируемых полуфабрикатов и штампованных заготовок для деталей средней прочности и сложной формы.

К третьей группе относятся сплавы высокой прочности ($\sigma_B = 260 \div 340$ МПа) МА2-1, МА5, имеющие удовлетворительную пластичность, рабочую температуру деталей до 200 °С; применяют в виде штампованных заготовок для нагруженных деталей средней сложности; ковкой не обрабатываются.

К четвертой группе относится жаропрочный сплав МА11, имеющий удовлетворительную пластичность; рабочая температура деталей 200—400 °С; применяют для деталей, работающих в условиях повышенных температур; медленное разупрочнение происходит при температурах выше 200 °С.

23. Химический состав магниевых сплавов, % (ГОСТ 14957—76)

Сплав	Легирующие элементы		
	Al, Nd	Mn	Zn, Ce, Ni
МА1	—	1,3—2,2 Mn	0,15—0,35 Ce
МА8	—	0,15—0,5 Mn	0,2—0,8 Zn
МА2	3,0—4,0 Al	0,3—0,7 Mn	0,8—1,5 Zn
МА2-1	3,8—5,0 Al	0,15—0,5 Mn	0,2—0,8 Zn
МА5	7,8—9,2 Al	1,5—2,5 Mn	0,10—0,22 Ni
МА11	2,5—3,5 Nd		

Сплав	Примеси, не более							
	Al	Cu	Fe	Ni	Zn	Si	Fe	Прочие
МА1	0,10	0,05	0,002	0,007	0,3	0,10	0,05	0,2
МА8	0,10	0,05	0,002	0,007	0,3	0,10	0,05	0,3
МА2	—	0,05	—	0,005	—	0,10	0,05	0,3
МА2-1	—	0,05	0,002	0,004	—	0,10	0,04	0,3
МА5	—	0,05	0,002	0,005	—	0,10	0,05	0,3
МА11	0,10	0,03	0,002	—	0,20	0,10	0,03	0,3

Химический состав, физические и механические свойства магниевых сплавов приведены в табл. 23—26. Диаграммы деформирования магниевых сплавов даны на рис. 17, диаграммы рекристаллизации — на рис. 18—20.

Медные сплавы

Из деформируемых медных и медно-никелевых сплавов изготавливают детали, требующие высоких электрической проводимости, теплопроводности и коррозионной стойкости.

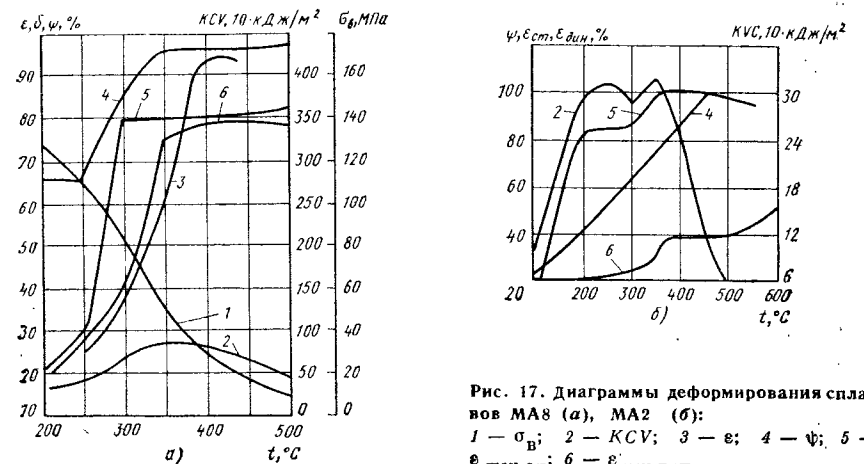


Рис. 17. Диаграммы деформирования сплавов МА8 (а), МА2 (б): 1 — σ_B ; 2 — КСВ; 3 — ϵ ; 4 — Ψ ; 5 — ϵ шах ст; 6 — ϵ шах дил

24. Механические свойства магниевых сплавов (температура 20 °С)

Сплав	Полу- фабрикат	Состоя- ние	σ_B	$\sigma_{0,2}$	δ , %	ψ , %	КСУ, кДж/м ²	σ_{-1}^*	Сжа- тые		Кру- чение		Сдвиг $\sigma_{сд}$
			МПа						σ_B	$\sigma_{0,2}$	$\tau_{0,3}$	τ_B	
МА2	Прутки Ø 260 мм	Горяче- прессованный	280	180	10	30	120	100	400	110	60	190	160
МА2-1				195	—	—	—	—	—	—	—	—	—
МА5	Плита 30 мм	Горяче- прессованный	260 (270)	150 (170)	12 (12)	20	80	105	390	85	60	175	150
	Прутки Ø 260 мм		285	215	7	—	—	—	—	—	—	—	—
	То же	Зака- ленный	220	220	8	20	—	140	460	140	65	210	180
МА8	Прутки до Ø 130 мм	Горяче прессо- ванный	260	150	7	—	—	—	—	—	—	—	—
	Полоса 5 мм		—	160	10	—	100	80	—	—	60	190	—

Примечание. Направление вырезки образцов во всех случаях — вдоль, в скобках — поперек.

* На базе 5·10⁷ циклов.

25. Физические свойства магниевых сплавов

Свойства	МА1	МА2	МА2-1	МА5	МА8	МА11
Плотность, г/см ³	1,78	1,78	1,79	1,80	1,78	1,80
Температура, °С:						
ликвидус	650	632	625	602	650	645
солидус	645	565	560	430	645	470
Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$ при температуре, 1/°С:						
20—100	23,7	26,0	26,0	26,1	23,7	25,7
100—200	26,1	27,8	—	27,1	26,1	29,3
200—300	32,1	29,5	—	28,5	32,1	30,1
Удельная теплоемкость, кДж/(кг·°С) при температуре, °С:						
100	1,004	1,130	1,088	1,130	1,045	—
200	1,046	1,172	1,130	1,213	1,130	—
300	1,130	1,213	1,213	1,255	1,213	—
400	1,172	1,255*	1,255*	1,297*	—	—

Продолжение табл. 25

Свойства	МА1	МА2	МА2-1	МА5	МА8	МА11
Теплопроводность, Вт/(м·°С), при температуре, °С:						
30	125,60	96,29	96,29	0,14	133,97	108,85
200	138,16	104,67	—	—	133,97	117,23
300	133,97	108,85	—	—	133,97	117,23
400	133,97	113,04	—	—	—	117,23

Примечание. Скрытая теплота плавления для всех сплавов — 293,3 кДж/кг.

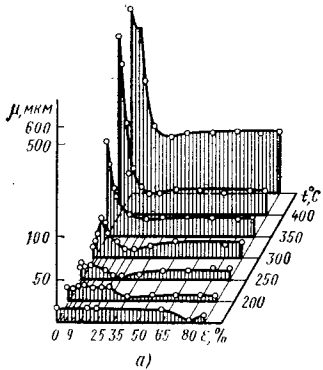
* При 350 °С.

26. Механические свойства из магниевых сплавов

Сплав	Полуфабрикат	Состояние	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %
			Не менее		
МА1	Листы толщиной, мм: 0,8—2,5 2,6—10,0	Отожженные при 320— 350 °С 30 мин	190	110	5,0
			170	90	3,0
	Прутки Ø до 130 мм Профили Поковки и штампованные заготовки	Горячепрессованные — Без термообработки	180 260 180	— — —	2,0 4,0 2,0
МА8	Листы толщиной, мм: 0,8—2,5 2,6—10,0 1,0—2,5	Отожженные при 320— 350 °С 30 мин	230	120	12,0
			220	110	10,0
	250	160	8,0		
	2,6—5,0	Полунагартованные, отожженные при 260— 290 °С 30 мин	240	140	6,0
	Прутки Ø до 130 мм	Горячепрессованные	220	—	4,0
МА2	Прутки Ø до 130 мм	Горячепрессованные	260	—	5,0
	Поковки и штампованные заготовки	Без термообработки	240	—	5,0

Продолжение табл. 26

Сплав	Полуфабрикат	Состояние	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %
			Не менее		
МА2-1	Листы толщиной 0,8—3,0 мм	Отожженные при 250—300 °С 30 мин	260	160	10,0
	Плиты толщиной 12—30 мм	Горячекатаные	250	140	6,0
МА5	Прутки прессованные	Закаленные	300	—	8,0
	Поковки и штампованные заготовки		270	—	6,0
МА11	Листы толщиной, мм: 0,8—3,0	Отожженные при 250 °С 30 мин	240	160	5,0
	0,8—3,0	Закаленные и искусственно состаренные	250	120	7,0



Латуни — сплавы меди с цинком как основной легирующей добавкой. Введение цинка повышает механические свойства меди: возрастают пределы прочности и текучести, а также твердость и относительное удлинение. Латуни отличаются технологичностью, хорошей деформируемостью, легко обрабатываются резанием. Латунные полуфабрикаты поставляют в твердом,

Рис. 18. Диаграммы рекристаллизации магния; осадка на гидравлическом прессе (а), на копре (б): ○ — боек массой 35 кг; ● — боек массой 50 кг

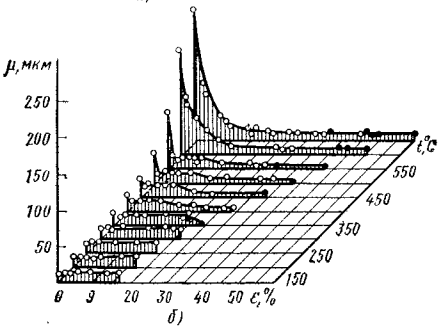


Рис. 19. Диаграмма рекристаллизации сплава МА2, осадка на гидравлическом прессе

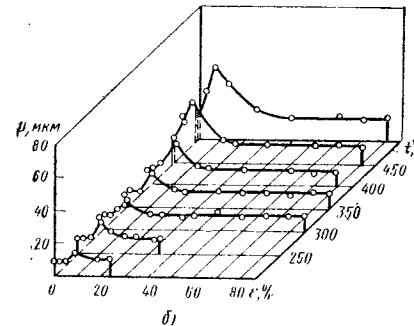
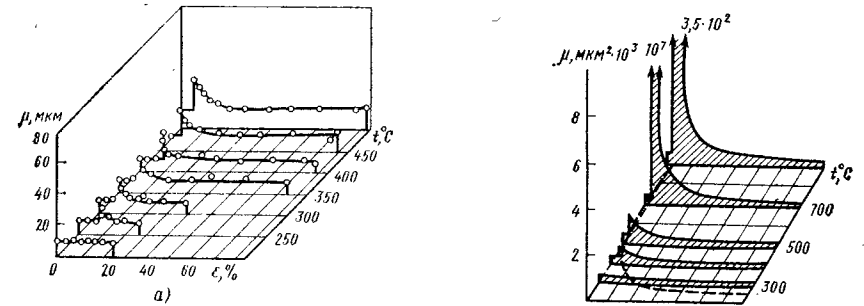
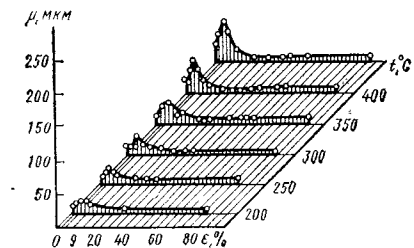


Рис. 20. Диаграммы рекристаллизации сплава МА8; осадка на гидравлическом прессе (а), на копре (б)

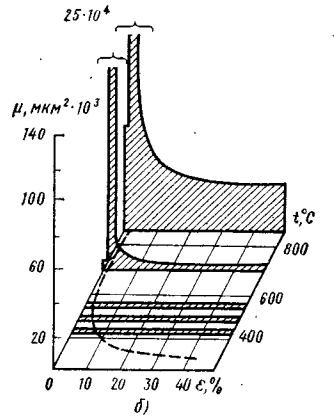
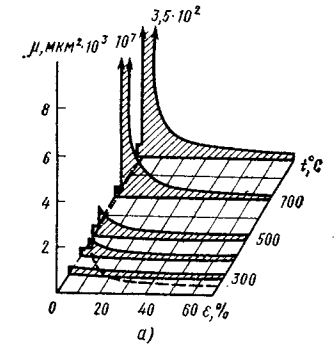


Рис. 22. Диаграммы рекристаллизации электролитической меди (а), латуни L68 (б)

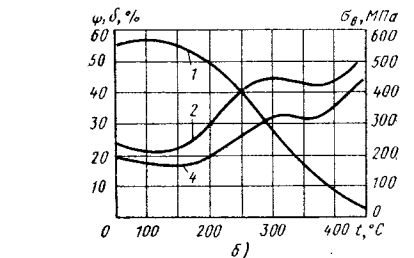
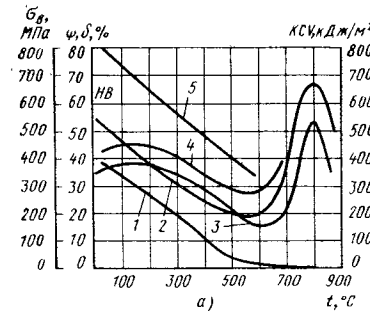


Рис. 21. Диаграммы деформирования латуни L96 (а), L90 (б): 1 — σ_B ; 2 — ϕ ; 3 — КСЧ; 4 — δ ; 5 — НВ

полутвердом и мягком состояниях в зависимости от способов изготовления, степени деформации и термообработки.

Бронзы — сплавы меди, содержащие в качестве основной легирующей добавки какой-либо металл, кроме цинка. Бронзы предназначены для изготовления силовых коррозионно-стойких деталей и арматуры, а также для изготовления деталей, работающих на трение.

Ковку сплавов на медной основе производят преимущественно на молотах. Для объемной штамповки применяют винтовые фрикционные и кривошипные прессы.

Химический состав, физико-механические свойства и классификация медных сплавов приведены в табл. 27—32. Диаграммы деформирования некоторых латуней даны на рис. 21, диа-

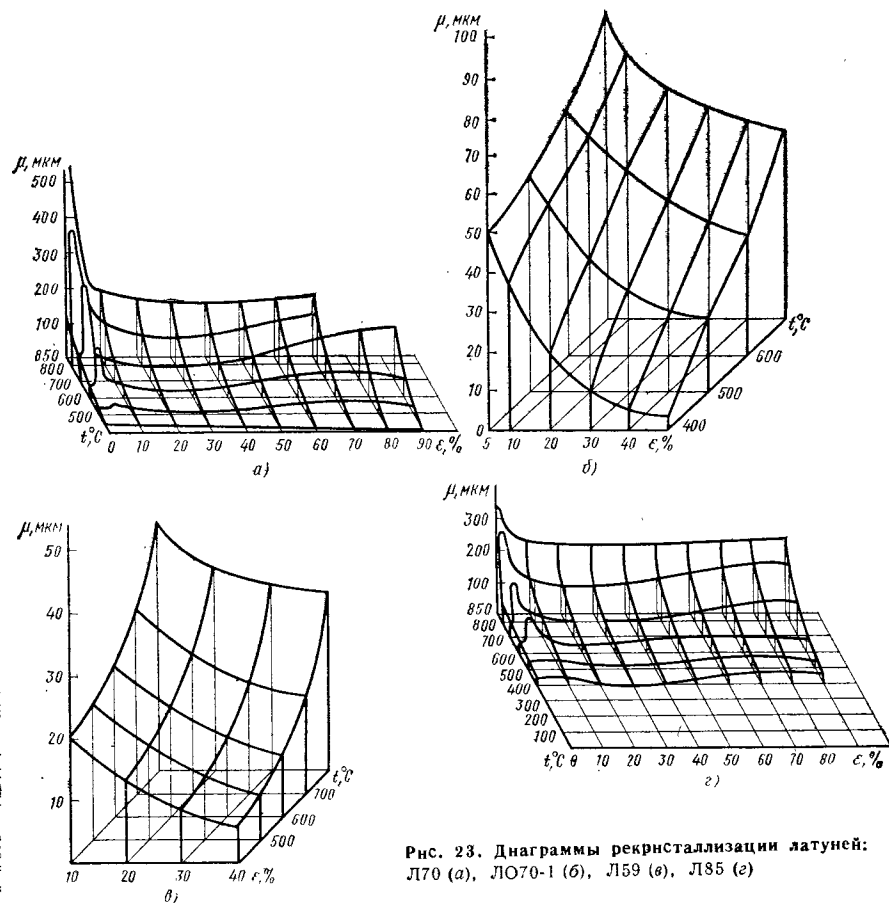


Рис. 23. Диаграммы рекристаллизации латуней: Л70 (а), ЛО70-1 (б), Л159 (в), Л85 (г)

граммы рекристаллизации электролитической меди и латуни — на рис. 22, 23.

Титановые сплавы

Деформируемые титановые сплавы в зависимости от назначения и физико-механических свойств разделяют на четыре группы.

К первой группе относятся сплавы малой прочности ($\sigma_B \leq 600$ МПа): технический титан ВТ1-0, ВТ1-00 и низколегированный сплав ОТ4-1. Эти сплавы применяют для изготовления деталей сложной конфигурации, не испытывающих больших нагрузок.

Вторая группа — сплавы средней

прочности (предел прочности 600—1000 МПа): среднелегированные титановые сплавы ОТ4, ВТ6, а также сплавы ВТ5-1 и ВТ5. Эти сплавы обладают удовлетворительной технологичностью; их применяют без термической обработки. Сплав ОТ4 нашел наибольшее применение для изготовления поковок и штампованных заготовок.

Третья группа — высокопрочные сплавы (предел прочности 1000 МПа) ВТ14, ВТ16 и ВТ20; их применяют в термически обработанном состоянии.

Четвертая группа — жаропрочные сплавы ВТ3-1, ВТ9 и ВТ18. Более высокой жаропрочностью обладает сплав ВТ9, который обладает более

27. Химический состав латуней, % (ГОСТ 15527—70)

Сплав	Основные элементы		Примеси, не более						
	Cu	Al, Si, Sn, Pb, Mn, Fe, Ni	Pb	Fe	Sb, Mn	Bi	P	Sn, As	Всего
Л96	95—97	—	0,03 Pb	0,10 Fe	0,005 Sb	0,002	0,01	—	0,20
Л90	88—91	—	0,03 Pb	0,10 Fe	0,005 Sb	0,002	0,01	—	0,20
Л85	84—86	—	0,03 Pb	0,10 Fe	0,005 Sb	0,002	0,01	—	0,30
Л70	69—72	—	0,03 Pb	0,10 Fe	0,005 Sb	0,002	0,01	0,005 As	0,30
Л68	67—70	—	—	0,07 Fe	0,002 Sb	0,002	0,005	0,005 As	0,20
Л63	62—65	—	0,2 Pb	0,10 Fe	0,005 Sb	0,002	0,01	0,005 As	0,30
Л60	59—60	—	0,3 Pb	0,2 Fe	—	0,003	0,01	—	0,50
ЛАН7-2	76—79	1,70—2,50 Al	0,07 Pb	0,07 Fe	0,005 Sb	0,002	0,01	—	—
ЛАЗЖ60-1-1	58—61	0,70—1,50 Al	—	0,75 Fe	0,1—0,6 Mn	—	—	—	—
ЛАН59-3-2	57—60	2,5—3,5 Al 2,0—3,0 Ni	0,10 Pb	0,50 Fe	0,005 Sb	0,003	0,01	—	0,9
ЛЖМц59-1-1	57—60	0,6—1,2 Fe 0,5—0,8 Mn 0,1—0,4 Al 0,3—0,7 Sn	0,2 Pb	—	0,01 Sb	0,003	0,01	—	0,25
ЛК80-3	79—81	2,5—4,0 Si	0,1 Pb	0,6 Fe	0,05 Sb	0,003	0,02	0,2 Sn	1,5

Многокомпонентные (специальные)

Алюминиевые

Кремнистые

Сплав	Основные элементы		Примеси, не более									
	Cu	Al, Si, Sn, Pb, Mn, Fe, Ni	Pb	Fe	Sb, Mn	Bi	P	Sn, As	Всего			
Марганцевые												
ЛМц58-2	57—60	0,5 Fe 1,0—2,0 Mn	0,1 Pb	0,5 Fe	0,005 Sb	0,002	0,01	—	1,2			
ЛМцА57-3-1	55—58,5	2,5—3,5 Mn 0,5—1,5 Al	0,2 Pb	1,0 Fe	0,005 Sb	0,002	0,01	—	1,3			
Никелевые												
ЛН65-5	64—67	5—6,5 Ni	0,03 Pb	0,15 Fe	0,005 Sb	0,002	0,01	—	0,3			
Оловянные												
ЛО90-1	88—91	0,25—0,75 Sn	0,03 Pb	0,10 Fe	0,005 Sb	0,002	0,01	—	0,2			
ЛО70-1	69—71	1,0—1,5 Al	0,07 Pb	0,07 Fe	0,005 Sb	0,002	0,01	—	0,3			
ЛО62-1	61—63	0,7—1,1 Al	0,10 Pb	0,10 Fe	0,005 Sb	0,002	0,01	—	0,3			
ЛО60-1	59—61	1,0—1,5 Al	0,3 Pb	0,10 Fe	0,005 Sb	0,002	0,01	0,2 Sn	1,0			
Свинцовые												
ЛС74-3	72—75	2,4—3,0 Pb	—	0,10 Fe	0,005 Sb	0,002	0,01	—	0,25			
ЛС64-2	63—66	1,5—2,0 Pb	—	0,10 Fe	0,005 Sb	0,002	0,01	—	0,30			
ЛС63-3	62—65	2,4—3,0 Pb 0,10 Sn	—	0,10 Fe	0,005 Sb	0,002	0,01	—	0,25			
ЛС60-1	59—61	0,6—1,0 Pb	—	0,15 Fe	0,005 Sb	0,002	0,01	—	0,50			
ЛС59-1	57—60	0,8—1,9 Pb	—	0,5 Fe	0,010 Sb	0,003	0,02	—	0,75			

28. Химический состав бронз, % (ГОСТ 18175—78)

Сплав	Основные компоненты *										
	Al, Be, Si	Fe	Mn	Ni							
Алюминиевые											
БрА5	4—6 Al	—	—	—							
БрА7	6—8 Al	—	—	—							
БрАЖ9-4	8—10 Al	2,0—4,0	—	—							
БрАЖМц10-3-1,5	9—11 Al	2—4	1—2	—							
БрАЖН10-4-4	9,5—11 Al	3,5—5,5	—	3,5—5,5							
БрАмц9-2	8—10 Al	—	1,5—2,5	—							
Бериллиевые											
БрБ2	1,8—2,1 Be	—	—	0,2—0,5							
Кремниевые											
БрКМц3-1	2,7—3,5 Si	—	1,0—1,4	—							
БрКН1-3	0,6—1,1 Si	—	0,1—0,4	2,4—3,4							
Марганцевые											
БрМц5	—	—	4,5—5,5	—							
Примеси, не более											
Сплав	Sb	Sn	Si	Ni	Pb	P	Fe	Zn	Mn	Al	Всего
Алюминиевые											
БрА5	—	0,1	0,1	—	0,03	0,01	0,5	0,5	0,5	—	1,1
БрА7	—	0,1	0,1	—	0,03	0,01	0,5	0,5	0,5	—	1,1
БрАЖ9-4	—	0,1	0,1	—	0,01	0,01	—	1,0	0,5	—	1,7
БрАЖМц10-3-1,5	0,002	0,1	0,1	—	0,03	0,1	—	0,5	—	—	0,70
БрАЖН10-4-4	—	0,1	0,1	—	0,02	0,01	—	0,3	0,3	—	0,60
БрАмц9-2	—	0,1	0,1	—	0,03	0,01	0,5	1,0	—	—	1,50
Бериллиевые											
БрБ2	—	—	0,15	—	0,005	—	0,15	—	—	—	0,5
Кремниевые											
БрКМц3-1	0,002	0,25	—	0,2	0,03	—	0,3	0,5	—	—	1,0
БрКН1-3	—	0,1	—	—	0,15	—	0,1	0,1	—	0,02	0,4
Марганцевые											
БрМц5	0,002	0,1	0,1	—	0,03	0,01	0,35	0,4	—	—	0,9

* Остальное медь.

29. Физические свойства латуней

Сплав	Плотность, г/см ³	Тепло- провод- ность λ, Вт/(м·°С)	Кoeffи- циент линей- ного расши- рения α · 10 ⁶ , °С ⁻¹ при		Удельная тепло- емкость c, кДж/(кг·°С)	Удельное электри- ческое сопро- тивление ρ · 10 ⁸ , Ом·м	Темпера- турный коэффици- ент сопро- тивле- ния, °С ⁻¹
			20— 300 °С	20 °С			
Простые (двойные)							
Л96	8,85	0,6815	18	17	0,3893	4,3	0,0027
Л90	8,73	0,0005	18,2	—	0,3768	4,0	0,0019
Л85	8,75	0,4186	18,7	—	—	4,7	0,0016
Л80	8,66	0,395	—	18,8	0,3893	5,4	0,0015
Л68	8,60	0,30—0,32	19	—	0,3893	7,1	0,0015
Л63	8,46	0,24	—	19	0,09	7,0	0,0014
Л60	8,51	0,26	—	21	—	7,1	0,0016
Многокомпонентные (специальные)							
Алюминиевые							
ЛА77-2	8,60	0,314	18,3	18,3	—	7,5	—
ЛАЖ60-1-1	8,20	—	—	21,6	—	9,0	—
ЛАН59-3-2	8,40	0,2326	—	19	—	7,8	—
ЛЖМц59-1-1	8,50	0,2802	—	22	—	9,3	—
Кремниевые							
ЛК80-3	8,60	0,1163	17	—	—	20,0	—
Марганцевые							
ЛМц58-2	8,50	0,20	—	21,2	—	11,8	—
ЛМц57-3-1	8,54	0,20	—	21,4	—	11,9	—
Никелевые							
ЛН65-5	8,65	0,1628	—	18,2	—	14,6	—
Оловянные							
ЛО90-1	8,80	0,348	18,4	—	—	05,4	—
ЛО70-1	8,58	0,2535	19,7	—	—	07,2	—
ЛО62-1	8,54	0,3023	—	—	—	07,2	—
ЛО60-1	8,45	0,2791	21,4	—	—	07,0	—
Свинцовые							
ЛС74-3	8,7	0,3372	19,8	17,5	—	07,8	—
ЛС64-2	—	0,3256	—	20,3	—	06,6	—
ЛС60-1	8,5	0,2907	20,8	—	—	06,4	—
ЛС59-1	—	—	—	20,6	—	06,5	0,0026

30. Физические свойства бронз

Сплав	Плотность, г/см ³	Теплопровод- ность, Вт/(м·°С)	Кoeffи- циент линей- ного расши- рения α · 10 ⁶ , °С ⁻¹ при		Удельная тепло- емкость, кДж/(кг·°С)	Удельное электри- ческое сопро- тивление ρ · 10 ⁸ , Ом·м	Темпера- турный коэффици- ент сопро- тивле- ния, °С ⁻¹
			25— 300 °С	20 °С			
Алюминиевые							
БрА5	8,2	0,29	—	18,2	—	9,95	0,0008
БрА7	7,8	0,22	17,8	—	—	—	—
БрАЖ9-4	7,5	0,16	16,2	—	—	12,0	—
БрАЖМц10-3-1,5	—	—	—	16	—	18,9	—
БрАЖН10-4-4	—	0,20	—	17,1	—	19,3	—
БрАМц9-2	7,6	0,19	17	—	—	11,0	—
Бериллиевые							
БрБ2; БрБ2,5	8,23	0,29	16,6	—	0,419	10,0	—
Кремниевые							
БрКМц3-1	8,40	0,09— 0,12	—	15,8	—	15,0	—
БрКН1-3	8,6	—	—	18	—	4,6	—
Марганцевые							
БрМц5	8,6	0,30	20,4	—	—	19,7	—

31. Классификация латуней

Сплав	σ _B	σ _{0,2}	E	δ	ε	НВ, МПа
	МПа			%		
Простые (двойные)						
Л96	400	390	114 000	2	—	—
Л90	600	300	91 500	4	60	1300
Л85	525	504	105 000	—	—	1200—1300
Л80	560	360	153 500	10	40	1450
Л70	520	—	—	21	58	—
Л68	520	—	115 000	12	52	1500
Л63	680	480	100 000	3—4	—	1400
Л60	500	200	106 000	10	40	1630
Многокомпонентные (специальные)						
Алюминиевые						
ЛА77-2	580	—	—	10	—	500
ЛАЖ60-1-1	760	—	105 000	9	30	1700
ЛАН59-3-2	700	—	100 000	10	20	1820
ЛЖМц59-1-1	600	—	106 000	—	15	1600

Продолжение табл. 31

Сплав	σ_B	$\sigma_{0,2}$	E	δ	ϵ	НВ, МПа
	МПа			%		
Кремниевые						
ЛК80-3	300—500	105	98 000	15—40	—	900—1100
Марганцевые						
ЛМц58-2	600	—	100 000	10	—	1200
ЛМцА57-3-1	—	—	—	—	—	—
Никелевые						
ЛН65-5	800	—	112 000	1,5	—	—
Оловянные						
ЛО90-1	280	90	105 000	40	55	550
ЛО70-1	580	—	106 000	10	28	1420
ЛО62-1	440	380	105 000	25	—	1460
ЛО60-1	560	420	—	10	—	—
Свинцовые						
ЛС74-3	600—700	520—610	—	2—5	—	—
ЛС64-2	580—670	450—500	—	4—6	—	1000—1200
ЛС60-1	650	560	—	5	—	—

32. Механические свойства бронз

Сплав	σ_B	$\sigma_{0,2}$	E	δ	ψ	НВ, МПа
	МПа			%		
Алюминиевые						
БрА5	800	500	110 000	4	—	2000
БрА7	1000	—	115 000	3—10	40	1540
БрАЖ9-4	550	350	116 000	5	—	1600—2000
БрАЖМц10-3-1,5	600	190	100 000	20	—	1200—1400
БрАЖН10-4-4	770	—	130 000	9	11	2250
БрАМц9-2	600	500	92 000	25	—	1600
Бериллиевые						
БрБ2	950	850—900	117 000	1—2	—	3500—4000
Кремниевые						
БрКМц3-1	900	540	120 000	0,5	—	—
Марганцевые						
БрМц5	600	500	105 000	2	—	1600

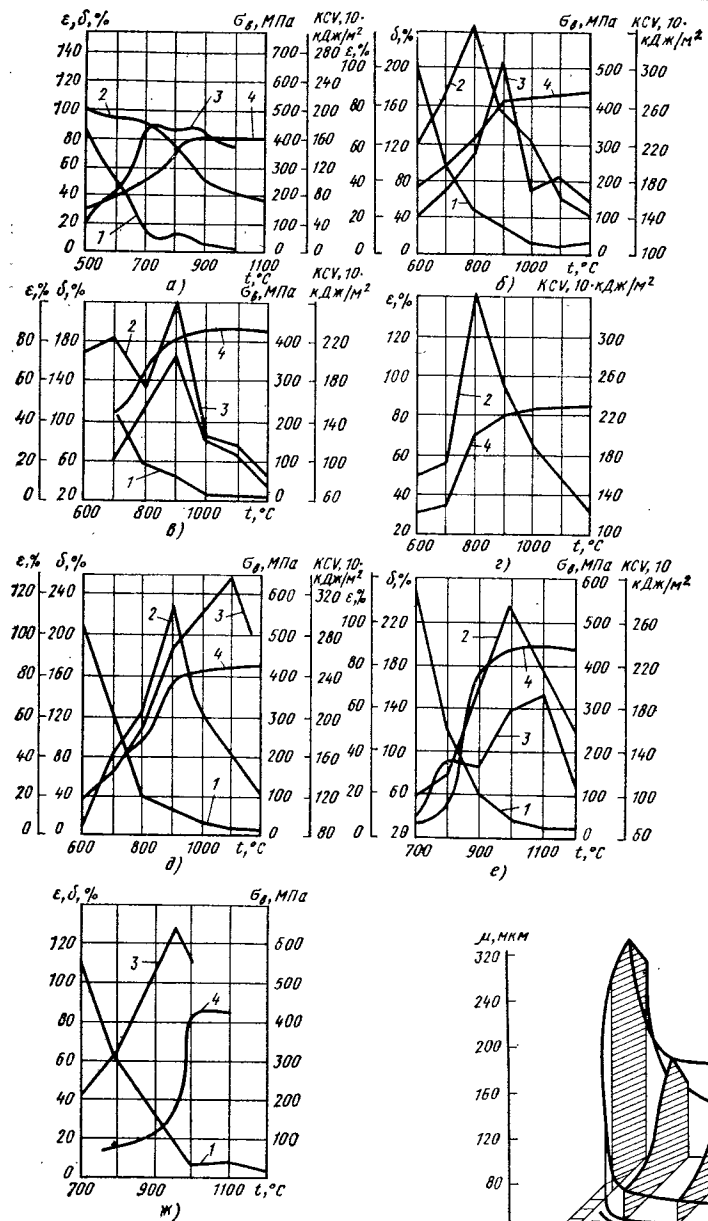


Рис. 24. Диаграммы деформирования титановых сплавов: OT4 (а), BT3-1 (б), BT5-1 (в), BT6 (г), BT8 (д), BT9 (е), BT18 (ж): 1 — σ_B ; 2 — KCV; 3 — δ ; 4 — ϵ

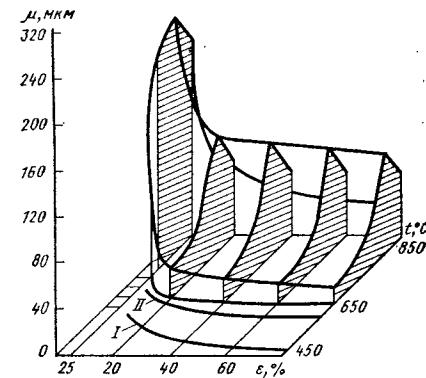


Рис. 25. Диаграмма рекристаллизации титана: начало (I), окончание (II)

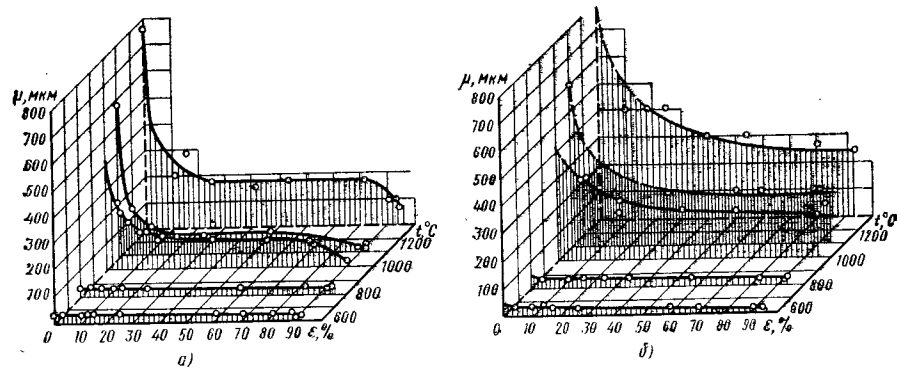


Рис. 26. Диаграммы рекристаллизации сплава ВТ10: послековки (а), послековки и отжига (б)

высокой прочностью и термической стабильностью.

Химический состав и физико-механические свойства титановых сплавов

приведены в табл. 33—35, диаграммы деформирования некоторых титановых сплавов на рис. 24, диаграммы рекристаллизации — на рис. 25—27.

33. Химический состав титановых сплавов, % (ГОСТ 19807—74)

Сплав	Легированные элементы				
	Al	Mn, Sn, Mo	V, Cr	Si	Fe
OT4-0	0,2—1,4	0,2—1,3 Mn	—	—	—
OT4-1	1,0—2,5	0,7—2,0 Mn	—	—	—
OT4	3,5—5,0	0,8—2,0 Mn	—	—	—
BT5-1	4,3—6,0	2,0—3,0 Sn	—	—	—
BT5	4,3—6,2	—	—	—	—
BT6	5,3—6,8	—	3,5—5,0 V	—	—
BT3-1	5,5—7,0	2,0—3,0 Mo	0,8—2,3 Cr	0,15—0,40	0,2—0,7 Fe
BT9	5,8—7,0	2,8—3,8 Mo	0,8—2,0 Cr	0,20—0,35	—
BT14	3,5—6,3	2,5—3,8 Mo	0,9—1,9 V	—	—
BT16	1,8—3,8	4,5—5,5 Mo	4,0—5,5 V	—	—
BT20	5,5—7,5	0,5—2,0 Mo	1,5—2,5 V	—	—

Сплав	Примеси, не более							
	C	Fe	Si	Zr	O	N	H	Прочие
OT4-0	0,05	0,20	0,08	—	0,10	0,04	0,008	0,10
OT4-1	0,10	0,30	0,15	0,30	0,15	0,05	0,012	0,30
OT4	0,10	0,30	0,15	0,30	0,15	0,05	0,012	0,30
BT5-1	0,10	0,30	0,15	0,30	0,15	0,05	0,015	0,30
BT5	0,10	0,30	0,15	0,30	0,20	0,05	0,015	0,30
BT6	0,10	0,30	0,15	0,30	0,20	0,05	0,015	0,30
BT3-1	0,10	—	—	0,50	0,18	0,05	0,015	0,30
BT9	0,10	0,25	—	—	0,15	0,05	0,015	0,30
BT14	0,10	—	—	0,30	—	—	—	—
BT16	0,10	0,25	0,15	0,30	0,15	0,05	0,015	0,30
BT20	0,10	0,30	0,15	—	0,15	0,05	0,015	0,30

34. Физические свойства титановых сплавов

Сплав	Плотность, г/см ³	Коэффициент линейного расширения α · 10 ⁶ , °C ⁻¹	Теплопроводность, Вт/(м · °C)	Удельное электрическое сопротивление ρ · 10 ⁸ , Ом · м	Удельная теплоемкость, кДж/(кг · °C)
OT4-1	4,55	8,0 (20—100)	9,629 (20)	—	—
		8,6 (100—200)	10,467 (100)	—	—
		9,4 (200—300)	12,141 (300)	—	—
		0,6 (300—400)	13,397 (400)	—	—
		9,6 (400—500)	14,653 (500)	—	—
OT4	4,55	8,0 (20—100)	9,629 (20)	—	—
		8,6 (100—200)	—	—	—
		9,1 (200—300)	—	—	—
		9,6 (300—400)	—	—	—
		9,4 (400—500)	—	—	—
BT5	4,40	8,3 (20—100)	8,792 (25)	108 (20)	0,544 (100)
		8,9 (100—200)	9,629 (100)	115 (200)	0,586 (200)
		9,5 (200—300)	10,467 (200)	118 (300)	0,628 (300)
		10,4 (300—400)	11,304 (300)	12 (500)	0,669 (400)
		10,6 (400—500)	12,561 (400)	—	0,712 (500)
BT5-1	4,42	8,3 (20—100)	8,792 (25)	138 (20)	0,502 (100)
		8,9 (20—200)	9,629 (100)		0,544 (200)
		9,1 (20—300)	10,885 (200)		0,565 (300)
		9,3 (20—400)	12,142 (300)		0,586 (400)
		9,5 (20—500)	13,397 (400)		0,628 (500)
BT3-1	4,50	8,6 (20—100)	7,955 (25)	136 (20)	0,461 (100)
		11,6 (400—500)	8,373 (100)		0,502 (200)
		—	10,048 (200)		0,544 (300)
		—	11,304 (300)		0,628 (400)
		—	15,491 (600)		0,669 (500)
BT20	4,50	—	16,747 (700)	—	0,795 (600)

Продолжение табл. 34

Сплав	Плотность, г/см ³	Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6, ^\circ\text{C}^{-1}$	Теплопроводность, Вт/(м·°C)	Удельное электрическое сопротивление $\rho \cdot 10^8, \text{Ом}\cdot\text{м}$	Удельная теплоемкость, кДж/(кг·°C)
BT9	4,51	8,3 (20—100)	7,536 (25)	161 (20)	0,544 (100)
		8,93 (20—200)	8,373 (100)		—
		9,13 (20—300)	9,629 (200)		—
		9,28 (20—400)	10,885 (300)		—
		9,5 (20—500)	12,142 (400)		—
		9,6 (20—600)	13,816 (500)		—
		—	15,072 (600)		—
		—	16,328 (700)		—
		—	18,003 (800)		—
		—	19,678 (900)		—
BT6	4,43	8,41 (20—100)	8,379 (25)	160 (20)	0,544 (100)
		8,96 (100—200)	9,21 (100)	182 (200)	0,586 (200)
		10,1 (200—300)	10,467 (200)	202 (400)	0,669 (300)
		10,12 (300—400)	11,304 (300)	212 (600)	0,712 (400)
		—	12,561 (400)	214 (700)	0,795 (500)
		—	13,816 (500)	214 (800)	0,837 (600)
		—	15,491 (600)	—	—
		—	16,747 (700)	—	—
		—	—	—	—
		—	—	—	—
BT14	4,52	8 (20—100)	8,373 (25)	—	0,502 (100)
		8,2 (20—200)	9,21 (100)	—	0,544 (200)
		8,5 (20—300)	10,467 (200)	—	0,586 (300)
		8,8 (20—400)	11,723 (300)	—	0,628 (400)
		8,9 (20—500)	12,979 (400)	—	0,669 (500)
		8,7 (20—600)	13,816 (500)	—	0,712 (600)
		8,8 (20—700)	15,491 (600)	—	0,837 (700)
		9,1 (20—800)	16,747 (700)	—	1,005 (800)
		8,6 (20—900)	18,422 (800)	—	—
		—	20,096 (900)	—	—
BT20	4,45	8 (20—100)	8,792 (100)	163	0,544 (100)
		8,2 (20—200)	10,048 (200)		0,586 (200)
		8,5 (20—300)	10,885 (300)		0,628 (300)
		8,8 (20—400)	12,142 (400)		0,669 (400)
		8,9 (20—500)	13,816 (500)		0,712 (500)
		8,7 (20—600)	15,072 (600)		0,753 (600)
		8,8 (20—700)	16,747 (700)		0,837 (700)
		9,1 (20—800)	18,003 (800)		0,879 (800)
		8,6 (20—900)	19,678 (900)		0,921 (900)
		—	—		—

Примечание. В скобках указана температура испытания в °C.

35. Механические свойства поковок и штампованных заготовок из титановых сплавов при нормальной температуре

Полуфабрикат	Сплав	$\sigma_B, \text{МПа}$	$\delta, \%$	$\psi, \%$	КСУ, кДж/м ²
Поковки, штампованные заготовки и прутки кованые диаметром до 100 мм, отожженные	BT1-0	450—600	—	45,0	7000
	OT4-0	600—750	15	35,0	4500
	OT4	700—900	10	30,0	3500
	BT4	850—1050			
	BT5	750—950	25,0	3000	
	BT5-1	800—1000			
	BT6	950—1100	30,0	3000	
	BT14	900			
Диски и кольца, штампованные и кованые, отожженные	BT14	850	8	25,0	4000
Прутки прессованные диаметром до 100 мм, отожженные	BT14	900	10	35,0	5000
Прутки прессованные диаметром до 100 мм, закаленные и состаренные	BT14	1100	4	8	2000
Прутки и поковки диаметром 100 мм, закаленные	BT15	900	12	—	4000
Прутки и поковки закаленные и состаренные	BT15	1350	4	—	—
Прутки диаметром 10—20 мм, отожженные	BT16	900—1000	12	40,0	—
Прутки диаметром 10—100 мм, закаленные и состаренные	BT16	1050—1250	5	20,0	—
Штампованные заготовки, поковки и кованые прутки диаметром до 100 мм после изотермического отжига при 870—650 °C, охлаждаемые на воздухе	OT4-2	950—1000	8	25,0	—
	BT3-1	1000	10	25,0	3000
Прутки кованые диаметром более 100 мм после изотермического отжига при 870—650 °C, охлаждаемые на воздухе	BT3-1	900	8	20,0	3000

Продолжение табл. 35

Полуфабрикат	Сплав	σ_v , МПа	δ , %	ψ , %	КСУ, кДж/м ²
Диски и кольца	ВТ3-1	900	8	20,0	3000
	ВТ3-1	1000	10	30,0	3000
Поковки, штампованные заготовки, прутки кованные, отожженные	ВТ8	1050	9	30,0	3000
Заготовки для изготовления лопаток отожженные	ВТ8	1050	9	30,0	3000
Прутки, полосы, поковки, штампованные заготовки, отожженные	ВТ9	1050	9	25,0	3000
Прутки, полосы, поковки, штампованные заготовки, отожженные	ВТ18	950	8	20,0	2000

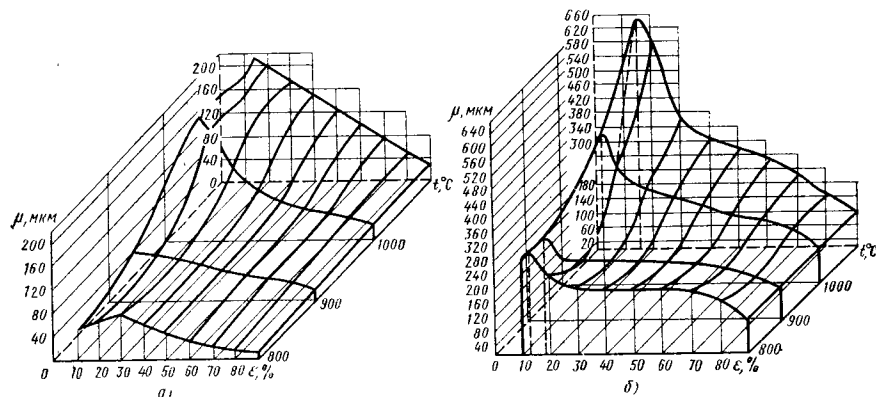


Рис. 27. Диаграммы рекристаллизации сплава ВТ3-1: после осадки (а), после осадки с последующим нагревом до 1050 °С в течение 1,5 ч (б)

3. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ИНТЕРВАЛ КОВКИ И ШТАМПОВКИ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Алюминиевые сплавы

Температурные интервалыковки и штамповки определяют по диаграммам пластичности, кривым течения, диаграммам сопротивления деформации, состояния и рекристаллизации. Высокие

механические свойства и меньшая анизотропия свойств получаются при суммарной деформации сплавов 65—75 %. Поэтому в случае обработки давлением слитков на заготовки суммарная степень деформации должна быть минимальной. По диаграммам рекристаллизации необходимо учитывать критическую степень деформации (12—15 %). Поэтому ковку и штамповку проводят при больших обжатиях, исключающих рекристаллизацию сплавов с образова-

36. Температураковки и штамповки, допустимая степень деформации алюминиевых сплавов

Сплав	Температурный интервал, °С		Допустимая степень деформации, %	
	Начало	Окончание	Молот	Пресс
АМц, АМг2, АД31, АД33	470—420	350	80 и более	
АК6, АВ			Литой	
			40—50	Более 50
		Деформированный		
		50—65	До 80	
Д1, АК8, ВД17	470—440	400	Литой	
	450—420	380	40	40—50
		Деформированный		
		50—70	До 80	
АК4, АК4-1, АМг6, АМг5	470—420	350	50—60	
	430—400	320	Более 60	
В95, В96, В93	430—400	350	Литой	
	400—370	320	30—40	40—50
		Деформированный		
		50—60	80	

Примечание. Скорость деформирования (м/с): на прессах 0,3; на молотах 8.

нем крупного зерна. Допустимую степень деформации за основной ход машины определяют по диаграммам пластичности. При увеличении скорости деформации технологическая пластичность алюминиевых сплавов, за исключением высоколегированных, почти не понижается. При переходе от статических к динамическим испытаниям сопротивление деформации сплавов значительно возрастает.

Алюминиевые сплавы обрабатывают ковкой и штамповкой практически при любых скоростях деформации.

Температурные интервалыковки и штамповки, допустимые скорости и степени деформации алюминиевых сплавов приведены в табл. 36.

Магниеые сплавы

Деформируемые магниевые сплавы наиболее широкое применение находят в виде штампованных заготовок. При штамповке магниевых сплавов применяют главным образом прессованные заготовки в виде прутков. Из сплавов МА2 и МА8 можно штамповать детали простой конфигурации из литой заготовки. При штамповке крупных деталей следует учитывать более высокий по сравнению со ста-

37. Режимковки магниевых сплавов на молотах и прессах

Сплав	Молот		Пресс		Максимально допустимая степень деформации, %	Допустимая степень деформации, %
	Температураковки, °С					
	Начало	Окончание	Начало	Окончание	Молот	Пресс
МА1, МА2, МА8	430	340	420	300	60	80
МА2-1	420	400	50	70	15	
МА5	400	300	390	280	35	60
МА11	410	340	400	300	60	75
						20

38. Температура штамповки магниевых сплавов, °С

Сплав	Штамповка на ковочных прессах		Нагартовка на штамповочных молотах	
	Начало	Окончание	Начало	Окончание
МА1, МА2, МА8	430	320	250	230
МА2-1 МА5	420 400	300	280 —	250 —

39. Температура штамповки магниевых сплавов на гидравлических прессах, °С

Сплав	Штамповка		Нагартовка	
	Начало	Окончание	Начало	Окончание
МА1, МА2, МА8	420	300	250	230
МА2-1, МА5	400	—	280	250
МА11	480	380	—	—

лями и алюминиевыми сплавами температурный коэффициент линейного расширения магниевых сплавов, а также их чувствительность к резким переходам. Типичным для магниевых сплавов является то, что физико-механические свойства в различных направлениях неодинаковы: например, прочность листов из сплава МА8, так же как из алюминиевых сплавов, выше в продольном направлении волокна, чем в поперечном. Прочность листов из сплава МА1, наоборот, выше в поперечном и ниже в продольном направлении волокна.

Пластичность магниевых сплавов значительно зависит от температуры.

Высокая температура окончания деформирования позволяет использовать запас пластичности, но при этом образуется более крупнокристаллическая структура, что снижает уровень механических свойств и уменьшает анизотропию материала.

Учитывая невысокий запас технологической пластичности большинства магниевых сплавов, ковку и штамповку, их рекомендуется производить на гидравлических и кривошипных прессах при пониженной скорости деформации.

Режимыковки магниевых сплавов и допустимые степени деформации приведены в табл. 37; температуры штамповки на штамповочных молотах и ковочных прессах — в табл. 38, температуры штамповки на гидравлических прессах — в табл. 39.

Медные сплавы

Наибольшей пластичностью медь обладает в интервале температур 800—900 °С. При этих температурах медь хорошо поддается ковке, горячей штамповке и прессованию. Установлены оптимальные интервалы температурковки и штамповки: для меди 820—860 °С, латуни Л60 730—820 °С, латуни Л63 750—850 °С, латуни Л68 650—830 °С. Допустимый интервал температур деформации бронзы БрАЖ9-4 находится в пределах 800—900 °С, а ее наиболее высокая пластичность достигается при температуре 850 °С. Учитывая интенсивное охлаждение бронзы при деформации, ковку проводят при температуре 850 °С, а горячую штамповку при 900 °С. По диаграммам рекристаллизации и пластичности штамповку меди и медных сплавов следует производить с обжатиями, превышающими 15 % за каждый ход машины. При штамповке меди и медных сплавов учитывают возрастание сопротивления деформации при обработке закрытыми методами, а также увеличение скорости обработки. Температуры горячего деформирования медных сплавов приведены в табл. 40.

Титановые сплавы

Для получения однородной структуры и механических свойств титановые сплавы обрабатывают с большой суммарной деформацией, что значительно снижает склонность сплавов

40. Температура горячего деформирования медных сплавов, °С

Сплав	Прессование	Сплав	Прессование
Медь М1, М2, М3	775—925	ЛО90-1	850—900
		ЛО70-1	650—750
		ЛО62-1	700—750
Латунь		ЛС60-1	780—820
		ЛС59-1 ЛС59-1В	640—780
Л96 Л90	830—880 820—900	Бронза	
Л68	750—830	БрА5 БрА7	830—880 850—900
ЛА77-2	700—830	БрАМц9-2	750—850
ЛАЖ60-1-1	700—750	БрАЖ9-4	700—850
ЛАН59-3-2	750—850 650—750	БрАЖМц10-3-1,5	830—880
ЛН65-5 ЛЖМц59-1-1	625—700	БрАЖН10-4-4	720—660
ЛМц58-2 ЛМцА57-3-1		БрКМц3-1 БрКН1-3	825—875 850—900

к анизотропии свойств. На анизотропию свойств также оказывает значительное влияние чистота сплавов (насыщение газами, вредными примесями). Установлено, например, что при суммарной деформации 75—80 % и температурековки 800—1000 °С анизотропия механических свойств сплава ВТ1-0 получается наименьшей. Достаточная по величине суммарная деформация обеспечивает увеличение пределов прочности и текучести, характеристик пластичности и однородную структуру. Исходя из диаграмм пластичности и рекристаллизации установлено, что деформация за каждый ход машины при ковке и штамповке должна превышать критические значения, т. е. 15—20 % и более, но не выше 85 %.

Из диаграммы рекристаллизации титанового сплава ВТ3-1 (см. рис. 27) следует, что с повышением температурыковки и штамповки интервал критических деформаций расширяется и максимумы критических деформаций увеличиваются. Таким образом, вы-

сокие температуры приводят к увеличению зерна в поковках и штамповках, что понижает их механические свойства. Поэтому на практике температура началаковки и штамповки двухфазных сплавов не превышает 920—980 °С. При разработке технологических процессовковки и штамповки учитывают степень развития процесса рекристаллизации обработки, охлаждение после деформации и термической обработки, что определяет пластичность, макро- и микроструктуру и механические свойства деформируемых титановых сплавов.

Пластичность, структура и механические свойства титановых сплавов, как и многих других, при ковке и штамповке определяются температурно-скоростными условиями обработки и степенью деформации. Например, при ковке и штамповке молотом рекристаллизация не успевает завершиться, что снижает пластичность. Понижения скорости деформирования достигают применением прессов вместо

41. Температураковки и штамповки титановых сплавов, °С

Сплав	Слиток		Предварительно деформированная заготовка	
	Начало (не более)	Окончание (не менее)	Начало (не более)	Окончание (не менее)
OT4-1	1000	800	950	700
OT4	1020	820	1000	800
OT4	1050	850	1000	850
BT3-1				
BT5	1150	900	1080	800
BT5-1	1100			
BT6	1050	850	980	
BT9	1150	900	1020	850
BT14	1050	850	950	800
BT16	1000	750	900	700

молотов, что оказывает положительное влияние на структуру и пластичность металла.

Штамповку титановых сплавов обычно производят на гидравлических и кривошипных прессах при температуре не выше 950—980 °С. Температурный интервалковки и штамповки титановых сплавов приведен в табл. 41.

4. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ЛИСТОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Неметаллические листовые материалы применяют как конструкционные материалы, а также как прокладочные и электро- и теплоизоляционные. В машиностроении наиболее распространены следующие листовые неметаллические материалы: из древесины, на основе минералов, бумага, картон, фибра, пластмассы, резина и материалы на ее основе, технические текстильные материалы, кожа.

Электроизоляционный картон (ГОСТ 2824—75Е и ГОСТ 4194—83) делят по назначению на картон прокладочный (ГОСТ 9347—74) толщиной от 0,3 до 1,75 мм, картон тарный (ГОСТ 9421—80), картон фильтровальный (ГОСТ 6722—75 и ГОСТ 20358—78), картон термоизоляционный (ГОСТ 20376—74), картон водостойкий обивочный (ГОСТ 6659—83) и др.

Фибра — листовая или в виде труб; изготовляют из бумаги, обработанной раствором хлорида цинка; обладает высокими механическими свойствами, приближаясь к алюминию; хорошо штампуются после размягчения в горячей воде. **Фибра листовая** (ГОСТ 14613—83Е) толщиной от 0,8 до 12 мм; выпускают следующих марок: ФСВ — специальная высокопрочная; ФТ — техническая для деталей машиностроения; ФЭ — электротехническая для изолирования; ФП — подложная для изготовления чемоданов, тары; ФПК — прокладочная кислородостойкая; ФК — козырьчатая для изготовления козырьков к фуражкам; ФКДГ — листовая клееная для изготовления уплотнительных колец к гидравлическим системам прессового оборудования; фибра для шлифовальных дисков (ГОСТ 12456—83).

Гетинакс электрический (ГОСТ 2718—74) — листовый пластик на основе бумаги, предназначен для длительной работы при температурах от —65 до +105 °С; используют при изготовлении печатных схем, в качестве прокладок при напряжении до 1000 В и 50 Гц; выпускают толщиной от 0,4 до 50 мм восьми марок, а также другие виды: гетинакс рабдописитовый ГРТ и ГРВ (ТУ 16-503.151—76) — влагостойкий; гетинакс фольгированный ГФП (ТУ 6-05-127—77) для печатных схем; гетинакс электротехнический штампуемый «Х» (ТУ 16-503.165—77) для работы на воздухе и в условиях повышенной влажности; гетинакс фольгированный самозатухающий (ТУ 16-503.193—79) — для монтажных схем; гетинакс фольгированный самозатухающий ГФС-1-35Г (ТУ 16-503.199—79) — для печатных плат; гетинакс фольгированный общего назначения (ТУ 16-503.195—80) — для печатных плат, работающих в условиях повышенной влажности; асбогети-

накс — материал на основе гексафенольной смолы А-Э, для работы при температуре 130 °С; гетинакс влагостойкий — на основе ацетилированной бумаги.

Пластмассы — материалы на основе природных или синтетических полимеров, содержащие наполнители, пластификаторы, красители, стабилизаторы и другие добавки, придающие пластмассам те или иные свойства характера превращений, происходящих с полимером при формообразовании. Пластмассы делят на *термоактивные* и *термопластичные*. К термоактивным относятся материалы, которые под действием теплоты и давления переходят в твердое неплавкое и нерастворимое состояние; повторный нагрев не способен перевести эти материалы в вязкотекучее состояние. Термопластичные пластмассы при нагреве становятся пластичными и затвердевают при охлаждении, причем этот процесс может повторяться неоднократно. Некоторые виды пластмасс — гетинакс, стеклоткани, древесностроительные, асбестовые еодинения. К листовым пластмассам относятся также следующие материалы: полиэтилен, полипропилен, винилпласт, полистирол, фторопласт, стеклоорганическое, целлулоид, материалы на основе резины и текстильных тканей и др.

Полиэтилен — продукт полимеризации этилена; при низком давлении получают *полиэтилен низкого давления ПЭНД* (ГОСТ 16338—70) высокой плотности; данный термопласт является хорошим диэлектриком с высокой прочностью и хорошей пластичностью. На основе полиэтилена выпускают *пластины фольгированные радиотехнические* (ТУ 6-05-485—78) марки ПФП, состоящие из трех слоев — электролитической фольги, полиэтилена высокой плотности и листа из алюминиевого сплава; применяют для изготовления печатных плат. **Полипропилен** (ТУ 6-05-1105—73) отличается от полиэтилена более высокой температурой плавления, химической стойкостью и водостойкостью. **Полистирол** — ударопрочный листовый хорошо работает в интервале температур от —40 до +60 °С; в зависимости от степени формовки выпускают двух типов: для изготовления крупных изделий с глубокой вытяжкой — формовкой, например, панелей холодильников, ванн, емкостей, а также для неглубоких по-

лостей формовки; толщина листов от 1,4 до 6 мм. **Пенопласт полистирольный** (ГОСТ 15588—70) — мягкий листовый материал; поставляют толщиной 25, 33, 50 и 100 мм, используют как тепло- и звукоизоляционный материал. **Фторопласт-4** (ГОСТ 10007—80Е) и **фторопласт-4Д** (ГОСТ 14906—77) — *политетрафторэтилен* обладает высокими диэлектрическими свойствами, химической стойкостью к агрессивным средам. Ленту из фторопласта-4 прокладочную выпускают толщиной 0,2—3 мм, шириной 40—100 мм. Листы из фторопласта-4Д, армированные фольгированные (ТУ 6-05-164—78) — слоистый материал на основе лакокраски, облицованный с двух сторон электролитической оксидированной фольгой толщиной 0,035 мм; применяют для изготовления печатных плат.

Винилпласт листовый (ГОСТ 9639—71) — *поливинилхлорид*, термопластичный материал, применяют в автомобильной, фотоэлектронной, химической промышленности; выпускают четырех марок толщиной 1—20 мм. На основе поливинилхлорида выпускают следующие композиционные материалы: *пластикат листовый* (ТУ 6-05-1114-75), применяют в качестве прокладочного материала; *пластикат 251* (ТУ 6-05-1121-75) — для изготовления ультрафиолетовых колес; *винилпласт светотехнический* (ТУ 6-01-282—76) — для изготовления осветительной аппаратуры; *винилпласт белый листовый* (ТУ 6-05-1808—77) — для деталей логарифмических линеек; *винилпласт листовый ударопрочный* (ТУ 6-01-1207—79), *винилпласт листовый декоративный и белый*, *винилпласт листовый светозащитный самозатухающий* — для изготовления светофильтров.

Стекло органическое конструкционное (ГОСТ 15809—70Е) используют в приборостроении, агрегатостроении, авиации и других областях, имеет высокую прозрачность и однородность, хорошо пропускает ультрафиолетовые лучи, хорошо штампуются; выпускают следующих марок: СОЛ — *пластифицированное*, СТ-1 — *непластифицированное*, 2-55 — *сополимерное*, толщиной 0,8—24 мм, а также другие виды органического стекла: М-А (ТУ 6-01-1198-79), М-Т (ТУ 6-01-1199-79), СТ-1 (ТУ 6-01-1220—79), *светотехническое*

СБПТЭ (ТУ 6-01-1221—79), СО-200 (ТУ 6-01-1226—80), СД (ТУ 6-01-1230—80), листовое декоративное (ТУ 6-01-1235—80), СОЛ-4 и СТ-4, Т2-55, Э-2.

Целлулоид (ГОСТ 21228—75) — термопласт, предназначен для применения в приборостроении и других отраслях, выпускают в виде листов толщиной 0,3—5 мм.

Резина и материалы на ее основе — полимерные материалы, состоящие из каучука в смеси с различными компонентами, обработанные вулканизацией, их широко используют как прокладочный материал, вместо пружин в штампах, как амортизаторы, как инструмент в обработке металлов эластичной средой. Резину листовую и резинотканевые пластины (ГОСТ 7338—77) выпускают листами толщиной 2—60 мм, шириной 250—3000 мм, рулонами толщиной 0,5—50 мм двух типов: резиновые и резинотканевые. Резина «пищевая» (ГОСТ 17133—83) для изделий, контактирующих с пищевыми продуктами — молочными, жирами, напитками, консервными продуктами. Пластина резиновая трансформаторная (ГОСТ 12855—77) масло- и морозостойкая, толщиной 1—25 мм; предназначена для уплотнений электрооборудования. Эбонит (ГОСТ 2748—77) — продукт вулканизации каучука большим количеством серы, при температуре 65—100 °С переходит в пластическое состояние и хорошо штамуется; выпускают следующих марок: А — для высокой электрической изоляции, В — для общей электроизоляции, В — как подложный материал в виде пластин толщиной 0,8—32 мм. Лента изоляционная прорезиненная (ГОСТ 2162—78), толщиной 0,3 мм, применяют для электроизоляции. Ленты резинотканевые (ГОСТ 20—76) используют в конвейерах. Полиуретан — резиноподобный синтетический плотный материал, обладающий высокой упругостью, износоустойчивостью, бензо- и маслостойкостью; выпускают следующих марок: СКУ-6, СКУ-7Л, СКУ-7-85, СКУ-7-100, СКУ-ПФЛ, СКУ-ПФ-15; применяют для изготовления рабочих частей формовочных штампов, как рабочую эластичную среду в контейнерах, используют вместо пружин в штампах.

Технические текстильные материалы используют как прокладочные, уплот-

нительные, звукопоглощающие и другого назначения. К ним относятся *доместик* (ГОСТ 1104—69) — хлопчатобумажная ткань для прокладок; *двунитки* (ГОСТ 11302—78) — льняная суровая ткань, используется для пылевых шайб железнодорожных вагонов; *миткаль суровый* (ГОСТ 9858—75) используется в качестве противоскрипных прокладок в автомобилестроении. *Войлок технический* делится на три группы: грубошерстный (ГОСТ 6418—81), полугрубошерстный (ГОСТ 6308—71) и тонкошерстный (ГОСТ 288—72), используется для сальников, прокладок, фильтров, изоляции. *Кожзаменители* — нитрокожа (ГОСТ 9236—74), винилискожа обивочная, винилискожа облицовочная — представляют собой ткани, покрытые с одной или с обеих сторон пленками.

Текстолит конструкционный (ГОСТ 5—78) — слоистый прессованный материал, состоящий из нескольких слоев хлопчатобумажной ткани, пропитанной термореактивными смолами; используют для тормозных и фрикционных деталей, хороший теплоизоляционный материал; выпускают следующих марок: ПТМ — толщиной 20—70 мм; ПТМ-1 — 1—15 мм; ПТК-С — 30—50 мм; ПТГ-1 — 4 мм; *текстолит конструкционный* ПТ-Н (ТУ 6-05-1900—81) на основе нетканого нитропрошивного материала, применяют для технических деталей; *текстолит ЛТ-1* применяют в высоковольтных аппаратах *Асботекстолит конструкционный* (ГОСТ 5—78) на основе асбестовых тканей, применяют для изготовления фрикционных устройств, прокладок и теплоизоляции, выпускают марок: А, Б, Г, толщиной 5—110 мм. *Стеклотекстолит конструкционный* (ГОСТ 10292—74) — слоистый материал на основе смол и стеклянных конструкционных тканей; изготавливают марки: ВФТ-С с повышенной тепло- и влагостойкостью; КАСТ-В, КАСТ-Р, КАСТ — конструкционный и изоляционный материал с толщиной листов 0,5—90 мм, существуют и другие марки.

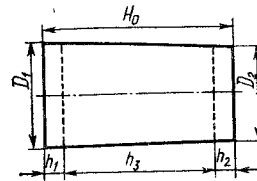
Кожа техническая (ГОСТ 20836—75), используют для манжет, прокладок, уплотнителей и другого назначения, толщина 2,5—6 мм. *Замша* (ГОСТ 3717—70) используют для прокладок, фильтров, толщина 0,4—1,5 мм.

Глава 2 ЗАГОТОВКИ ДЛЯ КОВКИ И ШТАМПОВКИ

1. СТАЛЬНЫЕ СЛИТКИ. СОРТАМЕНТ. СЛИТКИ ЭШП, ВДП И ДРУГИЕ

1. Параметры слитков электрошлакового переплава (ПО «Ижорский завод» им. А. А. Жданова)

слитка полная	Масса, т				Размеры, мм					
	годной части	донной обреси (не менее)	головной обреси (не менее)	головой обреси (не менее)	D_1	D_2	H_0	h_1	h_2	h_3
18,0	15,3	0,9	1,8	1130	1020	2550	120	280	2150	
30,0	25,5	1,5	3,0	1320	1210	3050	150	330	2570	
40,0	34,0	2,0	4,0	1530	1420	3000	150	320	2530	
60,0	49,8	3,0	7,2	1680	1560	3750	180	470	3100	



2. Параметры слитков вакуумно-дугового переплава (ПО «Ижорский завод» им. А. А. Жданова)

Масса, т					Размеры, мм					
слитка после отливки	слитка после обдирки	годной части слитка	головной обреси	донной обреси	Диаметр слитка		Длина			
					после отливки	после обдирки	слитка полная	годной части	головной обреси	донной обреси
10,0	8,8	7,5	0,65	0,65	620	580	4250	3610	320	320
15,7	14,2	12,0	1,10	1,10	780	740	4200	3560	320	320
29,2	26,5	22,5	2,00	2,00	975	930	5000	4260	370	370
37,0	34,0	29,0	2,50	2,50	1095	1050	5000	4260	370	370
41,0	37,5	30,0	3,75	3,75	1310	1250	3900	3120	390	390
42,0	38,5	31,0	3,75	3,75	1310	1250	4000	3220	390	390
43,0	39,5	32,0	3,75	3,75	1310	1250	4100	3320	390	390

3. Параметры кузнечных слитков (УЗТМ)

СЛИТКА ПОКЛАНЯ	Масса, т		Размеры, мм										СКС				
	Годной части	Прибыльной ча. СН	Донной части		Годной части слитка					прибыли				Донной части			
			Н ₂	Н ₁	h ₂	D _{ср}	D _{в сечении}		D ₁	D ₂	H ₁	d ₁		d ₂	H ₃	H ₀	f
1,8	1,283	0,468	772	238	428	511	558	544	477	479	540	333	380	180	150	1255	15
2,1	1,77	0,256	1550	—	—	441	475	390	—	335	405	350	380	188	210	2110	10
3,35	2,685	0,551	1276	—	—	588	602	550	—	425	580	390	490	221	240	1906	18
3,9	3,21	0,556	1950	—	—	521	580	445	—	506	570	355	435	218	270	2575	16
4,3	3,433	0,700	1340	—	—	648	660	606	—	472	640	410	580	308	225	1975	20
4,9	3,91	0,823	1405	—	—	676	686	630	—	492	666	422	580	308	225	2052	25
5,0	3,640	1,235	1074	333	592	736	787	769	676	691	770	430	607	285	167	1671	25
6,5	5,057	1,140	1540	—	—	737	750	688	—	487	730	570	650	352	285	2395	25
7,0	5,11	1,715	1187	355	665	830	895	875	765	819	875	465	690	260	164	1816	22
7,6	6,032	1,265	1630	—	—	783	790	740	—	565	770	490	650	352	285	2405	25
8,75	7,065	1,382	1672	—	—	836	860	776	—	609	830	492	650	352	285	2449	25
9,5	7,01	2,25	1324	393	745	922	990	967	854	890	966	500	762	350	187	2011	25
10,3	8,26	1,6	1592	—	—	926	940	876	—	655	820	550	880	430	330	2492	25
11,8	9,54	1,82	1870	—	—	920	940	865	—	628	820	640	880	430	350	2860	25
13,5	9,95	3,23	1515	448	845	1025	1113	1088	954	770	950	815	770	335	235	2565	30

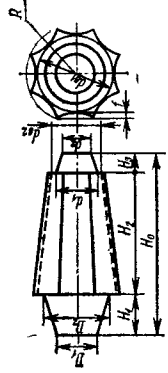
14,0	11,215	2,345	1912	—	—	984	1008	924	—	696	943	650	80	430	350	2912	26
17,5	13,708	3,212	2095	—	—	1040	1060	980	—	722	1025	768	910	410	350	3213	28
19,0	15,208	3,212	2325	—	—	1040	1060	980	—	722	1025	768	910	410	350	3443	28
22,0	17,32	3,89	2285	—	—	1119	1140	1060	—	816	1105	826	1010	475	395	3506	28
23,5 *	17,31	5,4	1920	—	—	1238	1338	1110	—	911	1185	915	1010	475	395	3230	20
25,0	19,9	4,31	2420	680	1740	1172	1170	1170	1092	844	1003	960	1010	475	395	3775	30
25,0	19,95	4,26	2204	—	—	1224	1246	1158	—	786	1064	925	1010	475	395	3524	30
27,5	22,45	4,26	2455	—	—	1229	1256	1158	—	786	1064	925	1010	475	395	3775	30
28,5 *	20,853	6,724	1995	—	—	1332	1434	1200	—	1005	1290	950	1100	450	460	3405	20
29,5	24,14	4,57	2485	715	1770	1273	1260	1260	1225	805	1090	945	1010	475	395	3825	30
31,5	25,69	4,887	2650	715	1935	1272	1260	1260	1222	782	1090	1025	1100	450	460	4080	0
31,5	25,69	4,887	2430	—	—	1322	1347	1250	—	878	1148	900	1100	450	460	3790	32
34,0 *	24,868	8,031	2120	—	—	1411	1521	1273	—	1076	1375	997	1188	480	480	3597	20
34,5	28,23	5,347	2650	—	—	1326	1356	1250	—	848	1148	1000	1100	450	460	4110	32
37,5 *	27,021	9,270	2185	—	—	1451	1560	1310	—	1075	1410	1117	1270	520	520	3822	22,5
39,0	31,85	6,049	2720	770	1950	1397	1392	1392	1314	884	1196	1040	1188	480	480	4280	34
42,5	34,54	6,859	2600	285	2315	1501	1500	1500	1400	962	1262	1000	1188	480	480	4080	36
43,0 **	31,331	10,46	2395	—	—	1497	1626	1340	—	1091	1466	1250	1270	520	520	4165	20
46,0	37,66	7,131	2824	514	2310	1501	1500	1500	1400	934	1262	1100	1270	520	520	4444	36
50,0	40,8	7,991	3046	736	2310	1501	1500	1500	1400	960	1300	1130	1270	520	520	4696	36
51,0 *	37,35	12,2	2435	—	—	1620	1750	1455	—	1253	1600	1106	1415	458	560	4101	25
56,0	45,87	8,68	3046	521	2525	1597	1600	1600	1478	996	1350	1175	1415	458	560	4889	38
61,0	49,47	10,08	3270	745	2525	1597	1600	1600	1478	1040	1400	1200	1415	458	560	5030	38
67,5	55,16	10,46	3220	600	2620	1702	1705	1705	1580	1060	1436	1250	1400	445	630	5100	40
79,0	61,97	14,73	3280	325	2955	1796	1800	1800	1670	1370	1620	1250	1550	470	665	5170	40
79,0 *	61,97	15,05	3369	714	2655	1826	1920	1870	1558	1352	1720	1226	1520	500	560	5155	30
89,0	70,47	16,23	3700	740	2960	1796	1800	1800	1670	1340	1620	1400	1550	470	665	5765	40
89,0 *	70,47	16,55	3741	1086	2655	1833	1946	1870	1558	1285	1720	1450	1520	500	560	5751	30
104,0	82,28	18,72	3856	876	2980	1897	1900	1900	1760	1240	1720	1600	1650	470	775	6231	44
104,0 **	82,28	18,72	3884	—	—	1909	2020	1748	—	1396	1832	1453	1650	470	775	6087	35
120,0	94,44	22,02	4018	758	3260	1992	1990	1990	1860	1527	1815	1440	1750	585	820	6278	46
120,0 **	94,44	22,02	3884	—	—	2049	2160	1888	—	1571	1985	1410	1750	585	820	6114	46
137,0	108,84	23,96	4232	872	3360	2103	2100	2100	1970	1444	1890	1640	1900	690	710	6582	50
142,0	113,84	23,96	4380	1020	3360	2103	2100	2100	1970	1444	1890	1640	1900	690	710	6730	50

Примечание. Разливка слитков массой 23 500 кг и более осуществляется под вакуумом.

* — 12 граней, ** — 16 граней, остальные слитки — 8 граней.

4. Характеристика и размеры восьмигранных слитков (НКМЗ)

Слитка Полная	Масса, т				Размеры, мм												Кондуктор на две сто- Почк, %	
	Слитка Частя	Слитка Обычная	Линейн Часть	Линейн Часть	Годной части слитка				Прибыльной части				Донной части					R
					d _{в1} *	d _{в2} *	d _{ср} *	H ₂	D ₁	D ₂	H ₁	d ₁	d ₂	H ₃	H ₀	f		
1,6	1,27	0,275	0,055	435	355	395	1280	270	360	395	355	200	125	1800	18	18	6,28	
2,0	1,61	0,319	0,071	470	395	433	1380	340	390	380	395	250	125	1885	18	18	5,44	
2,5	2,063	0,35	0,087	520	435	477,5	1485	367	430	420	435	250	125	2030	20	20	5,72	
3,0	2,503	0,41	0,087	545	450	497,5	1640	400	465	450	450	250	125	2245	18	18	5,8	
3,5	2,9	0,5	0,1	570	474	522	1760	420	308	425	474	250	130	2315	18	18	5,46	
4,0	3,4	0,6	0,1	620	500	560	1730	470	540	460	500	250	125	2315	16	22	7,0	
4,5	3,531	0,864	0,105	670	600	635	1395	508	600	480	600	250	125	2000	20	20	5,02	
5,0	3,852	0,978	0,17	694	618	656	1430	470	616	480	590	300	200	2110	22	22	5,32	
6,0	4,15	0,745	0,105	648	518	583	1965	485	560	470	510	250	170	2605	20	20	6,64	
6,0	4,662	1,168	0,17	740	662	701	1560	495	680	540	590	300	200	2300	22	22	5,0	
7,5	5,8	1,443	0,257	880	775	827,5	1375	625	820	500	670	315	230	2106	24	24	7,6	
8,0	6,282	1,461	0,257	820	736	778	1645	565	760	600	670	355	230	2475	24	24	5,1	
9,0	7,02	1,545	0,435	890	820	855	1565	630	830	520	790	355	295	2380	26	26	4,92	
10,0	7,78	1,785	0,435	890	820	855	1725	620	830	600	790	355	295	2620	26	26	4,92	
10,3	7,8	2,243	0,257	985	880	932,5	1465	737	905	590	670	315	230	2285	26	26	7,2	
11,2	8,672	2,098	0,435	890	820	855	1900	620	830	710	790	355	295	2905	26	26	4,92	
13,3	10,373	2,492	0,435	940	864	902	2020	687	880	790	790	355	295	3105	26	26	5,2	
15,6	12,474	2,691	0,435	1005	925	965	2140	720	945	830	900	450	290	3260	26	26	5,12	
19,2	15,085	3,525	0,590	1070	980	1025	2340	805	1010	910	900	450	290	3540	28	28	5,48	
21,0	16,38	3,915	0,705	1150	1060	1105	2170	860	1080	745	1020	520	300	3330	28	28	5,3	
23,0	18,066	4,23	0,705	1150	1060	1105	2380	805	1080	860	1020	520	300	3425	28	28	5,3	
25,5	20,017	4,778	0,705	1200	1116	1158	2400	855	1130	860	1020	520	300	3560	30	30	4,4	
27,6	21,674	5,221	0,705	1200	1116	1158	2585	825	1130	950	1020	520	300	3835	30	30	4,4	
30,0	23,4	5,6	1,0	1265	1165	1215	2570	895	1195	1000	1020	520	300	3870	32	30	5,0	
32,0	25,05	5,95	1,0	1265	1165	1215	2715	895	1195	1000	1020	520	300	4015	32	32	5,0	
34,0	26,86	6,14	1,0	1330	1225	1277,5	2610	972	1260	900	1140	550	320	3830	32	32	4,9	
36,0	28,47	6,53	1,0	1330	1225	1277,5	2760	960	1260	940	1140	550	320	4020	32	32	4,9	
39,0	30,615	6,925	1,46	1400	1290	1345	2732	1049	1330	880	1270	650	380	3992	34	34	4,88	
41,5	32,88	7,16	1,46	1400	1290	1345	2935	1030	1330	935	1270	650	380	4250	34	34	4,88	
45,0	35,28	8,26	1,46	1500	1400	1450	2670	1140	1430	930	1270	650	380	3980	36	34	4,32	
47,0	36,8	8,74	1,46	1500	1400	1450	2780	1115	1430	980	1270	650	380	4140	36	34	4,32	
51,6	40,86	9,28	1,46	1500	1400	1450	3060	1090	1430	1065	1270	650	380	4505	36	34	4,32	
57,0	44,5	10,6	1,9	1600	1478	1539	3020	1185	1530	1085	1450	720	405	4510	38	36	4,84	
63,0	49,37	11,73	1,9	1600	1478	1539	3360	1169	1530	1130	1450	720	405	4895	38	36	4,84	
68,0	53,5	12,6	1,9	1705	1580	1642,5	3155	1315	1635	1010	1450	720	405	4570	40	38	4,76	
74,8	60,3	12,6	1,9	1705	1580	1642,5	3520	1315	1635	1010	1450	720	405	4935	40	38	4,76	
82,0	63,6	15,6	2,8	1800	1670	1735	3470	1370	1730	1120	1640	820	450	5040	40	38	4,4	
87,0	68,13	16,07	2,8	1800	1670	1735	3670	1360	1730	1160	1640	820	450	5280	40	38	4,4	
104,0	81,43	19,77	2,8	1900	1760	1830	3900	1410	1830	1310	1640	820	450	5660	44	38	4,7	
120,0	94,33	21,77	3,9	1990	1860	1925	4150	1495	1920	1330	1820	840	550	6030	46	38	4,0	
132,0	103,0	25,1	3,9	2100	1970	2036	4020	1560	2030	1380	1820	840	550	5950	50	38	3,82	
170,0	134,805	31,295	3,9	2226	2078	2152	4700	1670	2156	1510	1820	840	550	6760	54	38	4,06	



Примечание. Слитки массой 25,5—87 т отливает обычным методом и под вакуумом; слитки массой 104 т и выше — только под вакуумом.

* Линейные размеры указаны по изложнице.

5. Параметры слитков плазменно-дугового переплава
(электрометаллургический завод «Электросталь» им. И. Ф. Тевосяна)

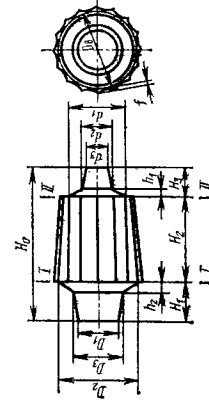
Масса, кг					Размеры, мм					
слитка отливки	слитка обдирки	годной части слитка	головной обре- зи	донной обрези	Диаметр слитка		Длина			
					после от- ливки	после об- дирки	слитка полная	годной части	головной обрези	донной обрези
135	112	93	11,2	7,8	148	135	1000	830	100	70
376	341	283,1	34,1	23,8	247	235	1000	830	100	70

6. Параметры слитков электронно-лучевой плавки
(электрометаллургический завод «Электросталь» им. И. Ф. Тевосяна)

Масса, кг					Размеры, мм					
слитка отливки	слитка обдирки	годной части слитка	головной обре- зи	донной обрези	Диаметр слитка		Длина			
					после от- ливки	после об- дирки	слитка полная	годной части	головной обрези	донной обрези
451	392	320,2	39,2	32,6	247	230	1200	980	120	100
1040	932	761,2	93,2	77,6	375	355	1200	980	120	100

7. Слитки, отливаемые в вакууме, с соотношением высоты к диаметру, равным единице
(ПО «Ижорский завод» им. А. А. Жданова)

Масса, т		Размеры, мм															
		донной ча- сти			прибыльной ча- сти			годной ча- сти слитка в сечении		донной ча- сти		прибыльной ча- сти		годной ча- сти слитка в сечении			
слитка пол- ная	донной ча- сти	прибыльной ча- сти	донной ча- сти	донной ча- сти	прибыльной ча- сти	прибыльной ча- сти	прибыльной ча- сти	донной ча- сти	годной ча- сти	годной ча- сти	годной ча- сти	годной ча- сти	годной ча- сти	годной ча- сти	годной ча- сти	годной ча- сти	
H_0	f	d_1	d_2	d_3	h_1	H_1	h_2	D_1	D_2	D_3	H_2	$I-I$	$II-II$	H_2	$I-I$	$II-II$	H_2
60,6	42,2	42,2	60,18	36,1	95,97	36,1	95,97	142,0	87,0	136,5	142,0	2700	2700	2700	2700	2700	2700
87,0	60,18	60,18	87,0	58,0	136,5	58,0	136,5	180,0	136,5	215,5	180,0	2300	2300	2300	2300	2300	2300
136,5	95,97	95,97	136,5	85,0	215,5	85,0	215,5	261,0	215,5	261,0	261,0	2700	2700	2700	2700	2700	2700
142,0	95,97	95,97	142,0	90,0	215,5	90,0	215,5	261,0	215,5	261,0	261,0	2700	2700	2700	2700	2700	2700
25	3930	225	490	710	490	1390	490	1110	1830	1300	2050	1710	2030	2030	2030	2030	2050
30	4230	255	580	760	530	1450	530	1435	2155	1645	2200	1940	2300	2300	2300	2300	2200
30	4850	275	600	835	730	1720	730	1595	2610	1800	2530	2300	2700	2700	2700	2700	2530
30	5825	490	1575	730	730	1720	730	1595	2610	1800	2530	2300	2700	2700	2700	2700	2530



Примечания: 1. Размеры слитков даны по размерам изложниц с учетом недолива металла и усадки в период кристаллизации (приблизительно 1,5%).
2. Длина прибылей может колебаться в пределах ±10%.
3. Количество граней — 16.

8. Роторные слитки, отливаемые в вакууме (ПО «Ижорский завод» им. А. А. Жданова)

Масса, т	Годной части			Годной части слитка			Размеры, мм						вязкость			
	полная	примычная часть	донной части	в сечении			приближенной части			донной части				H ₀		
				I-I	II-II	III-III	D ₁	D ₂	D ₃	H ₁	h ₂	d ₁			d ₂	d ₃
34,5 *	25,368	8,031	1,101	1500	1250	2135	1105	1385	1020	1085	670	570	520	205	3675	20
37,5 *	27,021	9,27	1,209	1530	1290	2150	1150	1440	1000	1250	590	510	520	235	3670	22,5
51,0 *	37,35	12,2	1,45	1720	1430	2400	1420	1700	1100	1395	715	450	550	115	4050	25
65,3 *	45,5	17,9	1,9	1830	1510	2650	1410	1675	1320	1330	690	540	570	180	4540	30
180 **	119,66	50,5	9,84	2760	2360	3000	1720	2550	1905	1990	995	1130	810	375	5800	35
205 **	144,66	50,5	9,84	2760	2360	3560	1720	2550	1905	1990	995	1130	810	375	6360	35
235 **	174,66	50,5	9,84	2760	2360	4200	1720	2550	1905	1990	995	1130	810	375	7000	35
300 **	190	90	20	3370	2930	3180	1950	3150	2220	2480	885	1080	1670	500	7330	35

Примечания: 1. Размеры слитков даны по размерам изложниц с учетом усадки в период кристаллизации (приблизительно 1,5 %).

2. Длина приближи может колебаться в пределах ±10 %.

* — 12 граней, ** — 16 граней.

2. СОРТОВОЙ ПРОКАТ.
СОСТАМЕНТ РАЗЛИЧНЫХ
ВИДОВ ПРОКАТА9. Сталь ковкая круглая
и квадратная, мм (ГОСТ 1133—71)

Диаметр или сторона квадрата	Предельные отклонения
40, 42, 45, 48, 50	+2,0
52, 55, 58, 60, 63, 65, 68, 70	+2,5
73, 75, 78, 80, 83, 85	+3,0
90, 95, 100, 105	+3,5
110, 115	+4,0
120, 125, 130, 135, 140, 145	+4,5
150	+5,0
155, 160, 165	+6,0
170, 175, 180	+7,0
185, 190, 195, 200	+8,0

1. Овальность (разность между наибольшим и наименьшим диаметрами в одном сечении) круглой стали и ромбичность (разность между диагоналями в одном сечении) квадратной стали не должны превышать 0,6 предельного отклонения по диаметру или стороне квадрата.

2. Прутки поставляют длиной не менее 1,5 м при диаметре круга или стороне квадрата до 50 мм; 1,0 м — св. 50 до 75 мм; 0,75 м — св. 75 мм.

3. Предельные отклонения по длине прутков мерной длины и длины, кратной мерной, не должны превышать +70 мм для прутков диаметром или со стороной квадрата от 40 до 80 мм; +100 мм — св. 80 до 150 мм; +150 мм — св. 150 мм.

4. Квадратная сталь поставляется с острыми кромками. Допускается поставка квадратной стали с притупленными кромками; притупление не должно превышать 0,15 стороны квадрата.

5. Кривизна прутка не должна превышать 0,5 % длины.

Примеры условных обозначений стали круглой марки У10 диаметром 40 мм:

Круг $\frac{40 \text{ ГОСТ } 1133-71}{У10 \text{ ГОСТ } 1435-74}$

квадратной марки У12 со стороной квадрата 60 мм:

Квадрат $\frac{60 \text{ ГОСТ } 1133-71}{У12 \text{ ГОСТ } 1435-74}$

10. Сталь горячекатаная
квадратная, мм (ГОСТ 2591—71)

Сторона квадрата а	Предельные отклонения при точности прокатки		
	высокой	повышенной	обычной
5, 6, 7, 8, 9	+0,1 -0,2	+0,2 -0,5	
10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19	+0,1 -0,3	+0,1 -0,5	+0,3 -0,5
20, 21, 22, 23, 24, 25	+0,2 -0,3	+0,2 -0,5	+0,4 -0,5
26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 45, 46, 48	+0,2 -0,5	+0,2 -0,7	+0,4 -0,7
50, 52, 55, 58	+0,2 -0,8	+0,2 -1,0	+0,4 -1,0
60, 63, 65, 70, 75	+0,3 -0,9	+0,3 -1,1	+0,5 -1,1
80, 85, 90, 93, 95	+0,3 -1,1	+0,3 -1,3	+0,5 -1,3
100, 105, 110, 115	—	+0,4 -1,7	+0,6 -1,7
120, 125, 130, 135, 140, 145, 150	—	+0,6 -2,0	+0,8 -2,0
160, 170, 180, 190, 200	—	—	+0,9 -2,5

Примечание. По требованию потребителя допускается изготовление квадратной стали промежуточных размеров.

1. По точности прокатки сталь изготавливают высокой точности — А, повышенной точности — Б; обычной точности — В.

Продолжение табл. 10

2. По требованию потребителя квадратная сталь поставляется со следующими отклонениями, мм:	
Сторона квадрата	Предельные отклонения, не более
От 5 до 9	+0,5
» 10 » 19	+0,6
» 20 » 25	+0,8
» 26 » 31	+0,9
» 32 и выше	Суммы предельных отклонений для стали обычной точности прокатки (см. выше)
3. По требованию потребителя квадратная сталь должна поставляться следующих размеров, мм:	
Сторона квадрата	Диагональ
75±0,8	93±1,1
85±1,0	97±1,1
85±1,0	102±1,1
105±1,4	121±2,0
115±1,4	136±2,0
120±1,4	141±2,0
127±1,7	166±2,4
154±2,0	182±3,0
180±2,5	204±3,5
200±5,0	230±7,0
4. Разность диагоналей в одном сечении не должна превышать:	
а) стали со стороной квадрата до 20 мм вкл. — удвоенной суммы предельных отклонений по стороне квадрата;	
б) стали со стороной квадрата св. 20 мм — суммы предельных отклонений по стороне квадрата.	
5. Квадратная сталь поставляется в прутках. По соглашению сторон допускается поставлять сталь размером до 14 мм включительно в мотках.	

Продолжение табл. 10

6. Прутки поставляются длиной от 3 до 10 м — из углеродистой обыкновенного качества и низколегированной стали; от 2 до 6 м — из качественной углеродистой и легированной стали; от 1,5 до 6 м — из высоколегированной стали. Допускается изготовление прутков длиной до 12 м и ограниченной длины в пределах немерной.
7. Предельные отклонения по длине прутков мерной длины и кратной ей не должны превышать +30 мм для прутков длиной до 4 м вкл.; +50 мм — св. 4 до 6 м вкл.; +70 мм — св. 6 м.
8. Прутки должны быть с острыми углами. Допускается притупление углов стали со стороной квадрата до 12 мм радиусом не более 0,6 мм; св. 12 до 20 мм — 1 мм; св. 20 до 30 мм — 1,5 мм; св. 30 до 50 мм — 2,5 мм. Прутки со стороной квадрата св. 50 мм должны быть с углами, закругленными радиусом, не превышающим 0,15 стороны квадрата.
9. Кривизна прутка не должна превышать 0,5 % длины. По требованию потребителя должны поставляться прутки, кривизна которых не превышает 0,2 % длины.
10. Допускаемая косина реза не должна превышать: при стороне квадрата до 30 мм — 0,1а; св. 30 мм — 5 мм.

11. Заготовка стальной квадратная горячекатаная, мм (ГОСТ 4693—77)

Сторона квадрата	Радиус закругления углов	Предельные отклонения по стороне квадрата
40, 45, 50	7	±1,2
55, 60, 65, 70	9	±1,6
75, 80, 85, 90	12	±2,0

Продолжение табл. 11

Сторона квадрата	Радиус закругления углов	Предельные отклонения по стороне квадрата		
		h10	h11	h12
95, 100, 105	15	±2,4		
110, 115, 120, 125	18	±2,7		
130, 140, 150	21	±3,2		
160, 170, 180	25	±3,9		
190, 200	30	±4,5		
210, 220, 240, 250	35	±5,2		
1. Вогнутость или выпуклость граней заготовки, а также разность двух любых сторон не должна превышать половины суммы предельных отклонений по стороне квадрата.				
2. Заготовки изготавливают из углеродистой стали обыкновенного качества длиной 2—12 м и из качественной стали длиной 1—12 м.				
3. Предельные отклонения по длине заготовки мерной длины и кратной ей, не должны превышать +30 мм при длине заготовок до 4 м; +50 мм — св. 4 до 6 м; +70 мм — св. 6 м.				
4. Заготовки должны быть обрезаны. Косина реза не должна превышать 6 мм при стороне квадрата до 100 мм; 8 мм — св. 100 мм.				
Пример условного обозначения квадратной заготовки из стали марки 45 со стороной квадрата 150 мм:				
Заготовка квадратная 150 ГОСТ 4693—77 45 ГОСТ 11880—78				

12. Сталь калиброванная квадратная, мм (ГОСТ 8559—75)

Сторона квадрата, мм	Предельные отклонения при поле допуска			
	h10	h11	h12	
3,0	-0,04	-0,06	-0,10	
3,2; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6	-0,048	-0,75	-0,12	
6,3; 7; 8; 9; 10	-0,058	-0,09	-0,15	
11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18	-0,07	-0,11	-0,18	
19; 20; 21; 22; 24; 25; 26; 27; 28; 30	-0,084	-0,13	-0,21	
32; 34; 36; 38; 40; 41; 42; 45; 46; 48; 50	-0,100	-0,160	-0,25	
53; 55; 56; 60; 63; 65	-0,120	-0,190	-0,300	
70; 75; 80	—	-0,190	-0,300	
85; 90; 95; 100	—	-0,220	-0,350	
Предельная кривизна прутков в зависимости от поля допуска				
Сторона квадрата, мм	На 1 м длины, мм		На полную длину, %	
	h10 и h11	h12	h10 и h11	h12
До 25	2	3	0,2	0,3
Св. 25 до 50	1	2	0,1	0,2
Св. 50	1	1	0,1	0,1
1. Квадратную сталь изготавливают в прутках, по требованию потребителя — в мотках.				

Продолжение табл. 12

2. Прутки изготовляют длиной 2—6,5 м. По требованию потребителя прутки изготовляют больших длин.

3. Предельные отклонения по длине прутков мерной длины и кратной ей, не должны превышать +30 мм при длине прутков до 4 м; +50 мм — св. 4 м.

4. Допустимая косина реза не должна превышать 0,17 стороны квадрата при стороне квадрата до 16 мм; 3 мм — св. 16 до 30 мм; 5 мм — св. 30 мм.

5. Кривизна прутков в зависимости от поля допуска на 1 м длины составит: для квадрата со стороной до 25 мм — 2 мм для h_{10} и h_{11} ; 3 мм для h_{12} ; для квадрата св. 25 до 50 мм — 1 мм для h_{10} и h_{11} ; 2 мм для h_{12} ; для квадрата св. 50 мм — 1 мм для h_{10} , h_{11} и h_{12} .

6. Видимое скручивание прутка вокруг продольной оси не допускается.

13. Сталь горячекатаная круглая, мм (ГОСТ 2590—71)

Диаметр	Предельные отклонения при точности прокатки		
	высокой	повышенной	обычной
5; 5,5; 6; 6,3; 6,5; 7; 8; 9;	+0,1	+0,2	+0,3
10; 11; 12; 13;	+0,1	+0,1	
14; 15; 16; 17; 18; 19	-0,3	-0,5	-0,5
20; 21; 22; 23;	+0,2	+0,2	+0,4
24; 25;	-0,3	-0,5	-0,5
26; 27; 28; 29;	+0,2	+0,2	+0,4
30; 31; 32; 33;	-0,5	-0,7	-0,7
34; 35; 36; 37;			
38; 39; 40; 41;			
42; 43; 44; 45;			
46; 47; 48			

Продолжение табл. 13

Диаметр	Предельные отклонения при точности прокатки		
	высокой	повышенной	обычной
50; 52; 53; 54;	+0,2	+0,2	+0,4
55; 56; 58	-0,8	-1,0	-1,0
60; 62; 63; 65;	+0,3	+0,3	+0,5
67; 68; 70; 72;	-0,9	-1,1	-1,1
75; 78			
80; 82; 85; 90;	+0,3	+0,3	+0,5
95	-1,1	-1,3	-1,3
100; 105; 110;	—	+0,4	+0,6
115	—	-1,7	-1,7
120; 125; 130;	—	+6,6	+0,8
135; 140; 150	—	-2,0	-2,0
160; 170; 180;	—	—	+0,9
190; 200	—	—	-2,5
210; 220; 230;	—	—	+1,2
240; 250	—	—	-3,0

Примечания: Для стали диаметром 5—9 мм, поставляемой в мотках с линейных проволочных станков, допускается отклонение по диаметру в пределах $\pm 0,5$ мм.

По требованию потребителя допускается изготовление круглой стали промежуточных размеров.

1. По точности прокатки сталь изготовляют высокой точности — А, повышенной точности — Б; обычной точности — В.

2. По требованию потребителя круглую сталь поставляют со следующими отклонениями:

Диаметр	Предельное отклонение, не более
5—9	+0,5
10—19	+0,6
20—25	+0,8
26—31	+0,9
32 и выше	Суммы предельных отклонений для стали обычной точности прокатки (см. выше)

Продолжение табл. 13

3. Овальность прутка не должна превышать 0,5 суммы предельных отклонений по диаметру. Допускается поставка прутков из инструментальной легированной и быстрорежущей стали с овальностью, не превышающей 0,6 суммы предельных отклонений по диаметру.

4. Сталь диаметром до 9 мм поставляют в мотках, св. 9 мм — в прутках. По соглашению сторон в мотках допускается поставлять сталь диаметром более 9 мм, в прутках — диаметром менее 9 мм.

5. Прутки поставляют длиной от 3 до 10 м из углеродистой обыкновенного качества и низколегированной стали; от 2 до 6 м из качественной углеродистой и легированной стали; от 1,5 до 6 м из высоколегированной стали.

6. Качественную углеродистую, легированную и высоколегированную сталь для изготовления мелких изделий допускается поставлять длиной не менее 0,5 м.

14. Сталь калиброванная круглая, мм (ГОСТ 7417—75)

Диаметр	Предельные отклонения для стали классов точности			
	3	3а	4	5
3,0	-0,020	-0,040	-0,060	-0,12
3,1; 3,2; 3,3; 3,4; 3,5; 3,6; 3,7; 3,8; 3,9;	-0,025	-0,048	-0,080	-0,160
4,0; 4,1; 4,2; 4,4; 4,5; 4,6; 4,8; 4,9; 5,0;				
5,2; 5,3; 5,5; 5,6; 5,8; 6,0				
6,1; 6,3; 6,5; 6,7; 6,9; 7,0; 7,1; 7,3; 7,5;	-0,030	-0,058	-0,100	-0,200
7,7; 7,8; 8,0; 8,2; 8,5; 8,8; 9,0; 9,2; 9,3;				
9,5; 9,8; 10,0				
10,2; 10,5; 10,8; 11,0; 11,2; 11,5; 11,8;	-0,035	-0,070	-0,120	-0,240
12,0; 12,2; 12,5; 12,8; 13,0; 13,2; 13,5;				
13,8; 14,0; 14,2; 14,5; 14,8; 15,0; 15,2;				
15,5; 15,8; 16,0; 16,2; 16,5; 16,8; 17,0;				
17,2; 17,5; 17,6; 17,8; 18,0				
18,5; 19,0; 19,5; 20,0; 20,5; 21,0; 21,5;	-0,045	-0,084	-0,140	-0,280
22,0; 23,0; 24,0; 25,0; 26,0; 27,0; 28,0;				
29,0; 30,0				
31,0; 32,0; 33,0; 34,0; 35,0; 36,0; 37,0;	-0,050	-0,100	-0,170	-0,340
38,0; 39,0; 40,0; 41,0; 42,0; 44,0; 45,0;				
46,0; 48,0; 49,0; 50,0				

Продолжение табл. 13

7. Предельные отклонения по длине прутков мерной длины и кратной ей, не должны превышать +30 мм для прутков длиной до 4 м вкл.; +50 мм для прутков длиной св. 4 до 6 м вкл.; +70 мм для прутков длиной св. 6 м.

8. Кривизна прутка не должна превышать 0,5 % длины. По требованию потребителя должны поставляться прутки с кривизной, не превышающей 0,2 % длины.

9. Допускаемая кривизна реза не должна превышать 0,1 диаметра для прутков диаметром до 30 мм и 5 мм для прутков диаметром св. 30 мм.

10. При изготовлении прутков немерной длины допускается наличие прутков длиной не менее 2 м из углеродистой обыкновенного качества и низколегированной стали и не менее 1 м из качественной углеродистой, легированной и высоколегированной стали в количестве не более 10 % массы партии.

Продолжение табл. 14

Диаметр	Предельные отклонения для стали классов точности					
	3	3а	4	8		
52,0; 53,0; 55,0; 56,0; 58,0; 60,0; 61,0; 62,0; 63,0; 65,0 67,0; 69,0; 70,0; 71,0; 73,0; 75,0; 78,0; 80,0 82,0; 85,0; 88,0; 90,0; 92,0; 95,0; 98,0; 100,0	-0,060	-0,120	-0,200	-0,400		
	—	—	-0,200	-0,400		
	—	—	-0,230	-0,400		
<p>Примечания: Калиброванная сталь, предназначенная для холодной высадки, с техническими требованиями по ГОСТ 10702—78, кроме размеров, предусмотренных табл. 14, должна поставляться следующих размеров (диаметров), мм: 4,35; 4,42; 4,70; 5,27; 5,70; 7,27; 7,4; 8,94; 9,10; 9,65; 10,72; 11,1; 11,6; 12,56; 12,9; 13,6; 14,56; 14,9; 15,6; 16,24; 16,9; 18,24; 18,9; 19,55; 20,24; 21,55; 21,9; 22,55; 22,8; 23,55; 24,9; 25,2; 25,55; 26,55; 27,4; 27,58; 28,55; 29,55; 33,25; 33,9; 34,6; 35,55; 38,93; 39,9; 44,6; 45,89.</p> <p>По заказу потребителя может поставляться калиброванная сталь размеров, не указанных в табл. 14. Предельные отклонения в этом случае должны соответствовать нормам, установленным для размеров ближайшего большего диаметра.</p>						
Кривизна прутков в зависимости от класса точности						
Диаметр, мм	Предельная кривизна					
	на 1 м длины, мм			на полную длину, %		
	3	3а и 4	5	3	3а и 4	5
До 25	1,00	2,00	3,00	0,10	0,20	0,30
Св. 25 до 50	0,75	1,00	2,00	0,075	0,10	0,20
Св. 50	0,50	1,00	1,00	0,050	0,10	0,10
<p>По согласованию изготовителя с потребителем величина предельной кривизны может быть уменьшена.</p> <p>1. Овальность сечения не должна превышать предельных отклонений по диаметру, указанных в табл. 14. По требованию потребителя должна изготавливаться сталь, у которой овальность не превышает половины предельного отклонения по диаметру.</p> <p>2. Сталь диаметром 5 мм и выше должна изготавливаться в прутках, диаметром менее 5 мм — в прутках по согласованию изготовителя с потребителем. По требованию потребителя сталь диаметром до 25 мм включительно должна изготавливаться в мотках.</p> <p>3. Прутки поставляются длиной 2—6,5 м из качественной углеродистой, автоматной, низколегированной и легированной стали и 1,5—6,5 м — из высоколегированной стали. По согласованию изготовителя с потребителем допускается изготавливать прутки больших длин.</p> <p>4. Предельные отклонения по длине прутков мерной длины и кратной ей не должны превышать +30 мм — при длине прутков до 4 м и +50 мм — при длине прутков св. 4 м.</p> <p>5. Допустимая косина реза не должна превышать 0,2 диаметра для прутков диаметром до 15 мм; 3 мм — св. 15 до 30 мм; 5 мм — св. 30 мм.</p> <p>Пример условного обозначения калиброванной стали марки 45, диаметром 10 мм, класса точности 4, качества поверхности группы В по ГОСТ 1051—73:</p>						
<i>Круг</i> $\frac{10-4 \text{ ГОСТ } 7417-75}{45-В \text{ ГОСТ } 1051-73}$						

15. Сталь качественная круглая со специальной отделкой поверхности (ГОСТ 14955—77)

Диаметр стали	Предельные отклонения по диаметру для стали классов точности			
	1	2	2а	3
0,2; 0,25; 0,3	—	-0,005	-0,008	-0,013
0,35; 0,4; 0,45; 0,5; 0,55; 0,6	—	-0,006	-0,010	-0,015
0,65; 0,7; 0,75; 0,8; 0,85; 0,9; 0,95	—	-0,007	-0,012	-0,018
1,0; 1,05; 1,1; 1,15; 1,2; 1,25; 1,3; 1,35; 1,4; 1,45; 1,5; 1,55; 1,6; 1,65; 1,7; 1,75; 1,8; 1,85; 1,9; 1,95; 2,0; 2,05; 2,1; 2,15; 2,2; 2,25; 2,3; 2,35; 2,4; 2,45; 2,5; 2,55; 2,6; 2,65; 2,7; 2,75; 2,8; 2,85; 2,9; 2,95; 3,0	-0,005	-0,010	-0,014	-0,020
3,1; 3,2; 3,3; 3,4; 3,5; 3,6; 3,7; 3,8; 3,9; 4,0; 4,1; 4,2; 4,3; 4,4; 4,5; 4,6; 4,7; 4,8; 4,9; 5,0; 5,1; 5,2; 5,3; 5,4; 5,5; 5,6; 5,7; 5,8; 5,9; 6,0	-0,005	-0,013	-0,018	-0,025
6,1; 6,2; 6,3; 6,4; 6,5; 6,6; 6,7; 6,8; 6,9; 7,0; 7,1; 7,2; 7,3; 7,4; 7,5; 7,6; 7,7; 7,8; 7,9; 8,0; 8,1; 8,2; 8,3; 8,4; 8,5; 8,6; 8,7; 8,8; 8,9; 9,0; 9,1; 9,2; 9,3; 9,4; 9,5; 9,6; 9,7; 9,8; 9,9; 10,0	—	-0,016	-0,022	-0,030
10,25; 10,5; 10,75; 11,0; 11,25; 11,5; 11,75; 12,0; 12,25; 12,5; 12,75; 13,0; 13,25; 13,5; 13,75; 14,0; 14,5; 15,0; 15,5; 16,0; 16,5; 17,0; 18,0	—	-0,023	-0,027	-0,035
18,5; 19,0; 19,5; 20,0; 21,0; 22,0; 23,0; 24,0; 25,0; 26,0; 27,0; 28,0; 29,0; 30,0	—	—	-0,033	-0,045
31,0; 32,0; 33,0; 34,0; 35,0; 36,0; 37,0; 38,0; 39,0; 40,0; 41,0; 42,0; 43,0; 44,0; 45,0; 46,0; 47,0; 48,0; 49,0; 50,0	—	—	—	-0,050
Диаметр стали	Предельные отклонения по диаметру для стали классов точности			
	3а	4	5	
0,2; 0,25; 0,3	-0,020	—	—	
0,35; 0,4; 0,45; 0,5; 0,55; 0,6	-0,025	—	—	
0,65; 0,7; 0,75; 0,8; 0,85; 0,9; 0,95	-0,030	—	—	

Продолжение табл. 15

Диаметр стали	Предельные отклонения по диаметру для стали классов точности		
	3а	4	5
1,0; 1,05; 1,1; 1,15; 1,2; 1,25; 1,3; 1,35; 1,4; 1,45; 1,5; 1,55; 1,6; 1,65; 1,7; 1,75; 1,8; 1,85; 1,9; 1,95; 2,0; 2,05; 2,1; 2,15; 2,2; 2,25; 2,3; 2,35; 2,4; 2,45; 2,5; 2,55; 2,6; 2,65; 2,7; 2,75; 2,8; 2,85; 2,9; 2,95; 3,0	-0,040	-0,060	—
3,1; 3,2; 3,3; 3,4; 3,5; 3,6; 3,7; 3,8; 3,9; 4,0; 4,1; 4,2; 4,3; 4,4; 4,5; 4,6; 4,7; 4,8; 4,9; 5,0; 5,1; 5,2; 5,3; 5,4; 5,5; 5,6; 5,7; 5,8; 5,9; 6,0	-0,048	-0,080	-0,160
6,1; 6,2; 6,3; 6,4; 6,5; 6,6; 6,7; 6,8; 6,9; 7,0; 7,1; 7,2; 7,3; 7,4; 7,5; 7,6; 7,7; 7,8; 7,9; 8,0; 8,1; 8,2; 8,3; 8,4; 8,5; 8,6; 8,7; 8,8; 8,9; 9,0; 9,1; 9,2; 9,3; 9,4; 9,5; 9,6; 9,7; 9,8; 9,9; 10,0	-0,058	-0,100	-0,200
10,25; 10,5; 10,75; 11,0; 11,25; 11,5; 11,75; 12,0; 12,25; 12,5; 12,75; 13,0; 13,25; 13,5; 13,75; 14,0; 14,5; 15,0; 15,5; 16,0; 16,5; 17,0; 18,0	-0,070	-0,120	-0,240
18,5; 19,0; 19,5; 20,0; 21,0; 22,0; 23,0; 24,0; 25,0; 26,0; 27,0; 28,0; 29,0; 30,0	-0,084	-0,140	-0,280
31,0; 32,0; 33,0; 34,0; 35,0; 36,0; 37,0; 38,0; 39,0; 40,0; 41,0; 42,0; 43,0; 44,0; 45,0; 46,0; 47,0; 48,0; 49,0; 50,0	-0,100	-0,170	-0,340
<p>Примечания: По требованию потребителя допускается изготавливать сталь промежуточных диаметров с предельными отклонениями по ближайшему меньшему диаметру.</p> <p>Сталь 1, 2-и 2а классов точности изготавливают по соглашению изготовителя с потребителем.</p>			
<p>Примечание. Сталь подразделяют по качеству отделки поверхности на группы: А — $Ra \leq 0,32$; Б — $Ra \leq 0,63$; В — $Ra \leq 1,25$; Г — $Ra \leq 2,5$; Д — допускаются отдельные дефекты механического происхождения, максимальная глубина залегания которых не превышает предельное отклонение по диаметру; Е — допускаются продольные риски глубиной, не превышающей половины предельного отклонения по диаметру;</p> <p>по точности изготовления на классы: 1, 2, 2а, 3, 3а, 4, 5;</p> <p>по виду продукции — на прутки, мотки;</p> <p>по состоянию материала — на термически обработанную — Т и нагартованную — Н.</p>			

Продолжение табл. 15

Рекомендуемые размеры и виды продукции в зависимости от группы отделки поверхности

Группа отделки поверхности стали	Диаметр, мм	Вид продукции
А, Б, В	0,6—5,0	Прутки
	Св. 5,0 до 2,0	Прутки, мотки
Г	2,0—5,0 20—50	Прутки
	Св. 5,0 до 20	Прутки, мотки
Д	5,0—20,0	Прутки
	Св. 20 до 50	
Е	0,2—0,4	Прутки, мотки, катушки
	0,4—0,6	
	Св. 0,6 до 0,95	
<p>1. Овальность стали не должна превышать половины предельного отклонения по диаметру.</p> <p>2. По требованию потребителя огранка сечения (отклонение от профиля круга) стали диаметром до 2 мм включительно не должна превышать половины предельного отклонения по диаметру, а для диаметров более 2 мм — предельного отклонения по диаметру.</p> <p>3. Прутки изготавливают следующей длины: немерные: 0,7—1 м при диаметре 0,2—0,6 мм вкл.; 1,0—1,5 м — св. 0,6 до 2,0 мм вкл.; 1,5—2,0 м — св. 2,0 до 3,0 мм вкл.; 1,9—3,5 м — св. 3,0 до 9,0 мм вкл.; 1,9—4,0 м — св. 9,0 мм;</p> <p>мерной длины или кратные ей с предельными отклонениями по длине +50 мм.</p> <p>4. По соглашению изготовителя с потребителем сталь диаметром 10 мм и более изготавливают в прутках длиной до 6 м вкл.</p> <p>5. Местная кривизна прутков диаметром до 30 мм вкл. не должна превышать на 1 м длины 0,5 мм, а для прутков диаметром св. 30 мм для групп: Г — 0,8 мм и Д — 1,0 мм.</p> <p>Примеры условных обозначений. Сталь диаметром 5 мм, в прутках, группы В, 3-го класса точности, термически обработанная марки 20Х: <i>Пруток 5—В—3—Т—20Х ГОСТ 14955—77</i></p> <p>То же, в мотках, нагартованная: <i>Моток 5—В—3—Н—20Х ГОСТ 14955—77</i></p> <p>Сталь диаметром 10 мм, в прутках, группы Б, 2а класса точности, термически обработанная марки У8: <i>Пруток 10—Б—2а—Т—У8 ГОСТ 14955—77</i></p>		

Продолжение табл. 16

Предельные отклонения по ширине и толщине полос (мм) общего назначения и полос для горячей штамповки гаек

Толщина полосы	Предельные отклонения по толщине полосы		Ширина полосы	Предельные отклонения по ширине полосы	
	повышенной точности	нормальной точности		повышенной точности	нормальной точности
4—6	+0,2 —0,3	+0,3 —0,5	11—60	+0,3 —0,9	+0,5 —1,0
			63; 65	+0,3 —1,1	+0,5 —1,3
Св. 6 до 16	+0,2 —0,4	+0,2 —0,5	70; 75	+0,3 —1,3	+0,5 —1,4
			80; 85	+0,5 —1,4	+0,7 —1,6
» 16 » 25	+0,2 —0,6	+0,2 —0,8	90; 95	+0,6 —1,6	+0,9 —1,8
			100; 105	+0,7 —1,8	+1,0 —2,0
» 25 » 32	+0,2 —0,7	+0,2 —1,2	110	+0,8 —2,0	+1,0 —2,2
			120; 125	+0,9 —2,2	+1,1 —2,4
36; 40	+0,2 —1,0	+0,2 —1,6	130—150	+1,0 —2,4	+1,2 —2,8
			Св. 150 до 180	+1,2 —2,5	+1,4 —3,2
45; 50	+0,2 —1,5	+0,3 —2,0	» 180 » 200	+1,4 —2,8	+1,7 —4,0
			Св. 50 до 60	+0,2 —1,8	+0,3 —2,4

1. По точности прокатки полосы изготавливают повышенной точности — А, нормальной точности — Б.

2. Полосы изготавливают длиной от 3 до 10 м — из углеродистой стали обыкновенного качества, низколегированной и фосфористой; от 2 до 6 м — из углеродистой качественной и легированной стали; по требованию потребителя — до 12 м.

Продолжение табл. 16

3. Предельные отклонения по длине полос мерной длины и кратной ей, не должны превышать +30 мм для полос длиной до 4 м, +50 мм — св. 4 до 6 м, +70 мм — для полос длиной св. 6 м, +200 мм — для полос, получаемых со штрипсовых станов.

Предельные отклонения по толщине и ширине * полос (мм) для холодной штамповки гаек

Толщина полосы	Предельные отклонения по толщине полосы
5	±0,2
От 6 до 12	±0,3
14; 16	+0,3 —0,4
18	±0,4

* При ширине полосы 11—36 мм предельные отклонения по ширине ±0,4.

4. По соглашению изготовителя с потребителем полосы изготавливают в рулонах.

5. Притупление углов полос не должно превышать 0,2 толщины, но не более 3 мм.

6. Серповидность полосы не должна превышать 0,2 % длины — для полос класса 1 и 0,5 % длины — для полос класса 2. По соглашению изготовителя с потребителем допускается изготавливать полосы с серповидностью до 0,8 % любой измеряемой длины.

Примеры условных обозначений. Полоса для холодной штамповки гаек нормальной точности прокатки Б, с серповидностью по классу 2, толщиной 10 мм и шириной 22 мм из стали марки СтЗкп:

Полоса $\frac{\text{Ш—Б—2 } 10 \times 22 \text{ ГОСТ } 103-76}{\text{СтЗ кп ГОСТ } 6422-76}$

То же, повышенной точности прокатки А, с серповидностью по классу 1, толщиной 10 мм и шириной 22 мм, из стали марки 09Г2:

Полоса $\frac{\text{А—1 } 10 \times 22 \text{ ГОСТ } 103-76}{\text{09Г2 ГОСТ } 535-79}$

Примечание. При маркировке полос для холодной штамповки гаек в условном обозначении дополнительно указывается буква Ш.

17. Сталь полосовая горячекатаная и кованая инструментальная, мм (ГОСТ 4405—75)

Размеры сечения полосы (s×b)	Предельные отклонения (плюсовые) горячекатаной полосы		Размеры сечения полосы (s×b)	Предельные отклонения (плюсовые) кованой полосы	
	по толщине	по ширине		по толщине	по ширине
3×12	0,4	0,8	6×50	0,5	2,0
3×20	0,4	1,0	6×60	0,5	2,2
3×25	0,4	1,3	6×65	0,5	2,6
3×30	0,4	1,3	7×12	0,5	0,8
4×10	0,4	0,8	7×14	0,5	0,8
4×12	0,4	0,8	7×18	0,5	1,0
4×14	0,4	0,8	7×30	0,5	1,3
4×15	0,4	0,8	7×35	0,5	1,8
4×16	0,4	1,0	7×40	0,5	1,8
4×18	0,4	1,0	8×12	0,5	0,8
4×20	0,4	1,0	8×14	0,5	0,8
4×25	0,4	1,3	8×16	0,5	1,0
4×30	0,4	1,3	8×18	0,5	1,0
4×35	0,4	1,8	8×20	0,5	1,0
4×40	0,4	1,8	8×22	0,5	1,0
4×45	0,4	1,8	8×25	0,5	1,3
5×10	0,5	0,8	8×27	0,5	1,3
5×12	0,5	0,8	8×30	0,5	1,3
5×14	0,5	0,8	8×35	0,5	1,8
5×15	0,5	0,8	8×40	0,5	1,8
5×16	0,5	1,0	8×45	0,5	1,8
5×20	0,5	1,0	8×50	0,5	2,0
5×25	0,5	1,3	8×60	0,5	2,2
5×30	0,5	1,3	8×65	0,5	2,6
5×35	0,5	1,8	8×80	0,5	2,8
5×40	0,5	1,8	8×100	0,5	3,0
5×45	0,5	1,8	8×120	0,5	3,5
6×10	0,5	0,8	9×25	0,5	1,3
6×12	0,5	0,8	9×30	0,5	1,3
6×14	0,5	0,8	10×14	0,6	0,8
6×16	0,5	1,0	10×16	0,6	1,0
6×18	0,5	1,0	10×18	0,6	1,0
6×20	0,5	1,0	10×20	0,6	1,0
6×22	0,5	1,0	10×25	0,6	1,3
6×25	0,5	1,3	10×30	0,6	1,3
6×28	0,5	1,3	10×35	0,6	1,8
6×30	0,5	1,3	10×40	0,6	1,8
6×35	0,5	1,8	10×45	0,6	1,8
6×40	0,5	1,8	10×50	0,6	2,0
6×45	0,5	1,8	10×60	0,6	2,2

Продолжение табл. 17

Размеры сечения полосы (s×b)	Предельные отклонения (плюсовые) горячекатаной полосы		Размеры сечения полосы (s×b)	Предельные отклонения (плюсовые) кованой полосы	
	по толщине	по ширине		по толщине	по ширине
10×65	0,6	2,6	15×22	0,7	1,0
10×80	0,6	2,8	15×40	0,7	1,8
10×90	0,6	3,0	16×20	0,8	1,0
10×100	0,6	3,2	16×22	0,8	1,0
10×120	0,6	3,5	16×25	0,8	1,3
10×140	0,6	4,0	16×30	0,8	1,3
10×160	0,6	4,5	16×32	0,8	1,8
12×16	0,6	1,0	16×35	0,8	1,8
12×20	0,6	1,0	16×38	0,8	1,8
12×22	0,6	1,0	16×40	0,8	1,8
12×25	0,6	1,3	16×45	0,8	2,0
12×28	0,6	1,3	16×50	0,8	2,0
12×30	0,6	1,3	16×60	0,8	2,2
12×35	0,6	1,8	16×65	0,8	2,6
12×40	0,6	1,8	16×80	0,8	2,8
12×45	0,6	2,0	16×100	0,8	3,2
12×50	0,6	2,0	16×130	0,8	3,7
12×60	0,6	2,2	16×160	0,8	4,5
12×65	0,6	2,6	18×22	0,8	1,0
12×75	0,6	2,8	18×25	0,8	1,3
12×90	0,6	3,0	18×27	0,8	1,3
12×100	0,6	3,2	18×30	0,8	1,3
12×120	0,6	3,5	18×34	0,8	1,8
12×140	0,6	4,0	18×35	0,8	1,8
12×160	0,6	4,5	18×42	0,8	1,8
14×16	0,6	1,0	18×60	0,8	2,2
14×20	0,6	1,0	20×22	0,8	1,3
14×22	0,6	1,0	20×25	0,8	1,3
14×25	0,6	1,3	20×30	0,8	1,3
14×30	0,6	1,3	20×32	0,8	1,8
14×35	0,6	1,8	20×35	0,8	1,8
14×40	0,6	1,8	20×38	0,8	1,8

Продолжение табл. 17

Размеры сечения полосы (s×b)	Предельные отклонения (плюсовые) полосы			
	горячекатаной		кованой	
	по толщине	по ширине	по толщине	по ширине
20×40	0,8	1,8	1,3	2,0
20×45	0,8	2,0	1,3	2,3
20×47	0,8	2,0	1,3	2,5
20×50	0,8	2,0	1,3	2,5
20×60	0,8	2,2	1,3	3,0
20×70	0,8	2,6	1,3	3,5
20×80	0,8	2,8	1,3	4,0
20×90	0,8	3,0	1,3	4,0
20×100	0,8	3,2	1,3	4,0
20×120	0,8	3,5	—	—
20×160	0,8	4,5	—	—
20×180	0,8	4,8	—	—
22×30	1,0	1,3	—	—
22×35	1,0	1,3	—	—
22×45	1,0	1,8	1,3	2,0
22×50	1,0	2,0	1,3	2,5
24×45	1,0	2,0	1,3	2,3
24×65	—	—	1,3	3,5
25×30	1,0	1,3	—	—
25×35	1,0	1,8	—	—
25×38	1,0	1,8	—	—
25×40	1,0	1,8	—	—
25×50	1,0	2,0	1,5	2,5
25×55	1,0	2,0	—	—
25×60	1,0	2,2	1,5	3,0
25×75	—	—	1,5	3,5
25×80	—	—	1,5	4,0
25×85	—	—	1,5	4,0
25×100	—	—	1,5	4,0
25×110	—	—	1,5	4,0
25×135	1,0	4,0	—	—
25×100	1,0	4,5	—	—
25×200	1,0	5,0	—	—
30×35	1,2	1,8	—	—
30×40	1,2	1,8	1,8	2,0
30×45	1,2	2,0	1,8	2,3
30×50	1,2	2,0	1,8	2,5
30×60	—	—	1,8	3,0
30×90	—	—	1,8	4,0
30×95	—	—	1,8	4,0

Продолжение табл. 17

Размеры сечения полосы (s×b)	Предельные отклонения (плюсовые) полосы			
	горячекатаной		кованой	
	по толщине	по ширине	по толщине	по ширине
30×100	—	—	1,8	4,0
30×110	—	—	1,8	4,0
30×120	—	—	1,8	5,0
30×125	—	—	1,8	5,0
30×130	—	—	1,8	5,0
30×150	—	—	1,8	6,0
30×170	1,2	4,5	—	—
30×180	1,2	4,8	—	—
30×200	1,2	5,0	—	—
32×160	—	—	1,8	7,0
35×50	—	—	2,0	2,5
35×55	—	—	2,0	2,7
35×60	—	—	2,0	3,0
35×65	—	—	2,0	3,5
35×70	—	—	2,0	3,5
35×75	—	—	2,0	3,5
35×80	—	—	2,0	4,0
35×120	—	—	2,0	5,0
35×145	—	—	2,0	6,0
40×60	—	—	2,0	3,0
40×80	—	—	2,0	4,0
40×100	—	—	2,0	4,0
40×120	—	—	2,0	5,0
40×160	—	—	2,0	7,0
40×200	—	—	2,0	8,0
40×210	1,8	5,0	—	—
40×300	1,8	7,0	—	—
45×80	—	—	2,1	4,0
45×90	—	—	2,1	4,0
50×100	—	—	2,5	4,0
50×150	—	—	2,5	6,0
50×160	—	—	2,5	7,0
50×175	—	—	2,5	7,0
50×200	—	—	2,5	8,0
50×250	—	—	2,5	8,0
55×80	—	—	3,0	4,0
60×80	—	—	4,0	4,0
60×90	—	—	4,0	4,0
60×120	—	—	4,0	5,0
60×150	—	—	4,0	6,0

Продолжение табл. 17

Размеры сечения полосы (s × b)	Предельные отклонения (плюсовые) полосы			
	горячекатаной		кованой	
	по толщине	по ширине	по толщине	по ширине
60×180	—	—	4,0	8,0
60×240	—	—	4,0	12,0
60×300	—	—	4,0	15,0
75×100	—	—	5,0	5,0
75×125	—	—	5,0	6,0
75×150	—	—	5,0	7,0
75×200	—	—	5,0	10,0
75×250	—	—	5,0	12,0
75×300	—	—	5,0	15,0
80×300	—	—	5,0	15,0

Примечания: Допускается выпуклость (бочкообразность) или вогнутость узких граней. Выпуклость не должна выводить полосу по ширине за предельное отклонение, а вогнутость — за пределы номинального размера.
По согласованию потребителя с изготовителем могут изготавливаться полосы других размеров.

Длина выпускаемой полосовой инструментальной стали, м

Сталь	Горячекатаная	Кованая, не менее
Углеродистая и легированная	2,0—6,0	1,5/1,0
Быстрорежущая	1,5—6,0	1,5/1,0

Примечание. В числителе даны значения длин при ширине до 50 мм, в знаменателе — св. 50 мм.

Продолжение табл. 17

Предельные отклонения (мм) по длине полос мерной длины и кратной ей

Длина полосы, м	Горячекатаная	Кованая
До 4	+30	+100
Св. 4 до 6	+50	—50
» 6	+70	—

1. Полосы должны быть с острыми кромками. Допускается притупление кромок, не превышающее 0,15 толщины.

2. Серповидность полосы не должна превышать 0,5 % длины. По согласованию потребителя с изготовителем может быть изготовлена полоса с меньшей серповидностью.

3. Отклонение от плоскостности полосы не должно превышать 0,5 % длины. По заказу потребителя должна изготавливаться полоса с отклонением от плоскостности, не превышающим 0,2 % длины.

4. Ромбовидность полосы не должна превышать предельных отклонений на ширину.

Пример условного обозначения полосовой стали марки P18, толщиной 14 мм, шириной 40 мм:

Полоса $\frac{14 \times 40 \text{ ГОСТ } 4405-75}{P18 \text{ ГОСТ } 19265-73}$

18. Сталь горячекатаная шестигранная (ГОСТ 2879—69)

Продолжение табл. 18

Диаметр <i>a</i> вписанного круга, мм	Предельные отклонения по размеру <i>a</i> , мм, при точности прокатки	
	обычной	повышенной
8; 9	+0,3 —0,5	+0,1 —0,3
10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19		+0,2 —0,3
20; 21; 22; 24; 25	+0,4 —0,5	+0,2 —0,4
26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48	+0,4 —0,7	+0,2 —0,6
50; 52; 55	+0,4 —1,0	+0,2 —0,9
60; 63; 65; 70; 75	+0,5 —1,1	+0,3 —1,0
80; 85; 90; 95	+0,5 —1,3	+0,4 —1,2
100	+0,6 —1,7	+0,5 —1,5

Примечания: По требованию потребителя допускается поставка шестигранной стали следующих размеров: 23, 27, 29, 41, 43, 44, 46, 53, 56, 57 и 67 мм с предельными отклонениями, указанными в таблице по ближайшему меньшему размеру.
По согласованию сторон шестигранная сталь поставляется размером более 100 мм.
По согласованию изготовителя с потребителем прутки размером до 20 мм изготавливают в мотках.

1. Настоящий стандарт распространяется на углеродистую, легированную и высоколегированную сталь шестигранного сечения.

2. По длине шестигранная сталь поставляется немерной длины в пределах 2—6 м; мерной длины до 6 м; длины, кратной мерной.

3. Предельные отклонения по длине для шестигранной стали мерной или длины, кратной мерной, не должны превышать +30 мм при длине до 4 м; +50 мм — при длине 4—6 м; +70 мм — при длине св. 6 м.

4. Разность между гранями проката в одном и том же сечении не должна превышать 75 % суммы предельных отклонений.

5. Притупление углов шестигранной стали не должно превышать: 1,0 мм — для $a = 8 \div 14$ мм; 1,5 мм — для $a = 15 \div 25$ мм; 2,0 мм — для $a = 26 \div 55$ мм; 3,0 мм — для $a = 60$ мм и выше.

6. Местная кривизна прутков из шестигранной стали не должна превышать 5 мм на 1 м длины; общая кривизна не должна превышать произведения предельной местной кривизны 1 м длины на длину прутка в метрах. По согласованию сторон могут поставляться прутки, кривизна которых не превышает 2 мм на 1 м длины.

7. Пруток шестигранной стали должен быть отрезан под прямым углом.

8. Скручивание прутка шестигранной стали вокруг продольной оси не допускается.

19. Сталь калиброванная шестигранная (ГОСТ 8560—78; СТ СЭВ 3617—82)

Диаметр a вписанного круга (размер «под ключ»), мм	Предельные отклонения (мм) в зависимости от поля допуска			Площадь поперечного сечения, мм ²	Линейная плотность, кг/м
	h_{10}	h_{11}	h_{12}		
3,0	-0,040	-0,060	-0,100	7,79	0,061
3,2	-0,048	-0,075	-0,120	8,87	0,07
3,5				10,61	0,083
4,0				13,86	0,109
4,5				17,54	0,138
5,0				21,65	0,170
5,5				26,20	0,206
6,0				31,8	0,245
6,5	-0,058	-0,090	-0,150	36,59	0,287
7,0				42,44	0,333
8,0				55,43	0,435
9,0				70,15	0,551
10,0				86,60	0,680
11,0	-0,070	-0,110	-0,180	104,8	0,823
12,0				124,7	0,979
13,0				146,4	1,150
14,0				169,7	1,330
15,0				194,9	1,530
16,0				221,7	1,740
17,0				250,3	1,960
18,0				280,6	2,200
19,0	-0,084	-0,130	-0,210	312,6	2,450
20,0				346,4	2,720
20,8				374,7	2,940
21,0				381,9	3,000
22,0				419,2	3,290
24,0				498,8	3,920
25,0				541,3	4,250
26,0				585,4	4,600
27,0				631,3	4,960
28,0				679,0	5,330
30,0				779,4	6,120
32,0	-0,100	-0,160	-0,250	886,8	6,96
34,0				1001,0	7,86
36,0				1122,0	8,81
38,0				1251,0	9,82
40,0				1386,0	10,88
41,0				1456,0	11,40
42,0				1527,0	11,99
45,0				1754,0	13,77
46,0				1833,0	14,40

Продолжение табл. 19

Диаметр a вписанного круга (размер «под ключ»), мм	Предельное отклонение (мм) в зависимости от поля допуска			Площадь поперечного сечения, мм ²	Линейная плотность, кг/м
	h_{10}	h_{11}	h_{12}		
48,0	-0,100	-0,160	-0,250	2000,0	15,66
50,0				2165,0	17,00
53,0	-0,120	-0,190	-0,300	2433,0	19,1
55,0				2620,0	20,6
56,0				2715,0	21,3
60,0				3118,0	24,5
63,0				3437,0	27,0
65,0				3659,0	28,7
70,0	-	-0,190	-0,300	4244,0	33,3
75,0				4871,0	38,2
80,0				5542,0	43,5
85,0	-	-0,220	-0,350	6257,0	49,1
90,0				7015,0	55,1
95,0				7816,0	61,4
100,0				8660,0	68,0

Примечания: По требованию потребителя калиброванную сталь изготовляют других размеров, не указанных в таблице. Предельные отклонения в этом случае должны соответствовать нормам, установленным для ближайшего большего диаметра.
Сталь с полем допуска h_{12} изготовляют до 1 января 1986 г.
Плотность стали принята равной 7,85 г/см³.

Предельная кривизна в зависимости от поля допуска

Размер прутков, мм	На 1 м длины, мм		На полную длину, %	
	h_{10} и h_{11}	h_{12}	h_{10} и h_{11}	h_{12}
До 25	2	3	0,2	0,3
Св. 25 до 50	1	2	0,1	0,2
» 50	1	1	0,1	0,1

1. Шестигранную сталь изготовляют в прутках. По требованию потребителя сталь изготовляют в мотках.

2. Прутки изготовляют длиной от 2 до 6,5 м. По требованию потребителя прутки изготовляют больших длин.

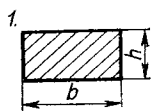
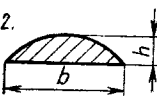
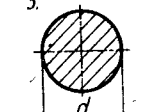
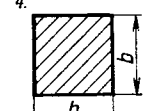
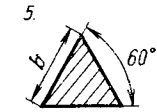
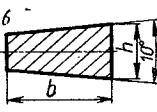
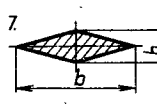
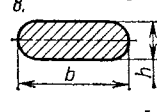
3. Предельные отклонения по длине прутков мерной длины и кратной ей не должны превышать: +30 мм — при длине прутков до 4 м; +50 мм — св. 4 м.

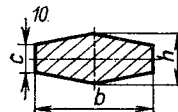
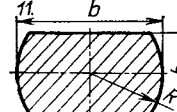
4. Скручивание прутков на 1 м длины не должно превышать 3°. По требованию потребителя видимое скручивание прутков вокруг продольной оси не допускается.

5. Рез прутка должен быть под прямым углом к его продольной оси. Допускаемая косина реза не должна превышать: 0,17а — при размере прутков до 16 мм; 3 мм — св. 16 до 30 мм; 5 мм — св. 30 мм.

6. Радиус r закругления кромок не должен превышать 0,5 мм для прутков $a \leq 25$ мм. Для прутков размером $a > 25$ мм для 1-й категории $r \leq 0,5$ мм, для 2-й категории $r \leq 1,0$ мм.

20. Сталь прокатная для напильников, рашпелей, зубил и крейцмейселей
(ГОСТ 5210—82)

Номер профиля и размеры поперечного сечения, мм																											
	<table border="1"> <tr> <td>b</td><td>12</td><td>12,5</td><td>16</td><td>21</td><td>25</td><td>30</td><td>34</td><td>35</td><td>39</td><td>39</td><td>44</td><td>48</td> </tr> <tr> <td>h</td><td>3</td><td>3,5</td><td>4</td><td>5</td><td>6,5</td><td>7</td><td>7,5</td><td>7,5</td><td>8</td><td>9</td><td>9</td><td>10</td> </tr> </table>	b	12	12,5	16	21	25	30	34	35	39	39	44	48	h	3	3,5	4	5	6,5	7	7,5	7,5	8	9	9	10
b	12	12,5	16	21	25	30	34	35	39	39	44	48															
h	3	3,5	4	5	6,5	7	7,5	7,5	8	9	9	10															
	<table border="1"> <tr> <td>b</td><td>11</td><td>11</td><td>12,5</td><td>16</td><td>21</td><td>25</td><td>30</td><td>35</td><td>40</td><td>45</td> </tr> <tr> <td>h</td><td>4</td><td>5,5</td><td>4</td><td>4,5</td><td>6</td><td>7</td><td>8,5</td><td>10</td><td>11</td><td>13</td> </tr> </table>	b	11	11	12,5	16	21	25	30	35	40	45	h	4	5,5	4	4,5	6	7	8,5	10	11	13				
b	11	11	12,5	16	21	25	30	35	40	45																	
h	4	5,5	4	4,5	6	7	8,5	10	11	13																	
	<table border="1"> <tr> <td>d</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7,5</td><td>8</td><td>10</td><td>12</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>18</td> </tr> </table>	d	4	5	6	7,5	8	10	12	14	15	16	18														
d	4	5	6	7,5	8	10	12	14	15	16	18																
	<table border="1"> <tr> <td>b</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>8</td><td>10</td><td>12</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>18</td> </tr> </table>	b	4	5	6	8	10	12	14	15	16	18															
b	4	5	6	8	10	12	14	15	16	18																	
	<table border="1"> <tr> <td>b</td><td>7,5</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>15</td><td>18</td><td>21</td><td>24</td><td>27</td> </tr> </table>	b	7,5	8	9	10	11	12	13	15	18	21	24	27													
b	7,5	8	9	10	11	12	13	15	18	21	24	27															
	<table border="1"> <tr> <td>b</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>18</td><td>22</td><td>27</td><td>33</td> </tr> <tr> <td>h</td><td>3</td><td>5</td><td>3,5</td><td>4</td><td>5</td><td>6,5</td><td>7,5</td> </tr> </table>	b	13	14	15	18	22	27	33	h	3	5	3,5	4	5	6,5	7,5										
b	13	14	15	18	22	27	33																				
h	3	5	3,5	4	5	6,5	7,5																				
	<table border="1"> <tr> <td>b</td><td>12,5</td><td>16</td><td>19</td><td>25</td><td>32</td> </tr> <tr> <td>h</td><td>3,25</td><td>4</td><td>5</td><td>6,5</td><td>8</td> </tr> </table>	b	12,5	16	19	25	32	h	3,25	4	5	6,5	8														
b	12,5	16	19	25	32																						
h	3,25	4	5	6,5	8																						
	<table border="1"> <tr> <td>b</td><td>18</td> </tr> <tr> <td>h</td><td>3</td> </tr> </table>	b	18	h	3																						
b	18																										
h	3																										

Номер профиля и размеры поперечного сечения, мм																														
	<table border="1"> <tr> <td>b</td><td>19</td><td>24</td> </tr> <tr> <td>h</td><td>5</td><td>7</td> </tr> <tr> <td>c</td><td>1,5</td><td>1,5</td> </tr> </table>	b	19	24	h	5	7	c	1,5	1,5		<table border="1"> <tr> <td>b</td><td>12</td><td>16</td><td>20</td><td>25</td><td>32</td> </tr> <tr> <td>h</td><td>8</td><td>10</td><td>12</td><td>16</td><td>20</td> </tr> <tr> <td>R</td><td>6</td><td>8</td><td>10</td><td>12</td><td>16</td> </tr> </table>	b	12	16	20	25	32	h	8	10	12	16	20	R	6	8	10	12	16
b	19	24																												
h	5	7																												
c	1,5	1,5																												
b	12	16	20	25	32																									
h	8	10	12	16	20																									
R	6	8	10	12	16																									
<p>1. Профили № 1—10 по точности изготовления подразделяют на группы: высокой точности — А, повышенной точности — Б; обычной точности — В.</p> <p>2. Предельные отклонения по размерам поперечного сечения для профилей № 1—10 должны соответствовать данным, приведенным ниже.</p>																														
Точность изготовления (группа)	Предельные отклонения, мм, по размерам																													
	d и b			h, h ₁ и c																										
	до 12	св. 12 до 22	св. 22	до 3,5	св. 3,5 до 6	св. 6																								
А	+0,2	+0,3	—	+0,2	+0,2	—																								
Б	+0,3	+0,4	+0,6	+0,25	+0,3	+0,35																								
В	+0,4	+0,6	+0,9	+0,3	+0,4	+0,5																								
<p>Предельные отклонения по размерам поперечного сечения профиля № 11 не должны превышать величин: $\pm 0,5$ мм — при $b \leq 32$ мм; $\pm 0,2$ мм — при $h = 20$ мм; $\pm 0,7$ мм — при $h \leq 16$ мм.</p> <p>3. Профили изготавливают длиной кратной или мерной ей от 2 до 6 м. Допускается изготовление профилей не короче 1,5 м в количестве не более 10 % массы партии.</p> <p>Предельные отклонения по длине прутков не должны превышать плюс 50 мм.</p> <p>4. Кривизна прутков не должна превышать: для профилей № 3 и 4 — 0,5 % длины; № 5, 7 и 10 — 0,6 % длины; № 1 по плоскости — 0,5 %, по ребру — 0,2 % длины; № 2, 6, 8 и 9 по плоскости — 0,6 %, по ребру — 0,2 % длины; № 11 по плоскости — 0,6 %, по ребру — 0,4 % длины.</p> <p>5. Радиусы закругления ребер профилей не должны превышать 0,5 мм.</p> <p>6. У ромбических профилей № 7 и 10 разность сторон, образующих тупой угол, не должна превышать 0,5 мм.</p> <p>7. Отклонения от правильной геометрической формы поперечного сечения профиля должны быть в пределах, не превышающих допускаемые отклонения по размерам. Вогнутость плоскостей не допускается.</p> <p>Пример условного обозначения профиля № 1, размером (b × h) 12 × 3, стали марки У13, точности изготовления по группе А:</p> <p style="text-align: center;">Профиль № 1 — 12 × 3 — А — У13 ГОСТ 5210—82</p>																														

3. ЗАГОТОВКИ, ПОЛУЧАЕМЫЕ НА МАШИНАХ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ. СОРТАМЕНТ

21. Заготовки стальные непрерывнолитые квадратные и прямоугольные (ТУ 14-1-3348—82)

Параметр	Значение
Поперечное сечение, мм:	
толщина	80—400
ширина	80—500
длина	2 500—12 000
Предельные отклонения размеров поперечного сечения, %:	
по толщине	±3
по ширине	±3
по длине	По согласованию
Выпуклость и вогнутость граней	Не более подсуммы предельных отклонений по толщине
Разность диагоналей по сечению заготовки	Не более 0,7 суммы предельных отклонений по толщине
Кривизна заготовки	Не более 0,5 ее длины
Косина реза (мм) при стороне, мм:	
100	Не более 6,0
100—250	» » 8,0
св. 250	» » 15,0

Продолжение табл. 21

Материал: стали углеродистые, легированные, со специальными свойствами по ГОСТ 380—71, ГОСТ 801—78, ГОСТ 1050—74, ГОСТ 1414—75, ГОСТ 5520—79, ГОСТ 5521—76, ГОСТ 11036—75, ГОСТ 19282—73, ГОСТ 20072—74, ГОСТ 21427.0—75, ГОСТ 21427.1—83.

На поверхности заготовок не допускаются наплывы, пленки, трещины, пузыри, шлаковые включения. Дефекты поверхности удаляют полой зачисткой глубиной не более 10 % размера грани, но не св. 25 мм, и шириной, превышающей глубину не менее чем в 6 раз.

22. Слитки из алюминия и алюминиевых деформируемых сплавов

Круглые слитки (длинной до 6000 мм)

Диаметр	Предельные отклонения по диаметру		Предельные отклонения по длине
	группа 1	группа 2	
100—150	+1 -2	+2 -3	+5
150—200	+2 -2	+2 -4	+6
200—300	+2 -3	+3 -5	+7
300—500	+2 -4	+4 -6	+10
500—800	+3 -5	+5 -7	+12

Продолжение табл. 22

Прямоугольные слитки		
Толщина	Ширина	Длина
$(100 \div \div 200) + 5$	$(400 \div \div 800) + 7 - 4$	До 6000 + 20
$(200 \div \div 400) + 6$	$(800 \div \div 1500) + 10 - 5$	До 6000 + 30
Квадратные слитки		
Сторона	Длина	Наибольший радиус закругления углов
$(90 \div 160) \pm 5$	До 4000 + 10	20
Слитки из алюминия и алюминиевых деформируемых сплавов делят на группы: 1. алюминий марок А97, А95, А85, А7, А5, А5Е, А0 и алюминиевые сплавы АМг1, АМц, АМцС; 2. сплавы АМг2, АМг3, АМг4, АМг5, АМг6, АД33, АД35, АКМ, АК4, Д1, Д16, ВАК-4, В95, В95-2, АКМц, 1915, 1925.		

4. ПРЕССОВАННЫЕ ПРОФИЛИ. СОРТАМЕНТ. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

23. Профили стальные фасонные горячепрессованные (ТУ 3-752—77)

Параметр	Значение
Площадь поперечного сечения, мм ²	400,0—3000,0

Продолжение табл. 23

Параметр	Значение
Диаметр описанной окружности, мм	30,0—130,0
Минимальная толщина элемента профиля, мм	5,0
Отношение длины элемента профиля к его минимальной толщине	2,0—5,0
Отношение площади элемента к площади поперечного сечения профиля	Не менее 0,03
Максимальное отношение глубины паза к его ширине	Не более 0,7
Радиусы закругления минимальные, мм:	
наружные	1,5
внутренние	5,0
Предельные отклонения размеров, мм:	
5,0—20,0	±0,5
21,0—80,0	+1,5; -0,5
Св. 80,0	+1,5; -1,0
Предельные отклонения угловых размеров, градусы	±1,0
Местная кривизна на длине 1,0 м, мм	Не более 3,0

Продолжение табл. 23

Параметр	Значение
Скручивание вдоль продольной оси на длине 1,0 м, градусы	Не более 3,0
Длина, м	2,0—8,0
<p>Материал: стали конструкционные по ГОСТ 1050—74, ГОСТ 4543—71, ГОСТ 14959—79, инструментальные по ГОСТ 1435—74, ГОСТ 5950—73, быстрорежущие по ГОСТ 19625—73, коррозионно-стойкие и жаропрочные по ГОСТ 5632—72.</p> <p>Профили поставляют без термообработки с высоким отпуском — из конструкционных и инструментальных сталей, с закалкой — из коррозионно-стойких сталей.</p> <p>На поверхности профилей допустимы мелкие волосовины глубиной не более 0,2 мм, поверхностные пленки, раковины, пузыри, следы смазочного материала, риски, глубина которых не превышает половину допуска. В макроструктуре излома или протравленных темплетов профилей недопустимы усадочные раковины, рыхлоты, пузыри, трещины, расслоения, флокены, шлаковые включения, видимые невооруженным глазом.</p>	

24. Профили прессованные из алюминия и алюминиевых сплавов (ГОСТ 8617—81)

Параметр	Значение
Площадь поперечного сечения, см ²	До 200,0
Диаметр описанной окружности, мм	» 350
Минимальная толщина элемента профиля, мм	1,0
Минимальный радиус скругления, мм	0,5
Предельные отклонения: радиусов скругления, %	±10
угловых размеров поперечного сечения (градусы) при ширине меньшей полки, мм:	
до 100,0	±3
св. 100,0	±2
Кривизна (мм) на длине 1,0 м при толщине полок и стенок, мм:	
4,0—10,0	До 4,0
св. 10,0	» 3,0
Скручивание вдоль продольной оси на длине 1,0 м (градусы) при ширине базовой поверхности, мм:	
до 50,0	» 3
св. 50,0 до 200,0	» 2
св. 200,0 до 350,0	» 1
Длина (м) при площади поперечного сечения, см ² :	
до 0,8	1,0—6,0
св. 0,8—1,5	1,0—8,0
» 1,5 до 200,0	1,0—10,0

25. Предельные отклонения размеров (±, мм), охватывающих монолитный металл (рис. 1)

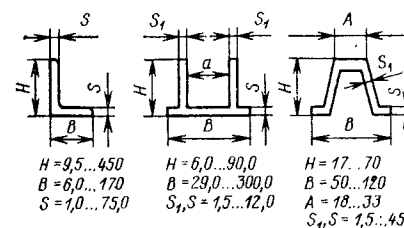


Рис. 1. Прессованные профили из алюминиевых и магниевых сплавов

Номинальный размер поперечного сечения, мм	Отклонения по толщине полок при диаметре описанной окружности, мм								Отклонение по другим размерам
	До 30	30—60	60—100	100—150	150—200	200—250	250—300	300—350	
До 1,5	0,15	0,20	0,25	—	—	—	—	—	0,15
Св. 1,5 до 3,0	0,20	0,25	0,30	0,30	0,35	—	—	—	0,20
» 3,0 » 6,0	0,25	0,30	0,35	0,35	0,40	0,45	—	—	0,30
» 6,0 » 10,0	0,30	0,35	0,40	0,40	0,45	0,50	0,50	0,50	0,35
» 10,0 » 15,0	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,55	0,60	0,60	0,40
» 15,0 » 30,0	0,45	0,50	0,50	0,60	0,65	0,65	0,70	0,70	0,45
» 30,0 » 50,0	—	0,60	0,60	0,70	0,75	0,75	0,80	0,80	0,60
» 50,0 » 75,0	—	—	0,70	0,80	0,85	0,85	0,90	0,90	0,70
» 75,0 » 100,0	—	—	—	0,90	0,95	0,95	—	—	0,85
» 100,0 » 150,0	—	—	—	1,10	1,20	—	—	—	1,10
» 150 » 200,0	—	—	—	—	—	—	—	—	1,30
» 200,0 » 250,0	—	—	—	—	—	—	—	—	1,60
» 250,0 » 300,0	—	—	—	—	—	—	—	—	1,90
» 300,0 » 350,0	—	—	—	—	—	—	—	—	2,20

Примечание. Для профилей из алюминия АД0, АД1, АД, алюминиевых сплавов АМц, АМцС, АМг2, АМг3, АД31, АД33, АД35, АВ, Д1, Д16, В95, АК6, 1915, ВД1, АВД1-1, АКМ.

26. Предельные отклонения размеров (\pm , мм), охватывающих монолитный металл вместе с полым пространством (рис. 2)

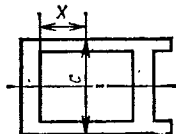


Рис. 2. Размеры, охватывающие полые профили из алюминиевых и магниевых сплавов

Номинальный размер поперечного сечения, мм	Расстояние X до ближайшей поперечной стенки, мм					
	до 20	св. 20 до 35	св. 35 до 50	св. 50 до 65	св. 65 до 80	св. 80 до 100
До 10,0	1,1	1,2	2,2	2,8	3,4	3,6
Св. 10,0 до 25,0	1,2	2,1	2,4	3,0	3,6	3,8
» 25,0 » 50,0	1,4	2,4	2,6	3,2	3,8	4,0
» 50,0 » 75,0	2,0	2,6	2,9	3,4	4,0	4,2
» 75,0 » 100,0	2,1	2,7	3,1	3,6	4,2	4,4
» 100,0	2,2	2,8	3,2	3,8	4,5	4,5

27. Предельные отклонения (мм) размеров профилей из сплавов АМг5, АМг6 (\pm)

Номинальный размер поперечного сечения, мм	Отклонения по толщине полок при диаметре описанной окружности, мм							Отклонения по другим размерам	
	До 30	30—60	60—100	100—150	150—200	200—250	250—300		300—350
До 1,5	0,20	0,30	0,35	—	—	—	—	—	0,20
Св. 1,5 до 3,0	0,30	0,35	0,40	0,40	0,50	—	—	—	0,30
» 3,0 » 6,0	0,35	0,40	0,50	0,50	0,55	0,65	—	—	0,40
» 6,0 » 10,0	0,40	0,50	0,55	0,55	0,65	0,70	0,70	0,70	0,50
» 10,0 » 15,0	0,50	0,55	0,65	0,70	0,75	0,75	0,85	0,85	0,55
» 15,0 » 30,0	0,65	0,70	0,70	0,85	0,90	0,90	1,00	1,00	0,65
» 30,0 » 50,0	—	0,85	0,85	1,00	1,05	1,05	1,10	1,10	0,85
» 50,0 » 75,0	—	—	1,00	1,10	1,20	1,20	1,25	1,25	1,00
» 75,0 » 100,0	—	—	—	1,25	1,35	1,35	—	—	1,20
» 100,0 » 150,0	—	—	—	1,55	1,70	—	—	—	1,55
» 150,0 » 200,0	—	—	—	—	—	—	—	—	1,80
» 200,0 » 250,0	—	—	—	—	—	—	—	—	2,25
» 250,0 » 300,0	—	—	—	—	—	—	—	—	2,65
» 300,0 » 350,0	—	—	—	—	—	—	—	—	3,10

28. Механические свойства прессованных профилей

Марка сплава	Состояние материала	Толщина стенки, мм	$\sigma_{в'}$, МПа	$\sigma_{0,2'}$, МПа	δ , %
АД0, АД1, АД	Без термообработки	Все размеры	59	—	20
АМц, АМцС	То же	То же	98	—	16
АМг2	М	»	225	59	13
АМг3	М	»	176	78	12
АМг5	М	»	255	127	15
АМг6	М	»	314	157	15
АД31	Т	До 100	127	69	13
АД31	Т1	» 100	196	147	8
АД33	Т	» 100	176	108	15
АД33	Т1	» 100	265	225	10
АД35	Т	» 100	196	108	12
АД35	Т1	» 100	314	245	8
АВ	Т	» 100	176	—	14
АВ	Т1	» 100	294	225	10
Д1	М	Все размеры	245	—	12
Д1	Т	20—100	363	226	10
Д16	Т	10—100	412	284	10
В95	Т1	10—100	530	461	6
АК6	Т	До 100	353	—	12
1915	Т	» 100	275	176	10
1925	Т	12—100	275	176	10
ВД1	Т	До 100	333	—	12
АВД1-1	Т	» 100	333	—	12
АКМ	М	Все размеры	196	—	14
АКМ	Т	До 100	314	—	14

Примечание. М — отжиг; Т — закалка и естественное старение; Т1 — закалка и искусственное старение.

29. Профили прессованные из магниевых сплавов (ГОСТ 19657—74)

Параметр	Значение	Параметр	Значение
Площадь поперечного сечения, мм ²	20,0—1200	Предельные отклонения угловых размеров (градусы) при толщине полки, мм:	±4,0 ±3,0
Диаметр описанной окружности, мм	До 150,0		
Минимальная толщина элемента, мм	1,0	до 2,0	
Предельные отклонения радиусов скругления (\pm), мм:	до 1,0	более 2,0	
		св. 1,0 до 3,0	Кривизна (мм) на длине 1,0 м при толщине полки, мм:
» 3,0 » 5,0	0,25	4,1—10,0	4,0
» 5,0 » 10,0	0,50	св. 10,0	2,0
» 10,0 » 30,0	0,80	Скручивание (градусы) вдоль продольной оси на длине 1,0 м	Не более 3
	1,0		
	1,5	Длина, м	До 4,8

30. Предельные отклонения размеров (\pm , мм), охватывающих монолитный металл (см. рис. 1), мм

Номинальный размер поперечного сечения, мм	Отклонения по толщине стенки при диаметре описанной окружности, мм				Отклонения по другим размерам
	До 30	Св. 30 до 60	Св. 60 до 100	Св. 100 до 150	
До 1,5	0,15	0,20	0,25	—	0,15
Св. 1,5 до 3,0	0,20	0,25	0,30	0,35	0,20
» 3,0 » 6,0	0,30	0,30	0,35	0,40	0,30
» 6,0 » 12,0	0,35	0,35	0,40	0,45	0,35
» 12,0 » 25,0	0,45	0,50	0,50	0,60	0,45
» 25,0 » 50,0	—	0,60	0,65	0,75	0,60
» 50,0 » 75,0	—	—	0,80	0,90	0,80
» 75,0 » 100,0	—	—	—	1,05	1,05
» 100,0 » 150,0	—	—	—	—	1,20

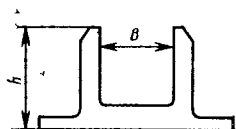
31. Предельные отклонения размера B (\pm , мм) (рис. 3)

Рис. 3. Характерные размеры прессованных профилей швеллерного типа из магниевых сплавов

Номинальный размер поперечного сечения, мм	При высоте h , мм			
	До 25,0	Св. 25,0 до 50,0	Св. 50,0 до 75,0	Св. 75,0 до 100,0
До 25,0	1,3	2,2	3,0	3,9
Св. 25,0 до 50,0	1,5	2,4	3,2	4,1
» 50,0 » 75,0	1,7	2,6	3,4	4,3
» 75,0 » 100,0	1,8	2,7	3,5	4,4
» 100,0 » 150,0	2,1	3,0	3,8	4,7

32. Предельные отклонения размеров полых профилей (\pm , мм) (см. рис. 2)

Номинальный размер поперечного сечения, мм	Расстояние X до ближайшей стенки, мм			
	До 20,0	Св. 20,0 до 35,0	Св. 35,0 до 50,0	Св. 50,0 до 65,0
До 12,0	1,4	2,0	2,6	3,2
Св. 12 до 25,0	1,6	2,2	2,8	3,4
» 25,0 » 50,0	1,8	2,4	3,0	3,6
» 50,0 » 75,0	2,2	2,8	3,4	4,0
» 75,0 » 100,0	2,3	2,9	3,5	4,1

Примечание. Предельные отклонения остальных размеров полых профилей определяют по предельным отклонениям размеров, охватывающих монолитный металл, с коэффициентом 1,5.

33. Механические свойства прессованных профилей

Сплав	Состояние материала	Площадь поперечного сечения, см ²	$\sigma_{в'}$, МПа	$\sigma_{0,2'}$, МПа	δ , %
МА1	Горячепрессованное	Все размеры	215	—	2
МА2	То же	То же	235	—	6
МА2-1	»	До 5,0	265	157	9
МА2-1 п. ч.	»	Св. 5,0 до 12,0	255	147	8
МА8	»	До 5,0	205	—	10
МА8	»	Св. 5,0 до 12,0	215	—	10
МА14Т1	Горячепрессованное и искусственно состаренное	Все размеры	314	245	6

34. Профили прессованные конструкционные из титановых сплавов (ОСТ 1-92051—76)

Параметр	Значение	Параметр	Значение	
Площадь поперечного сечения, см ²	До 50,0	Скручивание вдоль продольной оси на длине 1,0 м, градусы	До 2,0	
Диаметр описанной окружности, мм	» 200,0			
Минимальный радиус скругления, мм	2,0	Длина, м	» 7,5	
Предельные отклонения (мм) радиусов скругления, мм:		Предельные отклонения размеров поперечного сечения (мм) при номинальных размерах сечения, мм:		
2,0—5,0	$\pm 1,5$		до 20,0	+1,0; -0,5
5,0—10,0	$\pm 2,0$		$\pm 20—50$	+1,5; -0,5
10,0—20,0	$\pm 3,0$		$\pm 50—80$	+2,0; -0,5
20,0—40,0	$\pm 4,0$		$\pm 80—120$	+2,5; -0,5
Предельные отклонения угловых размеров, градусы	$\pm 2,0$	$\pm 120—150$	+3,0; -0,5	
Кривизна (мм) на длине 1,0 м	До 2,0	$\pm 150—200$	+3,5; -0,5	

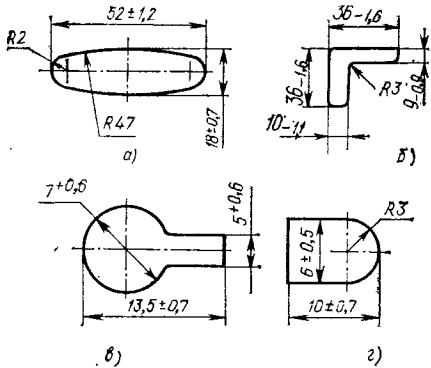


Рис. 4. Горячепрессованные профили из меди М3 по ТУ 48-21-247-72 (а), латуни ЛЖМц59-1-1 по ТУ 48-21-720-81 (б); латуни ЛС59-1 по ТУ 48-21-192-72 (в); латуни Л63 по ТУ 48-21-179-72 (г)

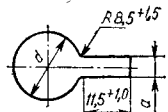


Рис. 5. Горячепрессованный профиль из меди М1р (ТУ 48-0810-86-80)

d ...	12±1,2	13±1,2	16±1,2
a ...	7±1,0	7±1,0	7±1,0
	19±1,2	24±1,5	27±1,5
	7,3±1,0	9,0±1,0	10±1,0

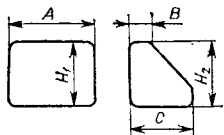


Рис. 6. Горячепрессованные профили из бронзы БрКН1-3 (ТУ 48-21-354-74)

Номер профиля	A	B	C	H ₁ ; H ₂
1	90 _{-3,5}	—	—	90 _{-3,5}
2	125±2,5	—	—	100±2,5
3	—	70	120±2,5	125±2,5
4	130±2,5	—	—	120±2,5

Профили прессованные из меди и медных сплавов. Сортамент профилей показан на рис. 4—8. Размеры указаны в миллиметрах.

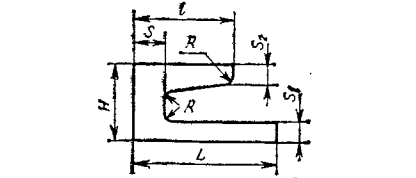


Рис. 7. Горячепрессованный профиль из латуни ЛС59-1 (ТУ 48-21-135-72)

Номер профиля	L	l	S
1	21±0,7	15±0,7	5±0,5
2	26±0,7	21,5±0,7	6,5±0,5
3	29±0,7	27±0,7	7,5±0,5
4	37±0,7	33±0,7	9±0,5

Номер профиля	S ₁ ; S ₂	H	R
1	4±0,5	15±0,6	1,5
2	4±0,5	16±0,6	2,0
3	5±0,5	19±0,6	2,0
4	5±0,5	22±0,6	2,0

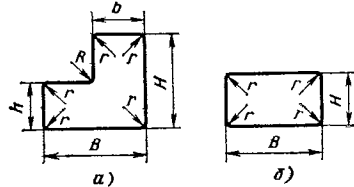


Рис. 8. Горячепрессованные профили из латуни ЛЖМц59-1-1 (ТУ 48-0810-85-81): а — уголкового; б — полосовые:

Номер профиля	H	B	h	b	r	R	L±50*
1	100	80	42	47	5	10	3250
2	125	105	75	65	5	10	2500

б — полосовые:

Номер профиля	H	B	L*
1	40	70	3250
2	40	34	3075
3	53	70	1360
4	45	85	3250
5	70	100	3000
6	80	105	1800

Примечание. r = 5 мм для всех профилей.

* L — длина.

5. ЛИСТОВОЙ ПРОКАТ. СОРТАМЕНТ

Листовой прокат находит широкое применение в промышленности для изготовления изделий резкой, сваркой, штамповкой. Сортамент различных видов стального листового проката представлен в ГОСТ 19903—74, 19904—74, 82—70, 6009—74, 1530—78, 503—81, 19851—74, 4986—79, 21996—76, 10885—75 и др.

Сталь листовая горячекатаная (ГОСТ 19903—74). 1. Размеры листовой стали по толщине, ширине и длине приведены в приложении к ГОСТ 19903—74 (табл. 35—42).

2. Листовая сталь подразделяется: по точности прокатки при толщине до 12 мм: повышенной точности — А, нормальной точности — Б;

по плоскостности: особо высокой плоскостности — ПО, высокой плоскостности — ПВ, улучшенной плоскостности — ПУ, нормальной плоскостности — ПН;

по характеру кромки: с необрезной кромкой — НО, с обрезной кромкой — О;

по размерам: с указанием размеров по толщине, ширине и длине в соответствии с размерами, указанными в приложении к ГОСТ 19903—74 — форма I;

с указанием размеров по толщине в пределах, указанных в табл. 35, без указания размеров по ширине и длине — форма II;

с указанием размеров, кратных по ширине и длине размерам, указанным в заказе, в пределах, установленных в табл. 35 — форма III;

с указанием мерных размеров в пределах, указанных в табл. 47, с интер-

валами 10 мм по ширине и 50 мм по длине — форма IV. По согласованию потребителя с изготовителем интервалы по ширине и длине могут быть менее указанных.

3. Предельные отклонения по ширине стали с обрезной кромкой, поставляемой в рулонах, не должны превышать +5 мм — при ширине от 500 до 1000 мм вкл.; +10 мм — при ширине св. 1000 мм.

4. Предельные отклонения по ширине листовой стали, прокатанной полнотно и поставляемой с необрезной кромкой, не должны превышать более чем на 50 мм предельные отклонения по ширине, указанные в табл. 39.

5. Предельные отклонения по ширине стали, прокатанной на непрерывных станах и поставляемой с необрезной кромкой, не должны превышать +20 мм — при ширине до 1000 мм; +30 мм — при ширине св. 1000 мм.

6. Серповидность стали, поставляемой в рулонах, не должна превышать 10 мм на длине 3 м.

7. Внутренний диаметр рулона должен быть не менее 650 мм и не более 1000 мм.

8. Максимальная масса каждого рулона не должна превышать 20 т.

Пример условного обозначения (согласно ГОСТ 1577—81 «Прокат листовый и широкополосный универсальный из конструкционной качественной стали. Технические условия») на листовой прокат нормальной точности прокатки (Б), нормальной плоскостности (ПН), размерами 6×700×6000 мм по ГОСТ 19903—74 из стали марки 20, категории 2, термообработанный (Т):

Лист Б—ПН—6×700×6000

ГОСТ 19903—74

20—2—Т ГОСТ 1577—81

35. Размеры (мм) стали, поставляемой в листах

Толщина листов	Минимальная и максимальная								
	500	510	600	650	670	700	(710)	750	800
0,4; 0,45; 0,5; 0,55; 0,6	1 200	710 1 420	1 200 2 000	1 400	1 420	1 420	1 200 2 000	1 500 2 000	—
0,63; 0,65 0,7; 0,75	1 200	710 1 420	1 420 2 000	2 000	1 420	1 420	1 200 2 000	1 500 2 000	—
0,8; 0,9	1 200	710 1 420	1 420 2 000	2 000	1 420	1 420	1 200 2 000	1 500 2 000	1 500
1,0	—	—	1 420 2 000	2 000	1 420	1 420 2 000	1 420 2 000	1 600 2 000	1 600 2 500
1,2; 1,3; 1,4	—	—	1 420 2 000	2 000	1 420 2 000	1 420 2 000	1 420 2 000	1 500 2 000	1 600 2 500
1,5; 1,6; 1,8	—	—	1 420 2 000	1 420 2 000	1 420 2 000	1 420 2 000	1 420 6 000	1 500 6 000	1 600 6 000
2,0; 2,2	—	—	1 420 2 000	1 420 2 000	1 420 2 000	1 420 6 000	1 420 6 000	1 500 6 000	1 600 6 000
2,5; 2,8	—	—	2 000	2 000	2 000	2 000 6 000	1 420 6 000	1 600 6 000	1 600 6 000
3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9	—	—	2 000	2 000	2 000	2 000 6 000	1 420 6 000	1 600 6 000	1 600 6 000
4,0; 4,5; 5,0; 5,6	—	—	2 000	2 000	2 000	2 000 6 000	1 420 6 000	2 000 6 000	2 000 6 000
6; 7	—	—	—	—	—	2 000 7 000	2 000 7 000	2 000 7 000	2 000 7 000
8; 9; 10	—	—	—	—	—	2 000 8 000	2 000 8 000	2 000 8 000	2 000 8 000
11; 12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 24; 25	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40	—	—	—	—	—	—	—	—	—

длина листов при ширине									
850	900	950	1000	1100	1250	1400	(1420)	1500	1600
—	—	—	2 000	—	—	—	—	—	—
—	—	—	2 000 2 500	—	2 500	—	—	—	—
—	—	—	2 000 2 500	—	2 500	—	—	—	—
1 700	1 800 2 000	1 900	1 800 2 500	—	2 500	—	—	—	—
1 800	1 800 2 500	2 000	1 800 2 500	2 000 2 500	2 500 3 000	—	—	—	—
1 800 6 000	1 500 6 000	2 000 6 000	1 500 6 000	2 000 6 000	2 000 6 000	2 000 6 000	2 000 6 000	2 000 6 000	— —
2 000 6 000	1 800 6 000	2 000 6 000	2 000 6 000	2 000 6 000	2 000 6 000	2 000 6 000	2 000 6 000	2 000 6 000	— —
2 000 6 000	2 000 6 000	2 000 6 000	2 000 6 000	2 000 6 000	2 000 6 000	2 000 6 000	2 000 6 000	2 000 6 000	— —
2 000 6 000	2 000 6 000	2 000 6 000	2 000 6 000	2 000 6 000	2 000 6 000	2 000 6 000	2 000 6 000	2 000 6 000	2 000 6 000
2 000 7 000	2 000 7 000	2 000 7 000	2 000 7 000	2 000 7 000	2 000 7 000	2 000 7 000	2 000 7 000	2 000 7 000	2 000 7 000
2 000 8 000	2 000 8 000	2 000 8 000	2 000 8 000	2 000 8 000	2 000 8 000	2 000 8 000	2 000 8 000	2 000 12 000	3 000 12 000
—	—	—	2 000 6 000	2 000 6 000	2 000 8 000	2 000 8 000	2 000 8 000	2 000 12 000	3 000 12 000
—	—	—	2 500 6 500	2 500 6 500	2 500 12 000	2 500 12 000	2 500 12 000	3 000 12 000	3 000 11 000
—	—	—	—	—	2 500 12 000	2 500 12 000	2 500 12 000	3 000 12 000	3 000 12 000

Толщина листов	Минимальная и максимальная								
	500	510	600	650	670	700	(710)	750	800
42; 45; 48; 50; 52; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 95; 100; 105; 110; 120; 125; 130; 140; 150; 160	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Толщина листов	Минимальная и максимальная								
	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500
2,5; 2,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,5	2 000 6 000	2 000 6 000	—	—	—	—	—	—	—
4,0; 4,5; 5,0; 5,5	2 000 6 000	2 000 6 000	—	—	—	—	—	—	—
6; 7	2 000 7 000	2 000 7 000	2 000 7 000	2 000 7 000	—	—	—	—	—
8; 9; 10	3 000 12 000	3 000 12 000	3 000 12 000	3 000 12 000	3 000 12 000	3 000 12 000	3 000 12 000	4 000 12 000	4 000 12 000
11; 12	3 000 12 000	3 000 12 000	3 000 10 000	3 000 10 000	3 000 10 000	3 000 10 000	3 000 10 000	4 000 10 000	4 000 9 000
13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 24; 25	3 200 11 000	3 200 10 000	3 200 10 000	3 200 10 000	3 200 10 000	3 200 10 000	3 200 10 000	3 200 10 000	3 200 10 000
26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40	3 200 12 000	3 200 12 000	3 200 12 000	3 200 12 000	3 200 12 000	3 200 12 000	3 200 12 000	3 200 11 000	3 200 11 000
42; 45; 48; 50; 52; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 95; 100; 105; 110; 120; 125; 130; 140; 150; 160	3 500 9 000	3 500 9 000	3 500 9 000	3 500 9 000	3 500 9 000	3 500 9 000	3 500 9 000	3 500 9 000	3 500 9 000

Продолжение табл. 35

длина листов при ширине									
850	900	950	1000	1100	1250	1400	(1420)	1500	1600
—	—	—	—	—	2 500 9 000	2 500 9 000	3 000 9 000	3 000 9 000	3 000 9 000
длина листов при ширине									
2600	2700	2800	2900	3000	3200	3400	3600	3800	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3 200 10 000	3 200 10 000	3 200 10 000	—	—	—	—	—	—	—
3 200 10 000	3 200 10 000	3 200 10 000	3 200 10 000	3 000 9 500	3 200 9 500	3 400 9 500	3 600 9 500	—	—
3 000 9 000	3 000 9 000	3 000 9 000	3 000 9 000	3 000 9 000	3 000 9 000	3 200 8 500	3 400 8 000	3 600 8 000	3 600 7 000

36. Размеры (мм) стальных листов, поставляемых в рулонах

Ширина	Толщина	Ширина		Толщина	
		Ширина	Толщина	Ширина	Толщина
500; 530; 550; 600; 630	1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7; 7,5; 8; 9; 10; 11; 12	1000; 1100; 1250	1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7; 7,5; 8; 9; 10; 11; 12	1400; (1420) 1500	1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8; 9; 10; 11; 12
		1600; 1700; 1800	3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8; 9; 10; 11; 12	1900; 2000	6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8; 9; 10
650; 670; 700 (710); 750; 800; 850; 900; 950	1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,3; 5,5; 6,0; 6,3; 7,0; 7,5; 8,0; 9; 10; 11; 12	2100; 2200	7,0; 7,5; 8; 9; 10		

Примечание. По согласованию листовая сталь может быть изготовлена в рулонах других размеров.

37. Предельные отклонения по толщине стали, мм

Толщина стали (листы и рулоны)	Ширина		
	от 500 до 750	св. 750 до 1000	св. 1000 до 1500
От 0,4 до 0,5	$\pm 0,05/\pm 0,07$	—	—
Св. 0,5 » 0,6	$\pm 0,06/\pm 0,08$	—	—
» 0,6 » 0,75	$\pm 0,07/\pm 0,09$	$\pm 0,07/\pm 0,09$	—
» 0,75 » 0,9	$\pm 0,08/\pm 0,1$	$\pm 0,08/\pm 0,1$	—
» 0,9 » 1,1	$\pm 0,09/\pm 0,11$	$\pm 0,09/\pm 0,12$	—
» 1,1 » 1,2	$\pm 0,1/\pm 0,12$	$\pm 0,11/\pm 0,13$	$\pm 0,12/\pm 0,15$
» 1,2 » 1,3	$\pm 0,11/\pm 0,13$	$\pm 0,12/\pm 0,14$	$\pm 0,12/\pm 0,15$
» 1,3 » 1,4	$\pm 0,11/\pm 0,14$	$\pm 0,12/\pm 0,15$	$\pm 0,12/\pm 0,18$
» 1,4 » 1,6	$\pm 0,12/\pm 0,15$	$\pm 0,13/\pm 0,15$	$\pm 0,13/\pm 0,18$
» 1,6 » 1,8	$\pm 0,13/\pm 0,15$	$\pm 0,14/\pm 0,17$	$\pm 0,14/\pm 0,18$
» 1,8 » 2,0	$\pm 0,14/\pm 0,16$	$\pm 0,15/\pm 0,17$	$\pm 0,16/\pm 0,18$
» 2,0 » 2,2	$\pm 0,15/\pm 0,17$	$\pm 0,16/\pm 0,18$	$\pm 0,17/\pm 0,19$
» 2,2 » 2,5	$\pm 0,16/\pm 0,18$	$\pm 0,17/\pm 0,19$	$\pm 0,18/\pm 0,20$
» 2,5 » 3,0	$\pm 0,17/\pm 0,19$	$\pm 0,18/\pm 0,20$	$\pm 0,19/\pm 0,21$
» 3,0 » 3,5	$\pm 0,18/\pm 0,2$	$\pm 0,19/\pm 0,21$	$\pm 0,2/\pm 0,22$
» 3,5 » 3,9	$\pm 0,2/\pm 0,22$	$\pm 0,21/\pm 0,23$	$\pm 0,22/\pm 0,24$
» 3,9 » 5,5	+0,1/+0,2 -0,4/-0,4	+0,15/+0,3 -0,4/-0,4	+0,1/+0,3 -0,5/-0,5
» 5,5 » 7,5	-0,5/+0,1 -0,6/-0,6	+0,1/+0,2 -0,6/-0,6	+0,1/+0,25 -0,6/-0,6
» 7,5 » 10,0	-0,8/+0,1 -0,8/-0,8	+0,1/+0,2 -0,8/-0,8	+0,2/+0,3 -0,8/-0,8
» 10,0 » 12,0	-0,8/+0,2 -0,8/-0,8	+0,1/+0,2 -0,8/-0,8	+0,2/+0,3 -0,8/-0,8

Продолжение табл. 37

Толщина стали (листы и рулоны)	Ширина			
	св. 1500 до 2000	св. 2000 до 2300	св. 2300 до 2700	св. 2700 до 3000
» 0,6 » 0,75	—	—	—	—
» 0,75 » 0,9	—	—	—	—
» 0,9 » 1,1	—	—	—	—
» 1,1 » 1,2	—	—	—	—
» 1,2 » 1,3	—	—	—	—
» 1,3 » 1,4	—	—	—	—
» 1,4 » 1,6	—	—	—	—
» 1,6 » 1,8	—	—	—	—
» 1,8 » 2,0	$\pm 0,17/\pm 0,2$	—	—	—
» 2,0 » 2,2	$\pm 0,18/\pm 0,2$	—	—	—
» 2,2 » 2,5	$\pm 0,19/\pm 0,21$	—	—	—
» 2,5 » 3,0	$\pm 0,2/\pm 0,22$	$\pm 0,23/\pm 0,25$	—	—
» 3,0 » 3,5	$\pm 0,22/\pm 0,24$	$\pm 0,26/\pm 0,29$	—	—
» 3,5 » 3,9	$\pm 0,24/\pm 0,26$	$\pm 0,28/\pm 0,31$	—	—
» 3,9 » 5,5	+0,2/+0,4 -0,5/-0,5	+0,25/+0,45 -0,5/-0,5	—	—
» 5,5 » 7,5	+0,2/+0,4 -0,6/-0,6	+0,25/+0,45 -0,6/-0,6	—	—
» 7,5 » 10,0	+0,2/+0,35 -0,8/-0,8	+0,25/+0,45 -0,8/-0,8	-/+0,6 -/-0,8	—
» 10,0 » 12,0	+0,3/+0,4 -0,8/-0,8	+0,35/+0,5 -0,8/-0,8	-/+0,7 -/-0,8	-/+1,0 -/-0,8

Примечание. В числителе — для повышенной точности прокатки, в знаменателе — нормальной.

По согласованию изготовителя с потребителем листовой и рулонный прокат изготавливают с предельными отклонениями (мм) по толщине:

Толщина стали	Ширина, мм		Толщина стали	Ширина, мм	
	Св. 750 до 1000	Св. 1000 до 1500		Св. 750 до 1000	Св. 1000 до 1500
Св. 1,1 до 1,2	—	$\pm 0,14/-$	Св. 2,0 до 2,2	$\pm 0,17/\pm 0,15$	—
» 1,3 » 1,4	—	$\pm 0,16/-$	» 2,2 » 2,5	$\pm 0,18/\pm 0,16$	—
» 1,4 » 1,6	$-/\pm 0,12$	$\pm 0,16/-$	» 2,5 » 3,0	$\pm 0,19/\pm 0,17$	—
» 1,6 » 1,8	$\pm 0,16/-$	$+0,17/-$			

Примечание. В числителе — для нормальной точности прокатки, в знаменателе — повышенной.

38. Предельные отклонения по толщине стали, мм

Толщина стали	Ширина, мм														
	св. 1000 до 1200	св. 1200 до 1500	св. 1500 до 1700	св. 1700 до 1800	св. 1800 до 2000	св. 2000 до 2300	св. 2300 до 2500	св. 2500 до 2600	св. 2600 до 2800	св. 2800 до 3000	св. 3000 до 3200	св. 3200 до 3400	св. 3400 до 3600	св. 3600 до 3800	св. 3800 до 4000
Св. 12 до 25	+0,2	+0,2	+0,3	+0,4	+0,6	+0,8	+0,8	+1,0	+1,1	+1,2	+1,3	+1,3	+1,4	+1,5	+1,6
» 25 » 30	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9
» 30 » 34	+0,2	+0,3	+0,3	+0,4	+0,5	+0,8	+0,9	+1,0	+1,0	+1,1	+1,1	+1,2	+1,2	+1,3	+1,3
» 34 » 40	+0,3	+0,4	+0,5	+0,6	+0,7	+0,9	+0,9	+1,0	+1,1	+1,1	+1,2	+1,2	+1,3	+1,3	+1,4
» 40 » 50	+0,4	+0,5	+0,6	+0,7	+0,8	+1,0	+1,1	+1,1	+1,2	+1,2	+1,3	+1,3	+1,4	+1,4	+1,5
» 50 » 60	+0,6	+0,6	+0,7	+0,8	+0,9	+1,1	+1,2	+1,2	+1,3	+1,3	+1,4	+1,4	+1,5	+1,5	+1,6
» 60 » 70	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3
» 70 » 80	—	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6
» 80 » 90	—	+0,7	+0,8	+0,9	+1,0	+1,1	+1,1	+1,2	+1,2	+1,3	+1,3	+1,4	+1,4	+1,5	+1,5
» 90 » 100	—	+0,8	+0,9	+1,0	+1,1	+1,2	+1,2	+1,3	+1,3	+1,4	+1,4	+1,5	+1,5	+1,6	+1,6
» 100 » 115	—	+0,9	+1,0	+1,1	+1,2	+1,3	+1,3	+1,4	+1,4	+1,5	+1,5	+1,6	+1,6	+1,7	+1,7
» 115 » 125	—	+1,1	+1,2	+1,3	+1,4	+1,5	+1,5	+1,6	+1,6	+1,7	+1,7	+1,8	+1,8	+1,9	+1,9
» 125 » 140	—	+1,4	+1,5	+1,6	+1,7	+1,8	+1,8	+1,9	+1,9	+2,0	+2,0	+2,1	+2,1	+2,2	+2,2
» 125 » 140	—	+1,6	+1,7	+1,8	+1,9	+2,0	+2,0	+2,1	+2,1	+2,2	+2,2	+2,3	+2,3	+2,4	+2,4
» 140 » 160	—	+1,9	+2,0	+2,1	+2,2	+2,3	+2,3	+2,4	+2,4	+2,5	+2,5	+2,6	+2,6	+2,7	+2,7
» 140 » 160	—	+4,2	+4,2	+4,2	+4,2	+4,2	+4,2	+4,2	+4,2	+4,2	+4,2	+4,2	+4,2	+4,2	+4,2

39. Предельные отклонения (мм) по ширине стали с обрезной кромкой

Ширина	Толщина	Предельные отклонения по ширине
До 800	До 3,9	+6
Св. 800		+10
До 1500	Св. 3,9 от 16	+10
Св. 1500		+15
Все ширины	» 16 » 60	+25
	» 60 » 100	+50
	» 100 » 160	+75

Примечания: 1. Для листов длиной св. 8 м при толщине до 12 мм предельные отклонения по ширине не должны превышать 0,2 % длины.
2. По согласованию изготовителя с потребителем предельные отклонения по ширине стали с обрезной кромкой, поставляемой в листах, не должны превышать +5 мм — при ширине до 1000 мм вкл. +10 мм — при ширине св. 1000 мм.

40. Предельные отклонения (мм) по длине стали, прокатанной полностью

Длина	Толщина	Предельные отклонения по длине
До 1500	До 3,9	+10
Св. 1500		+15
До 2000	Св. 3,9 до 16	+10
Св. 2000 до 6000		+25
Св. 6000		+35
До 3000	Св. 16 до 60	+15
Св. 3000 до 6000		+25
Св. 6000		+40
Все длины	Св. 60 до 100	+50
	Св. 100 до 160	+75

41. Предельные отклонения (мм) по длине стали, прокатанной на непрерывных станах и порезанной на листы

Длина	Толщина	Предельные отклонения по длине
До 1500	До 3,9	+15
Св. 1500		+20
До 4000	Св. 3,9	+20
Св. 4000		+25

42. Отклонения (мм) от плоскостности на 1 м длины стали, поставляемой в листах

Вид плоскостности	Толщина стали, не более		
	0,4—1,4	1,5—3,9	4,0 и более
Особо высокая	8	8	5
Высокая	10	10	8
Улучшенная	15	12	10
Нормальная	20	15	12

По согласованию изготовителя с потребителем листовую сталь изготавливают со следующими предельными отклонениями по длине: +5 мм при длине листа до 1500 мм, +6 мм — св. 1500 до 2000 мм, +10 мм — св. 2000 до 3000 мм, +20 мм — св. 3000 мм.

7. Серповидность стали, поставляемой в рулонах, не должна превышать 10 мм на длине 3 м.

8. Сталь, поставляемая в листах с обрезной кромкой, должна быть обрезана под прямым углом. Косина реза и серповидность не должны выводить листы за номинальный размер.

9. Внутренний диаметр стали, поставляемой в рулонах, должен быть не менее 500 мм и не более 1000 мм.

10. Максимальная масса стали, поставляемой в рулонах, не должна превышать 20 т.

Пример условного обозначения (согласно ГОСТ 16523—70 «Сталь листовая углеродистая качественная и обыкновенного качества общего назначения») холоднокатаного листа из стали 20 размером 1,0×1000×2000 мм, с допуском по толщине для нормальной точности Б, нормальной плоскостности ПН, 5-й категории по нормируемым характеристикам, III группы отделки поверхности, глубокой выглажки:

Лист
Б—ПН—1,0×1000×2000 ГОСТ 19904—74
5—III—Г—20 ГОСТ 16523—70

1. Листовая сталь подразделяется по точности, плоскостности, характеру кромки и по размерам.

2. Предельные отклонения по ширине стали с обрезной кромкой — О, поставляемой в рулонах, не должны превышать +2 мм при ширине от 500 до 1000 мм, +5 мм — св. 1000 до 1600 мм, +7 мм — св. 1600 мм.

3. Предельные отклонения по ширине стали с обрезной кромкой О, поставляемой в листах, не должны превышать +6 мм при ширине до 800 мм, +10 мм — св. 800 мм.

В договорно-правовых отношениях листовой прокат изготавливают с предельными отклонениями по ширине для размеров до 1000 мм, св. 1000 до 1500 мм, св. 1500 мм для листов повышенной точности +3 мм, +5 мм, +7 мм, а для листов обычной точности +5 мм, +7 мм, +10 мм соответственно.

4. Предельные отклонения по ширине стали с необрезной кромкой — НО не должны превышать +20 мм.

5. Предельные отклонения по длине листовой стали, прокатанной полностью, не должны превышать +10 мм при длине листов до 1500 мм, +15 мм — св. 1500 мм.

6. Предельные отклонения по длине листовой стали, прокатанной на непрерывных станах и порезанной на листы, не должны превышать +15 мм — при длине листов до 1500 мм; +10 мм в договорно-правовых отношениях; +20 мм при длине св. 1500 до 3000 мм, +25 мм — св. 3000 мм.

44. Сталь прокатная широкополосная универсальная (ГОСТ 82—70)

Продолжение табл. 44

Толщина	Ширина
6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0; 14,0; 16,0; 18,0; 20,0; 22,0; 25,0; 28,0; 30; 32,0; 36,0; 40,0; 45,0; 50,0; 55,0; 60,0	200, 210, 220, 240, 250, 260, 280, 300, 320, 340, 360, 380, 400, 420, 450, 480, 500, 530, 600, 630, 650, 670, 700, 750, 800, 850, 900, 950, 1000, 1050

Широкополосную сталь любой толщины от 6 до 60 мм изготавливают шириной от 200 до 1050 мм.

По требованию потребителя допускается изготовление широкополосной стали шириной 160, 170, 180, 190, 350, 440, 470, 520, 550, 580 и 710 мм.

1. Широкополосную сталь изготавливают длиной от 5 до 12 м, а по согласованию сторон до 18 м немерной длины, мерной длины, длины, кратной мерной, мерной длины с остатком до 5 %. Остатком считаются полосы длиной от 1 до 5 м.

2. Предельные отклонения по размерам широкополосной стали должны соответствовать:

а) по толщине для полос толщиной до 20 мм вкл. $\begin{matrix} +0,3 \\ -0,5 \end{matrix}$ мм
от 22 до 30 мм вкл. $\begin{matrix} +0,4 \\ -0,6 \end{matrix}$ мм, от 32 до 50 мм вкл. $\begin{matrix} +0,5 \\ -0,7 \end{matrix}$ мм, до 55 мм, и более $\begin{matrix} +0,6 \\ -0,8 \end{matrix}$ мм.

Для продукции с государственным Знаком качества предельные отклонения по толщине широкополосной стали должны соответствовать для полос толщиной до 20 мм вкл. $\begin{matrix} +0,28 \\ -0,52 \end{matrix}$ мм, от 22 до 30 мм вкл. $\begin{matrix} +0,38 \\ -0,62 \end{matrix}$ мм, от 32 до 50 мм вкл. $\begin{matrix} +0,48 \\ -0,72 \end{matrix}$ мм;

б) по ширине для полос шириной до 400 мм вкл. $\begin{matrix} +2,0 \\ -2,5 \end{matrix}$ мм, от 420 до 800 мм вкл. $\begin{matrix} +2,0 \\ -3,0 \end{matrix}$ мм, от 850 мм и более $\begin{matrix} +3,0 \\ -4,0 \end{matrix}$ мм;

в) по длине (мерной и кратной мерной) для полос толщиной до 12 мм вкл. +15 мм, от 14 до 25 мм вкл. +25 мм, от 28 мм и более +35 мм.

3. По ребровой кривизне полосы изготавливают двух классов: повышенной точности изготовления — класс А и обычной точности изготовления — класс Б.

Местная ребровая кривизна на 1 м длины полосы не должна превышать 1 мм для класса А, 2 мм для класса Б.

Общая кривизна не должна превышать произведения местной кривизны 1 м полосы на длину полосы в метрах.

4. Допускаемая выпуклость боковых граней не должна превышать 3 мм при толщине полосы до 12 мм вкл., 4 мм при толщине от 14 до 20 мм вкл., 5 мм при толщине от 22 мм и более.

При этом размеры полосы не должны превышать предельных отклонений по ширине.

5. Отклонение от плоскостности широкополосной стали не должно превышать 0,3 % ширины в поперечном направлении, 0,3 % длины в продольном направлении.

6. Косина реза широкополосной стали не должна превышать 1,5 % ширины для полос шириной до 500 мм, 1,0 % ширины для полос шириной свыше 500 мм.

Для продукции с государственным Знаком качества косина реза стали не должна превышать 1,48 % ширины для полос шириной до 500 мм.

Пример условного обозначения широкополосной стали марки СтЗсп, толщиной 20 мм, шириной 500 мм с ребровой кривизной по классу:

Полоса $\frac{A20 \times 500 \text{ ГОСТ } 82-70}{\text{СтЗсп ГОСТ } 14637-79}$

Пример условного обозначения (согласно ГОСТ 1577—81 «Прокат листовой и широкополосный универсальный из конструкционной качественной стали. Технические условия») на широкополосный универсальный прокат обычной точности изготовления по ребровой кривизне (Б), размером 6×700×6000 мм по ГОСТ 82—70, из стали марки 20, категории I, без термообработки:

Полоса универсальная
 $\frac{Б-6 \times 700 \times 6000 \text{ ГОСТ } 82-70}{20-I \text{ ГОСТ } 1577-81}$

45. Лента стальная горячекатаная (ГОСТ 6009—74) (размеры в мм)

Ширина	Масса 1 м ленты, кг, при толщине												
	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
20	0,188	0,220	0,236	0,251	0,283	0,314	0,345	0,393	0,471	0,550			
22	0,207	0,242	0,259	0,276	0,311	0,345	0,380	0,432	0,518	0,604			
25	0,236	0,275	0,294	0,314	0,353	0,393	0,432	0,491	0,589	0,687			
28	0,264	0,308	0,327	0,352	0,396	0,440	0,484	0,550	0,659	0,769			
30		0,330	0,353	0,377	0,424	0,471	0,518	0,589	0,707	0,824			
32		0,352	0,377	0,402	0,452	0,502	0,553	0,628	0,754	0,879			
36		0,396	0,424	0,452	0,509	0,565	0,622	0,707	0,848	0,989			
40		0,440	0,471	0,502	0,565	0,628	0,691	0,785	0,942	1,099			
45		0,495	0,530	0,565	0,636	0,707	0,777	0,883	1,060	1,236			
50		0,550	0,589	0,628	0,707	0,785	0,864	0,981	1,178	1,374			
60						0,942	1,036	1,178	1,413	1,649			
63						0,989	1,088	1,236	1,484	1,731			
65						1,021	1,123	1,276	1,531	1,786			
70						1,072	1,209	1,374	1,649	1,923			
75						1,178	1,295	1,472	1,766	2,061			
80						1,256	1,382	1,570	1,884	2,198			
85						1,334	1,468	1,668	2,002	2,335			
90								1,766	2,120	2,473			
100								1,963	2,355	2,748			
110								2,159	2,591	3,022			
120								2,355	2,826	3,297			
130								2,551	3,062	3,572			
150								2,944	3,583	4,121			
160								3,136	3,768	4,396			
170								3,332	4,004	4,671			
175								3,434	4,121	4,808			
190								3,724	4,475	5,220			
200								3,920	4,710	5,495			7,850
215									5,063	5,907			7,065
220									5,181	6,045			7,595
													7,772
													6,28
													6,751
													6,908

Примечания. Площадь поперечного сечения ленты вычислена по номинальным размерам. При вычислении массы 1 м плотность стали принята равной 7,85 г/см³.

Продолжение табл. 45

Предельные отклонения по толщине ленты для ленты с катаной кромкой, мм

Ширина	Предельные отклонения по толщине	Ширина	Предельные отклонения по толщине
От 20 до 100	+0,15 -0,2	Св. 100 до 150 » 150 » 220	+0,2 -0,25 +0,25 -0,3

Предельные отклонения по толщине ленты для разрезной ленты, мм

Толщина	Ширина исходной ленты			
	св. 200 до 500	св. 500 до 750	св. 750 до 1100	св. 1100 до 1500
1,2	±0,11	±0,12	±0,18	—
Св. 1,2 до 1,4	±0,12	±0,13	±0,16	±0,16
» 1,4 » 1,8	±0,14	±0,15	±0,16	±0,17
» 1,8 » 2,0	+0,14 -0,15	+0,15 -0,16	+0,15 -0,18	+0,16 -0,2
» 2,0 » 2,2	+0,14 -0,16	+0,15 -0,17	+0,15 -0,19	+0,17 -0,21
» 2,2 » 2,5	+0,14 -0,18	+0,15 -0,19	+0,16 -0,2	+0,17 -0,23
» 2,5 » 3,0	+0,15 -0,19	+0,16 -0,2	+0,17 -0,22	+0,18 -0,24
» 3,0 » 3,5	+0,16 -0,2	+0,17 -0,23	+0,18 -0,25	+0,22 -0,28
» 3,5 » 3,8	+0,18 -0,24	+0,2 -0,26	+0,2 -0,3	+0,25 -0,33
» 3,8 » 5,0	+0,2 -0,3	+0,2 -0,36	+0,2 -0,4	+0,28 -0,4

Примечание. Предельные отклонения по ширине должны соответствовать +0,8 мм для ленты с катаной кромкой шириной до 60 мм; +1,5 % ширины для ленты с катаной кромкой шириной св. 60 мм; +2,0 мм для разрезной ленты.

Пример условного обозначения горячекатаной ленты толщиной 3,5 мм, шириной 50 мм из стали марки БСт2пс:

Лента 3,5×50 БСт2пс ГОСТ 6009—74

46. Лента горячекатаная (подкат) из углеродистой качественной конструкционной стали * (ГОСТ 1530—78)

Толщина, мм	Ширина, мм
2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 3,9; 4,0; 4,5; 5,0; 5,3; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0	100, 105, 110, 120, 125, 130, 135, 140, 150, 160, 170, 175, 180, 190, 200, 210, 215, 220, 240, 250, 260, 280, 300, 320, 340, 350, 360, 380, 400, 420, 450, 480, 490, 500, 520, 540, 560, 580, 600

* Марки стали: 08, 08кп, 08пс, 10, 10кп, 10пс, 15, 15кп, 15пс, 20, 20кп, 20пс, 11кп, 18кп, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 — по ГОСТ 1050—74; 65, 70, 60Г, 65Г — по ГОСТ 14959—79; 08Ю — по ГОСТ 9045—80; 11ЮА, 18ЮА — по ГОСТ 303—81.

1. Предельные отклонения по ширине ленты должны быть не более $\pm 2,0$ мм для обрезной ленты, не более $\pm 4\%$ номинальной ширины для необрезной ленты.

2. Лента изготавливается с обрезной и необрезной кромкой в рулонах, состоящих из одного куска (отдельного или соединенного сварным швом). Место сварного шва должно быть отмечено.

3. Серповидность и телескопичность — по ГОСТ 19903—74.

4. Разнотолщинность в одном поперечном сечении ленты шириной менее 200 мм не должна превышать 0,10 мм, а при ширине 200 мм и более — половины суммы предельных отклонений по толщине.

Лента, предназначенная для переката на холоднокатаную ленту повышенной точности при ширине до 600 мм, не должна иметь разнотолщинность более 0,1 мм.

5. Минимальная масса рулона из ленты толщиной до 5 мм должна быть не менее 2,5 кг на 1 мм ширины, а при толщине более 5 мм — не менее 4,0 кг на 1 мм ширины.

Примеры условных обозначений. Лента из стали 20, толщиной 3 мм, шириной 500 мм, с обрезной кромкой (О), повышенной точности прокатки (А):
Лента 20—О—А—3×500 ГОСТ 1530—78

То же, из стали марки 08Ю, толщиной 4 мм, шириной 360 мм, с необрезной кромкой (НО), нормальной точности прокатки (Б):
Лента 08Ю—НО—Б—4×1500 ГОСТ 1530—78

Лист из стали марки 08кп, толщиной 4,0 мм, шириной 1500 мм, травленный, с необрезной кромкой (НО), нормальной точности прокатки (Б):
Лист 08кп—НО—Б—4×1500 ГОСТ 1530—78

Предельные отклонения (мм) по толщине для ленты, * полученной продольной резкой

Толщина	Ширина исходной полосы				
	св. 200 до 500	св. 500 до 750	св. 750 до 1000	св. 1000 до 1500	св. 1500 до 1700
2,0	$\pm 0,13$	$\pm 0,14$	$\pm 0,15$	$\pm 0,16$	$\pm 0,17$
Св. 2,0 до 2,2	$\pm 0,14$	$\pm 0,15$	$\pm 0,16$	$\pm 0,17$	$\pm 0,18$
» 2,2 » 2,5	$\pm 0,15$	$\pm 0,16$	$\pm 0,17$	$\pm 0,18$	$\pm 0,19$
» 2,5 » 3,0	$\pm 0,16$	$\pm 0,17$	$\pm 0,18$	$\pm 0,19$	$\pm 0,20$

Продолжение табл. 46

Толщина	Ширина исходной полосы				
	св. 200 до 500	св. 500 до 750	св. 750 до 1000	св. 1000 до 1500	св. 1500 до 1700
Св. 3,0 до 3,5	$\pm 0,17$	$\pm 0,18$	$\pm 0,19$	$\pm 0,20$	$\pm 0,22$
» 3,5 » 3,9	$\pm 0,19$	$\pm 0,20$	$\pm 0,21$	$\pm 0,22$	$\pm 0,24$
» 3,9 » 5,5	—	$+0,10$ $-0,40$	$+0,15$ $-0,40$	$+0,10$ $-0,50$	$+0,20$ $-0,50$
» 5,5 » 7,5	—	$-0,50$	$+0,10$ $-0,60$	$+0,10$ $-0,60$	$+0,20$ $-0,60$
» 7,5 » 8,0	—	$-0,80$	$+0,10$ $-0,80$	$+0,20$ $-0,80$	$+0,20$ $-0,80$

* Повышенной точности прокатки.

Примечание. По согласию потребителя с изготовителем допускается поставка ленты с предельными отклонениями по толщине по ГОСТ 19903—74 для нормальной точности прокатки.

Предельные отклонения (мм) по толщине для горячекатаной ленты

Толщина	Предельные отклонения	Толщина	Предельные отклонения
2,0	$\pm 0,13$ / $+0,14$ $-0,15$	Св. 3,5 до 3,8	$\pm 0,19$ / $+0,18$ $-0,24$
Св. 2,0 до 2,2	$\pm 0,14$ / $+0,14$ $-0,16$	» 3,8 » 4,5	$\pm 0,20$ / $+0,15$ $-0,30$
» 2,2 » 2,5	$\pm 0,15$ / $+0,14$ $-0,18$	» 4,5 » 5,0	$+0,15$ / $+0,20$ $-0,30$ / $-0,30$
» 2,5 » 3,0	$\pm 0,16$ / $+0,15$ $-0,19$	» 5,0 » 7,0	$+0,20$ / $+0,20$ $-0,35$ / $-0,38$
» 3,0 » 3,5	$\pm 0,17$ / $+0,16$ $-0,20$	» 7,0 » 8,0	$+0,20$ / $+0,20$ $-0,40$ / $-0,48$

Примечания: 1. В числителе — для повышенной точности прокатки, в знаменателе — для нормальной. 2. По согласию изготовителя с потребителем поставляют ленту с предельными отклонениями по толщине $\pm 5\%$ номинальной толщины.

47. Лента холоднокатаная из низкоуглеродистой стали * (ГОСТ 503—81)

Стандарт распространяется на холоднокатаную ленту из низкоуглеродистой стали, предназначенную для гибки, штамповки деталей, для изготовления труб, порошковой проволоки, деталей подшипников и других металлических изделий.

1.** Ленту изготовляют:

по состоянию материала: особо мягкая — ОМ, мягкая — М, полунагартованная — ПН, нагартованная — Н, высоконагартованная — ВН;

по точности изготовления:

по толщине: нормальной точности, повышенной точности — Т, высотой точности — В;

по ширине: нормальной точности, повышенной точности Ш;

по виду и качеству поверхности: первой группы — 1, второй группы — 2, третьей группы — 3, четвертой группы — 4;

по виду кромок: с обрезными кромками, с необрезными кромками — НО;

по микроструктуре: без контроля, с контролем — К;

по серповидности: без контроля, с контролем, класс А, класс Б.

2. Лента изготавливается размерами по толщине: 0,05; 0,06; 0,07; 0,08; 0,09; 0,10; 0,11; 0,12; 0,15; 0,18; 0,20; 0,22; 0,25; 0,28; 0,30; 0,32; 0,35; 0,40; 0,45; 0,50; 0,55; 0,57; 0,60; 0,65; 0,70; 0,75; 0,80; 0,85; 0,90; 0,95; 1,0; 1,05; 1,10; 1,15; 1,20; 1,25; 1,30; 1,35; 1,40; 1,45; 1,50; 1,55; 1,60; 1,65; 1,70; 1,75; 1,80; 1,85; 1,90; 1,95; 2,0; 2,10; 2,20; 2,25; 2,30; 2,40; 2,45; 2,50; 2,60; 2,70; 2,80; 2,90; 3,0; 3,10; 3,20; 3,30; 3,40; 3,50; 3,60; 3,80; 4,00 мм.

по ширине: 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30; 32; 34; 36; 38; 39; 40; 42; 43; 45; 46; 48; 50; 52; 53; 54; 55; 56; 60; 63; 65; 66; 70; 73; 75; 76; 80; 83; 85; 86; 90; 93; 95; 96; 100; 102; 103; 105; 110; 112; 114; 115; 117; 120; 123; 125; 130; 135; 140; 142; 145; 150; 155; 160; 165; 170; 175; 180; 185; 190; 195; 200; 205; 210; 215; 220; 225; 230; 235; 240; 245; 250; 260; 270; 280; 290; 300; 310; 320; 325; 330; 340; 350; 360; 370; 380; 390; 400; 410; 420; 430; 440; 450 мм.

3. Ленту высокой точности по толщине изготовляют по согласованию изготовителя с потребителем.

4. Ленту толщиной 2,0 мм и более, шириной менее 20 мм изготовляют по согласованию изготовителя с потребителем.

5. Ленту толщиной 3,0 мм, предназначенную для подшипников, изготовляют шириной 19 мм.

6. По согласованию изготовителя с потребителем допускается изготовление ленты промежуточных размеров по толщине и ширине с предельными отклонениями по ближайшему большему размеру.

Примеры условных обозначений. Лента из стали марки 08кп, особомягкая, высокой точности изготовления по толщине, нормальной точности изготовления по ширине, 1-й группы поверхности, с обрезной кромкой, с контролем микроструктуры, с контролем серповидности класса А, толщиной 0,2 мм, шириной 60 мм:

Лента 08кп—ОМ—В—1—К—А—0,2×60 ГОСТ 503—81

То же, из стали марки 10пс, полунагартованная, повышенной точности изготовления по толщине, 3-й группы поверхности, с необрезной кромкой, толщиной 2,0 мм, шириной 200 мм:

Лента 10пс—ПН—Т—3—НО—2,0×200 ГОСТ 503—81

* Марки стали: 08кп, 08пс, 08, 10кп, 10пс, 10.

** Механические свойства, требования к качеству поверхности приведены в технических требованиях ГОСТ 503—81.

Продолжение табл. 47

Ширина выпускаемой ленты в зависимости от толщины, мм

Толщина	Ширина
От 0,05 до 0,28	4—240
Св. 0,28 до 0,40	4—300
» 0,40 » 0,45	5—300
» 0,45 » 0,50	5—450
» 0,50 » 0,80	6—450
» 0,80 » 0,85	8—450
» 0,85 » 1,00	9—450
» 1,00 » 2,00	10—450
» 2,00 » 3,00	15—450
» 3,00 » 4,00	20—450

Продолжение табл. 47

Предельное отклонение по толщине ленты, мм

Толщина	Точность изготовления		
	нормальная	повышенная	высокая
От 0,05 до 0,08	—0,015	—0,01	—
Св. 0,08 до 0,15	—0,02	—0,015	—0,01
Св. 0,15 до 0,25	—0,03	—0,02	—0,015
Св. 0,25 до 0,40	—0,04	—0,03	—0,02
Св. 0,40 до 0,70	—0,05	—0,04	—0,025
Св. 0,70 до 0,95	—0,07	—0,05	—0,03
Св. 0,95 до 1,30	—0,09	—0,06	—0,04
Св. 1,30 до 1,70	—0,11	—0,08	—0,05
Св. 1,70 до 2,30	—0,13	—0,10	—0,06
Св. 2,30 до 3,00	—0,16	—0,12	—0,08
Св. 3,00 до 4,00	—0,20	—0,16	—0,10

Предельное отклонение по ширине, мм

Толщина ленты	Обрезная лента						Необрезная лента		
	нормальной точности			повышенной точности					
	До 125 вкл.	Св. 125 до 250 вкл.	Св. 250 до 450	До 125 вкл.	Св. 125 до 250 вкл.	Св. 250 до 450	До 125 вкл.	Св. 125 до 250 вкл.	Св. 250 до 450
От 0,05 до 0,60 вкл.	—0,3	—0,5	—0,5	—0,2	—0,25	—0,4			
Св. 0,60 до 1,00 вкл.	—0,4	—0,6	—0,6	—0,25	—0,3	—0,5	+2,0 —2,5	+3,0 —4,0	+4,5 —6,0
Св. 1,00	—0,5	—0,7	—0,8	—0,4	—0,6	—0,7			

48. Лента из углеродистой стали
холоднокатаная резаная
(ГОСТ 19851—74) для холодной
штамповки деталей и других целей

Толщина мм	Предельные отклонения (мм) толщины при точности изготовления	
	повышенной А	нормальной Б
От 0,5 до 0,6	±0,05	±0,06
Св. 0,6 до 0,7	±0,06	±0,07
» 0,7 » 0,9	±0,06	±0,08
» 0,9 » 1,1	±0,07	±0,09
» 1,1 » 1,2	±0,09	±0,11
» 1,2 » 1,4	±0,10	±0,12
» 1,4 » 1,5	±0,11	±0,12
» 1,5 » 1,8	±0,12	±0,14
» 1,8 » 2,0	±0,13	±0,15
» 2,0 » 2,2	±0,14	±0,16
» 2,2 » 2,5	±0,15	±0,17
» 2,5 » 3,0	±0,16	±0,18
» 3,0 » 3,2	±0,18	±0,20

1. Ленту подразделяют по качеству отделки поверхности на группы: I, II, III (ГОСТ 9045—80 или ГОСТ 16523—70) и IV;

по способности к вытяжке на категории: без нормирования вытяжки, нормальная вытяжка — Н, глубокая вытяжка — Г, весьма глубокая вытяжка — ВГ, сложная вытяжка — СВ, особо сложная вытяжка — ОСВ;

по методам испытаний и нормируемым характеристикам: с контролем механических свойств, вытяжки и микроструктуры; без контроля механических свойств, вытяжки и микроструктуры — по штампуемости; по точности изготовления: нормальной точности — Б, повышенной точности — А.

по штампуемости поставляют сталь категорий Г, ВГ, СВ и маркируют буквами ШТ.

Продолжение табл. 48

2. Ленту изготавливают толщиной от 0,5 до 3,2 мм — категорий Г, Н и без нормирования вытяжки, от 0,5 до 3,0 мм — категории ВГ, от 0,5 до 2,0 мм — категорий ОСВ и СВ.

3. Ленту изготавливают с обрезной кромкой шириной от 100 до 500 мм с градацией 5 мм. При ширине ленты от 100 до 140 мм толщиной до 1 мм градация по ширине должна быть 1 мм.

4. Предельные отклонения по ширине ленты не должны превышать +1 мм. По соглашению сторон предельные отклонения от —0,5 мм до +2,0 мм.

5. Разнотолщинность ленты в одном поперечном сечении не должна превышать 1/3 допуска по толщине при ширине ленты от 100 до 300 мм, 1/2 допуска по толщине при ширине ленты св. 300 до 500 мм.

6. Ребровая кривизна ленты не должна превышать 10 мм на 3 м.

7. Внутренний диаметр рулонов — от 300 до 800 мм, наружный — до 1850 мм. Диаметр рулона указывается в заказе. Телескопичность рулонов не должна превышать 15 мм.

Пример условного обозначения. Лента из стали марки 08пс, весьма глубокой вытяжки, повышенной точности изготовления, II группы поверхности, с поставкой по штампуемости, толщиной 1,2 мм и шириной 300 мм:

Лента 08пс—ВГ—А—II—
—ШТ—1,2×300
ГОСТ 19851—74

49. Лента холоднокатаная
из коррозионно-стойкой и жаростойкой
стали (ГОСТ 4986—79)

Толщина, мм	Предельные отклонения (мм) ленты по толщине при точности изготовления		
	высокой	повышенной	нормальной
0,05	—0,010	—0,015	—0,02
0,08			
0,10		—0,02	—0,03
0,12	—0,015		
0,15			—0,04
0,20	—0,02	—0,03	
0,25			—0,05
0,30	—0,03		
0,35		—0,04	—0,06
0,40	—		
0,45			
0,50			
0,55	—	—0,05	—0,07
0,60			
0,65			
0,70			
0,75	—	—0,06	—0,08
0,80			
0,90			
1,00			
1,10	—	—0,08	—0,10
1,20			
1,30			
1,40			
1,50	—	—0,10	—0,12
1,60			
1,70			
1,80	—	—0,13	—0,15
1,90			
2,00	—	—0,16	—0,18

Примечания: 1. По согласованию изготовителя с потребителем ленту изготавливают с двусторонними предельными отклонениями по толщине с сохранением поля предельных отклонений.
2. По согласованию с потребителем допускается изготовление ленты промежуточных размеров по толщине с предельными отклонениями по ближайшему большему размеру.
3. Мягкую ленту группы 3 изготавливают толщиной 0,10 мм и выше.

Продолжение табл. 49
Предельные отклонения ленты
по ширине в зависимости от толщины,
мм

Ширина	Толщина			
	от 0,05 до 0,5	св. 0,5 до 1,0	св. 1,0 до 2,0	
От 6 до 100	—0,3	—0,4	—0,6	
Св. 100 » 300	—0,5	—0,6	—0,8	
» 300 » 410	—0,6	—0,8	—1,0	

Примечание. По соглашению с потребителем ленту изготавливают с двусторонними предельными отклонениями по ширине с сохранением поля предельных отклонений.

Предельные отклонения по ширине
для необрезной ленты, мм

Ширина	Предельные отклонения
До 125 вкл.	+1,9
	—2,5
Св. 125 до 250 вкл.	+3,1
	—4,0
» 250	—10,0

Стандарт распространяется на холоднокатаную ленту в рулонах из высоколегированной коррозионно-стойкой и жаростойкой стали марок: 20X13, 30X13, 12X13, 20X13H4Г9, 09X15H8Ю, 08X17H5M3, 12X21H5T, 15X18H12C4TЮ, 12X17Г9АН4, 10X17H13M2T, 10X17H13M3T, 12X18H9, 17X18H9, 08X18H10, 08X18H10T, 12X18H10T, 12X18H10E, 03X18H12-ВИ, 20X23H18, 12X25H16Г7АР, 06XН28МДТ толщиной от 0,05 до 2,0 мм и шириной от 6 до 410 мм.

Продолжение табл. 49

1. Лента подразделяется: по виду обработки: мягкая — М, полунагартованная — ПН, нагартованная — Н, высоконагартованная — ВН; по виду и качеству поверхности: первая группа — 1, вторая группа — 2, третья группа — 3;

по точности изготовления: высокой точности — ВТ, повышенной точности — ПТ, нормальной точности — НТ;

по виду кромок: необрезная — НО, обрезная — О.

1. Ленту изготавливают в рулонах без сварных швов и со сварными швами. Длина ленты должна быть не менее 10 м. Допускается изготовление ленты длиной от 1,5 до 10 м не более 10 % массы партии. Расстояние между сварными швами в ленте должно быть не менее 4 м, а для ленты толщиной 1,5—2 мм — не менее 3 м. Места сварки должны быть отмечены. На ленте толщиной 0,3 мм и менее места сварки отмечают с одной стороны.

2. Ленту изготавливают шириной от 10 до 410 мм с градацией в 5 мм. Ленту толщиной до 1,0 мм и шириной до 100 мм изготавливают с меньшей градацией ширины, но не менее 1 мм.

По требованию потребителя обрезную ленту изготавливают шириной от 6,0 до 10,0 мм.

3. По требованию потребителя обрезную ленту изготавливают с серповидностью на 1 м длины не более 3 мм для ленты шириной до 50 мм, 2 мм — шириной св. 50 мм.

4. Отклонение от плоскостности на отрезке ленты длиной 1 м не должна превышать 3 мм для ленты шириной менее 50 мм, 5 мм — шириной св. 50 до 190 мм, 10 мм — шириной св. 190 мм.

Продолжение табл. 49

При изготовлении мягкой ленты толщиной 0,2 мм и менее, шириной свыше 190 мм без дрессировки отклонение от плоскостности не должно превышать 15 мм.

Примечание. Допускается продольный равномерный изгиб.

5. Внутренний диаметр рулонов для ленты толщиной 0,2 мм и более — от 150 до 600 мм, для ленты толщиной менее 0,2 мм — не более 400 мм.

По согласованию с потребителем лента изготавливается с заданным внутренним диаметром рулона.

Примеры условных обозначений. Лента холоднокатаная из стали марки 12Х13, мягкая, нормальной точности, 3-й группы, обрезная, толщиной 0,5 мм, шириной 100 мм:

Лента 12Х13—М—НТ—3—0—0,5×100 ГОСТ 4986—79

То же, из стали марки 12Х18Н9, полунагартованная, повышенной точности, 2-й группы, необрезная, толщиной 0,2 мм, шириной 400 мм:

Лента 12Х18Н9—ПН—ПТ—2—НО—0,2×400 ГОСТ 4986—79

Примечание. Требования к режимам термической обработки, механическим свойствам, качеству поверхности изготавливаемой ленты приведены в технических требованиях ГОСТ 4986—79.

Продолжение табл. 50

50. Лента стальная холоднокатаная термообработанная *, мм (ГОСТ 21996—76)

Толщина	Ширина	Толщина	Ширина
0,05	5—40	0,28	5—100
0,055	5—40	0,30	5—100
0,06	5—40	0,32	5—100
0,07	5—40	0,35	5—100
0,08	5—40	0,36	5—100
0,09	5—40	0,40	5—100
0,10	5—100	0,45	6—100
0,11	5—100	0,50	6—100
0,12	5—100	0,55	7—100
0,13	5—100	0,60	7—100
0,14	5—100	0,63	8—100
0,15	5—100	0,65	8—100
0,16	5—100	0,70	8—100
0,18	5—100	0,80	8—100
0,20	5—100	0,90	9—100
0,22	5—100	1,0	9—100
0,24	5—100	1,1	10—100
0,25	5—100	1,2	10—100
0,26	5—100	1,3	10—100

* Ленту изготавливают из стали марок 50, 60 по ГОСТ 1050—74; У7А, У8А, У9А, У10А, У12А по ГОСТ 1435—74; 70, 65Г, 60С2А, 70С2ХА по ГОСТ 14959—79.

Примечание. По согласованию сторон допускается изготовление ленты промежуточных размеров по толщине и ширине.

1. Лента подразделяется: по прочности (временному сопротивлению разрыву или твердости) на группы: первую — 1П ($\sigma_{\text{в}}$ 1300—1600 МПа), вторую — 2П ($\sigma_{\text{в}}$ 1610—1900 МПа), третью — 3П ($\sigma_{\text{в}}$ свыше 1900 МПа);

по точности изготовления: по толщине: нормальной точности, повышенной точности — ПТ, высокой точности — ВТ;

по ширине: нормальной точности, повышенной точности — ПШ, высокой точности — ВШ;

по виду поверхности: светлокленую, светлокленую с цветами побежалости — Ц, полированную — С, колоризованную — К, темную — Ч;

по виду кромок: с обрезными кромками, с обработанными кромками — Д.

Лента в зависимости от толщины изготавливается шириной 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 30, 32, 35, 36, 38, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 74, 75, 76, 80, 83, 85, 90 и 100 мм. Исходя из приведенного ряда, диапазон размеров изготавливаемой ленты приведен в табл. 50.

Примеры условных обозначений. Лента 1-й группы прочности, повышенной точности изготовления по толщине, нормальной точности по ширине, с обработанными кромками, светлокленая с цветами побежалости, размером 0,7×20 мм:

Лента 1П—ПТ—Ц—Д—0,7×20 ГОСТ 21996—76

То же, 3-й группы прочности, повышенной точности изготовления по толщине и ширине, с обрезными кромками, светлокленая, размером 0,3×15 мм:

Лента 3П—ПТ—ПШ—0,3×15 ГОСТ 21996—76

Предельные отклонения по толщине ленты, мм

Толщина	Точность изготовления		
	нормальная	повышенная	высокая
0,05—0,08	—0,015	—0,010	—0,008
0,09—0,15	—0,02	—0,015	—0,010
0,16—0,25	—0,03	—0,020	—0,015
0,26—0,40	—0,04	—0,03	—0,02
0,45—0,70	—0,05	—0,04	—0,03
0,80—0,90	—0,07	—0,05	—0,04
1,0—1,3	—0,09	—0,06	—0,05

Предельные отклонения по ширине ленты, мм

Толщина	Ширина	
	до 80	св. 80
	Точность изготовления	
До 0,5 Св. 0,5 до 1,3	нормальная	
	—0,3	—0,4
	—0,4	—0,5

Продолжение табл. 50

Толщина	Ширина		
	до 80	св. 80	до 80
	Точность изготовления		
	повышенная	высокая	
До 0,5	-0,2	-0,3	-0,1
Св. 0,5 до 1,3	-0,3	-0,4	-0,2

Примечание. Для лент неотвественного назначения по требованию потребителя допускается увеличение предельных отклонений в 1,5 раза по сравнению с отклонениями ленты нормальной точности, установленными в табл. 50.

51. Сталь листовая горячекатаная двухслойная коррозионно-стойкая (ГОСТ 10885—75)

Стандарт распространяется на горячекатаные двухслойные коррозионно-стойкие листы с основным слоем из углеродистой или низколегированной стали и плакирующим слоем из коррозионно-стойких сталей и сплавов, никеля и монель-металла, изготовленные способами пакетной прокатки, литейного плакирования и другими способами.

1. Двухслойные листы изготавливают толщиной от 4 до 160 мм.

2. Предельные отклонения по толщине листов должны соответствовать нормальной точности прокатки для листов, изготовленных пакетной прокаткой, толщиной от 4 до 7 мм вкл. и для листов всех толщин, полученных другими методами, ГОСТ 19903—74; для листов толщиной св. 60 мм — по согласованию изготовителя с потребителем.

3. Предельные отклонения по длине и ширине листов и косина реза по ГОСТ 19903—74. Отклонения от плоскостности на 1 м длины двухслойных листов толщиной 8 мм и более не должны превышать 15 мм. Для листов толщиной менее 8 мм отклонения от плоскостности устанавливаются по согласованию изготовителя с потребителем.

Продолжение табл. 51

Пример условного обозначения двухслойной листовой стали толщиной 20 мм, шириной 1400 мм и длиной 4000 мм с основным слоем из стали марки 16ГС, 3-й категории по ГОСТ 5520—79 и коррозионно-стойким слоем из стали марки 08X13 по ГОСТ 5632—72:

Лист
20×1400×4000 ГОСТ 10885—76
16ГС—3+08X13

Толщина коррозионно-стойкого слоя и общая толщина выпускаемых листов, мм

Толщина листа	Толщина коррозионно-стойкого слоя	Толщина листа	Толщина коррозионно-стойкого слоя
4; 5	1,0—1,5	28; 30	3,5—5,0
6; 7	1,5—2,0	32; 34;	
8; 9;	2,0—3,0	36; 38;	
10; 11;		40; 42;	
12; 14		45; 48;	4,0—6,0
16;	2,5—3,5	50; 53;	
18; 20		55; 60	
22;	3,0—4,0		
24; 26			

Примечания: 1. Для листов толщиной св. 60 мм толщина коррозионно-стойкого слоя устанавливается по согласованию изготовителя с потребителем.

2. Для листов, изготовленных способом литейного плакирования, допускается увеличение толщины коррозионно-стойкого слоя на 20 % по сравнению с толщиной, указанной в табл. 77.

3. По заказу потребителя листы толщиной св. 10 мм изготавливают с толщиной коррозионно-стойкого слоя 3—4 мм.

4. По согласованию изготовителя с потребителем допускается увеличение толщины коррозионно-стойкого слоя.

Предельные отклонения по толщине листов от 8 до 60 мм вкл., изготовленных методом пакетной прокатки

Толщина листов, мм	Предельные отклонения, %
От 8 до 9	±10,0
» 10 » 12	±9,0
» 14 » 24	±7,0
» 25 » 30	±6,0
» 32 » 50	±5,0
» 52 » 60	±4,0

Продолжение табл. 51

Минимальная и максимальная длина двухслойных листов, мм

Толщина	Ширина							
	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
4; 5	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	—	—
6; 7	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	2000 6000	—	—
8; 9; 10	2000 7500	2000 7600	2000 7000	2000 7000	2000 6700	2000 6300	—	—
11; 12	2000 7100	2000 7600	2000 7000	2000 6600	2000 7500	2000 7000	—	—
14; 16	4500 6300	4500 7700	4000 7200	4000 7000	4000 6600	3700 7200	—	—
18; 20; 22; 24	4300 6000	4000 7200	2500 6700	3000 6200	3200 5800	3700 5500	—	3600 8400
26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40	—	—	4400 9400	4100 8800	3800 8300	3600 7800	3400 7400	3200 7000
42; 45; 48; 50; 53; 55; 60	—	—	—	4000 6200	3600 5800	3400 5500	3200 5200	3200 4900

Толщина	Ширина								
	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800
4; 5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6; 7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8; 9; 10	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11; 12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14; 16	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18; 20; 22; 24	3400 7900	3300 7500	3300 7100	3400 6800	3300 6500	3400 6300	3300 6100	3300 5900	3500 5700
26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40	3300 6600	3200 6300	3300 6000	3200 5700	3300 5500	3300 5300	3300 5100	3300 4900	3300 4700
42; 45; 48; 50; 53; 55; 60	3300 4700	3200 4500	3200 4300	3300 4100	3200 3900	3300 3700	3400 3500	3300 3400	—

Примечание. Другие размеры листов, а также размеры листов толщиной более 60 мм устанавливаются по согласованию изготовителя с потребителем.

Продолжение табл. 51

Сочетание марок сталей основного и плакирующего слоев двухслойных листов, выпускаемых промышленностью (отмечено знаком +)

Марка стали плакирующего слоя	Марка стали основного слоя										
	ВСтЗсп	10	20К	09Г2	16ГС	09Г2С	10ХСНД	10ХГСНД	12МХ	12ХМ	1Х2М1
08Х13	+	-	+	+	+	+	-	-	+	+	-
08Х17Т	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
15Х25Т	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
08Х18Н10Т	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+
12Х18Н10Т	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
03Х18Н11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10Х17Н13М2Т	+	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-
10Х17Н13М3Т	+	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-
08Х17Н15М3Т	+	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-
06ХН28МДТ	+	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-
03Х16Н15М3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ХН65МВ	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
Н70МФ	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
ХН78Т	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
Монель НМЖМц	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
28-2,5-1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Никель НП-2	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Глава 3 ДЕФОРМИРОВАНИЕ СТАЛИ И СПЛАВОВ

1. МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАЛИ И СПЛАВОВ

Для определения допустимых режимов нагрева, температурных интервалов ковки и штамповки, степени, скорости и схемы деформации, условий охлаждения поковок, а также необходимого усилия машины следует знать зависимость механических свойств обрабатываемого материала от температуры деформирования. Механические свойства (пластичность, прочность, сопротивление деформации, ковкость и др.) определяют различными методами испытаний на растяжение, сжатие, кручение и ударный изгиб.

Под пластичностью понимают свойства твердых тел необратимо деформироваться без разрушения под действием механических нагрузок или внутренних напряжений, под ковкостью — способность металлов и сплавов подвергаться ковке или объемной штамповке без разрушения. Численные значения указанных свойств описывают механическими характеристиками.

Самым распространенным является испытание на статическое растяжение. Им выявляют следующие механические характеристики материалов: σ_T — предел текучести (физический); $\sigma_{0,2}$ — предел текучести (условный); σ_B — временное сопротивление; σ_R — истинное сопротивление разрыву; δ — относительное удлинение после разрыва; ψ — относительное сужение в зоне разрыва; δ_B — относительное равномерное удлинение; $\sigma_{ш}$ — истинное временное сопротивление.

Численные значения критериев ковкости находят по следующим формулам:

$$K_\psi = \psi / \sigma_B; \quad K_\delta = \delta / \sigma_B.$$

Учитывая, что значение δ зависит от начальной длины образца, предпочтительнее отдавать критерию K_ψ . По значению K_ψ и пятибалльной шкале опре-

деляют способность металлов и сплавов к ковке и объемной штамповке (табл. 1).

Испытанием на сжатие (осадку) находят $\epsilon_{тр.ос}$ — степень деформации, соответствующую появлению на свободной поверхности образца первой трещины при осадке, а также $q_{ос}$ — удельное усилие при осадке в зависимости от степени деформации. При испытании на сжатие контактное трение оказывает существенное влияние на получаемые результаты. Коэффициент трения имеет переменное значение в зависимости от температуры, состояния контактирующих поверхностей, химического состава материалов и других факторов, учесть которые трудно.

Испытание на кручение находит все большее применение для исследования механических свойств. При кручении не образуется шейка, как при растяжении, или бочкообразность, как при сжатии. Срез и отрыв происходят по разным поверхностям. Это позволяет четко оценить сопротивление срезу и отрыву. Напряженное состояние характеризуется коэффициентом жесткости

$$K_{жк} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{\sigma},$$

где $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ — главные напряжения; σ — интенсивность напряжений.

Этим методом можно определить пластичность хрупких и высокопла-

1. Пятибалльная шкала ковкости

Балл	K_ψ , %/МПа	Ковкость
1	Менее 0,01	Не коется
2	0,01—0,3	Низкая
3	0,31—0,8	Удовлетворительная
4	0,81—2	Хорошая
5	2,1 и выше	Отличная

2. Механические характеристики стали и сплавов при ковочных температурах

Марка стали (сплава)	Температура испытания, °С	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ	ψ	K_{ψ} , % МПа	Состояние стали (сплава), размеры образца, скорости деформирования v и деформации $\dot{\epsilon}$
		МПа		%			
СтЗсп	700	74	100	57	96	0,96	Кованое и нормализованное; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	800	52	64	95	95	1,48	
	900	39	66	84	100	1,51	
	1000	25	44	79	100	2,27	
	1100	19	32	80	100	3,12	
	1200	14	25	84	100	4,0	
СтБсп	900	41	67	62	90	1,34	Прокатанное; $d_0 = 5$ мм, $l_0 = 25$ мм; $v = 2$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,001$ с ⁻¹
	1000	38	50	81	90	1,8	
	1100	14	29	65	90	3,1	
	1200	—	16	59	90	5,6	
	1250	—	11	58	90	8,2	
15	700	—	56	74	92	1,64	Прокатанное; $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $v = 1,1$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,0004$ с ⁻¹
	800	—	58	36	44	0,76	
	900	—	45	46	49	1,1	
	1000	—	28	52	80	2,9	
	1100	—	24	58	100	4,17	
	1200	—	14	65	100	7,14	
20	700	—	130	39	94	0,72	Деформированное; $d_0 = 5$ мм, $l_0 = 25$ мм; $v = 10$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹
	800	—	91	51	96	1,05	
	900	—	77	55	100	1,3	
	1000	—	48	63	100	2,08	
	1100	—	31	59	100	3,23	
	1200	—	20	64	100	5,0	
25	700	131	150	42	76	0,51	Прокатанное; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	800	70	98	57	78	0,78	
	900	48	81	53	95	1,18	
	1000	41	55	60	100	1,83	
	1100	24	39	60	100	2,55	
	1200	14	23	101	100	4,37	
	1300	20	25	67	100	4,00	
30	800	—	100	49	98	0,98	Деформированное; $d_0 = 5$ мм, $l_0 = 25$ мм; $v = 10$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹
	900	—	79	53	100	1,27	
	1000	—	49	56	100	2,04	
	1100	—	31	58	100	3,23	
	1200	—	21	64	100	4,76	
35	700	104	152	34	75	0,49	Прокатанное; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	800	70	112	56	100	0,89	
	900	56	75	54	100	0,13	
	1000	31	52	69	100	0,19	
	1100	21	40	74	100	0,25	
	1200	15	27	85	100	0,38	
	1300	18	23	58	100	0,44	

Продолжение табл. 2

Марка стали (сплава)	Температура испытания, °С	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ	ψ	K_{ψ} , % МПа	Состояние стали (сплава), размеры образца, скорости деформирования v и деформации $\dot{\epsilon}$
		МПа		%			
40	700	101	145	48	85	0,64	Прокатанное; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	800	71	113	52	97	0,86	
	900	55	72	55	100	1,4	
	1000	29	50	69	100	2,02	
	1100	24	38	60	100	2,55	
	1200	16	26	87	100	3,91	
	1300	12	18	56	100	5,73	
45	700	140	171	43	96	0,56	Кованое и нормализованное; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	800	65	115	58	98	0,85	
	900	55	77	62	100	1,30	
	1000	35	51	72	100	1,96	
	1100	22	35	81	100	2,86	
	1200	15	27	90	100	3,7	
50	700	89	117	39	98	0,83	Деформированное; $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $v = 5$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,002$ с ⁻¹
	800	46	83	45	100	1,20	
	900	16	51	43	100	1,96	
	1000	11	37	35	100	2,7	
	1100	8	29	41	100	3,45	
	1200	8	22	49	100	4,54	
20X	700	120	152	48	89	0,58	Кованое и нормализованное; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	800	64	95	56	74	0,78	
	900	52	86	64	88	1,02	
	1000	34	52	78	97	1,88	
	1100	21	34	98	100	2,94	
	1200	14	26	—	—	—	
40X	700	145	178	33	78	0,44	Кованое и отожженное; $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $v = 5$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,002$ с ⁻¹
	800	55	100	59	98	0,98	
	900	42	71	65	100	1,41	
	1000	24	44	68	100	2,27	
	1100	11	26	68	100	3,85	
	1200	11	24	70	100	4,17	
	45Г2	800	99	122	34,5	98	
900		56	75	54	98	1,31	
1000		36	50	59	100	2,00	
1100		27	36	63	100	2,78	
1200		17	26	72	100	3,85	
18ХГТ	700	208	240	46,5	88	0,37	Кованое и нормализованное; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 50$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,03$ с ⁻¹
	800	78	140	51	94	0,67	
	900	55	97	55	96	0,99	
	1000	51	80	58	100	1,25	
	1100	25	44	62	100	2,27	
	1200	14	26	56	100	3,85	

Продолжение табл. 2

Марка стали (сплава)	Температура испытания, °С	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ	ψ	K_{ψ} , % МПа	Состояние стали (сплава), размеры образца, скорости деформирования v и деформации ϵ
		МПа		%			
30ХМ	800	82	130	69	67	0,52	Прессованное; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	1000	42	57	64	100	1,75	
	1200	14	27	55	100	3,7	
34Х1МА	800	84	145	64	82	0,57	То же
	1000	41	61	42	55	0,9	
	1200	17	28	52	100	3,57	
12ХН3А	700	71	144	41	78	0,54	Кованое и отожженное; $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $v = 5$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,002$ с ⁻¹
	800	30	91	61	97	1,07	
	900	27	69	58	100	1,45	
	1000	23	45	63	100	2,22	
	1100	23	44	73	100	2,27	
	1200	12	25	70	100	4,00	
	1250	10	18	67	100	5,56	
12Х2Н4А	800	101	115	35	91	0,79	Прокатанное; $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $v = 20$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹
	900	65	82	56	96	1,17	
	1000	44	55	65	100	1,82	
	1100	32	43	64	100	2,33	
	1200	20	29	58	100	3,45	
	1250	15	23	62	100	4,35	
12Х1МФ	850	74	84	36	85	1,01	Образцы вырезаны из труб в продольном направлении; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	900	52	67	44	97	1,45	
	950	45	61	54	98	1,61	
	1000	36	51	60	100	1,96	
	1050	31	43	56	100	2,33	
	1100	23	32	58	100	3,12	
	1150	14	18	55	100	5,56	
25Х1МФ	800	146	178	43	88	0,49	Кованое и отожженное; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	900	121	133	43	80	0,60	
	1000	66	76	42	64	0,84	
	1100	39	44	33	40	0,91	
	1200	21	25	61	100	4,00	
	1250	19	22	49	100	4,54	
25Х2М1Ф	800	270	280	29	72	0,26	Кованое; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	850	260	270	35	86	0,32	
	900	220	230	34	90	0,39	
	950	126	144	40	93	0,65	
	1000	85	95	60	92	0,97	
	1100	54	62	61	81	1,31	
	1200	33	38	55	84	2,20	
1250	28	29	58	100	3,45		

Продолжение табл. 2

Марка стали (сплава)	Температура испытания, °С	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ	ψ	K_{ψ} , % МПа	Состояние стали (сплава), размеры образца, скорости деформирования v и деформации ϵ
		МПа		%			
20Х1М1Ф1ТР	700	676	726	6,5	37	0,05	Прокатанное; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	800	238	288	19	85	0,30	
	900	94	158	46	93	0,59	
	1000	85	107	36,5	100	0,93	
	1100	38	47	50	100	2,14	
	1200	24	32	82	100	3,1	
20Х2Н4А	700	64	124	56	78	0,63	Кованое и отожженное; $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $v = 5$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,002$ с ⁻¹
	800	46	57	64	95	1,67	
	900	37	57	58	100	1,75	
	1000	22	38	63	100	2,63	
	1100	20	28	59	100	3,57	
	1150	16	26	65	100	3,85	
1220	16	22	71	100	4,55		
20ХГНР	800	117	121	40,5	84	0,69	Прокатанное; $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $v = 320$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹
	900	74	82	46,5	100	1,21	
	1000	33	45	58	100	2,22	
	1100	19	30	63	100	3,33	
	1200	15	25	76	100	4,00	
	1250	16,5	23	82	100	4,35	
30ХГСА	700		178	59	51	0,29	Прокатанное; $d_0 = 5$ мм, $l_0 = 25$ мм; $v = 2$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,0013$ с ⁻¹
	800		87	62	75	0,86	
	900		54	84	90	1,67	
	1000		38	71	90	2,36	
	1100		21	59	90	4,27	
	1200		10	85	90	9,00	
30ХГСН2А	800	100	119	33	77	0,65	Прокатанное; $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $v = 20$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹
	900	65	83	51	77	0,93	
	1000	43	50	53	90	1,8	
	1100	26	33	67	100	3,03	
	1200	15	22	69	100	4,54	
	1250	11	17	77	100	5,88	
34ХН1МА	800	89	151	49	84	0,56	Прессованное; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	1000	39	58	46	65	1,12	
	1200	20	27	45	100	3,7	
34ХН3МА	825	89	148	62	98	0,66	Кованое; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	925	52	93	67	98	1,05	
	1025	37	67	72	100	1,49	
40ХН2МА (40ХНМА)	700		187	17	32	0,17	Прокатанное; $d_0 = 5$ мм, $l_0 = 25$ мм; $v = 2$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,001$ с ⁻¹
	800		91	66	90	1,00	
	900		51	69	90	1,76	
	1000		36	75	90	2,50	
	1100		24	72	90	3,75	
	1200		14	62	90	6,43	

Продолжение табл. 2

Марка стали (сплава)	Температура испытания, °С	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ	ψ	K_{ψ} , % МПа	Состояние стали (сплава), размеры образца, скорости деформирования v и деформации $\dot{\epsilon}$
		МПа		%			
18Х2Н4МА	700	230	270	31	69	0,26	Прокатанное; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	800	74	133	35	34	0,26	
	900	56	81	22	23	0,28	
	1000	42	56	31	36	0,64	
	1100	24	37	63	100	2,70	
	1200	20	25	46	100	4,00	
38Х2МЮА	800	100	114	66	95	0,84	Прокатанное и отожженное; $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $v = 20$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹
	900	68	80	58	97	1,12	
	1000	41	51	66	98	1,92	
	1100	22	32	73	100	3,12	
	1200	15	22	77	100	4,54	
	1250	11	18	95	100	5,56	
20Х3МВФ	1000	29	51	59	97	1,90	Кованое, нормализованное; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 2$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	1050	23	40	64	100	2,50	
	1100	22	35	67	100	2,86	
	1150	15	28	65	100	3,57	
P18	700	380	440	23	61	0,14	Кованое и отожженное; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,001$ с ⁻¹
	800	189	220	42	79	0,36	
	900	154	194	46	71	0,37	
	1000	116	119	54	53	0,44	
	1100	61	65	70	83	1,27	
	1200	25	27	49	80	3,00	
60С2	800	85	99	66	97	0,98	Прокатанное; $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $v = 20$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹
	900	56	68	62	96	1,42	
	1000	36	43	61	100	2,33	
	1100	20	26	78	100	3,85	
	1200	12	15	90	100	67	
ШХ15	1000	33	43	61	100	2,33	Деформированное и отожженное; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	1050	29	49	62	100	2,04	
	1100	20	30	72	100	3,33	
	1150	17	26	61	100	3,85	
9Х1	700	105	134	59	95	0,71	Прокатанное и термически обработанное; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	800	89	122	57	95	0,77	
	900	45	77	54	94	1,22	
	1000	34	52	67	98	1,89	
	1200	11	19	73	100	5,26	

Продолжение табл. 2

Марка стали (сплава)	Температура испытания, °С	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ	ψ	K_{ψ} , % МПа	Состояние стали (сплава), размеры образца, скорости деформирования v и деформации $\dot{\epsilon}$
		МПа		%			
9Х2	700	126	165	45	83	0,5	Кованое и отожженное; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	800	103	139	47	91	0,67	
	900	108	137	50	84	0,61	
	1000	42	51	54	100	1,96	
	1100	21	31	75	100	3,23	
	1200	11	12	71	100	8,33	
9ХС	800	110	134	26,5	68	0,51	Прокатанное; $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $v = 20$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹
	900	66	75	41	95	1,27	
	1000	43	47	52	86	1,82	
	1100	20	32	54	83	2,58	
	1200	15	20	83	100	5,00	
	1250	12	16	78	100	6,19	
60ХН	700		96	40	100	1,04	Деформированное; $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $v = 5$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,002$ с ⁻¹
	800		79	40	100	1,27	
	900		56	46	100	1,79	
	1000		39	40	100	2,56	
	1100		28	38	100	3,57	
	1200		23	39	100	4,35	
90ХМФ	800	125	160	35	92	0,58	Образцы вырезаны из поковки вала в тангенциальном направлении; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	900	94	114	51	98	0,81	
	1000	50	65	71	100	1,54	
	1100	26	38	82	100	2,63	
	1180	20	27	83	100	3,71	
У7	700		110	64	90	0,81	Деформированное и отожженное; $d_0 = 5$ мм, $l_0 = 25$ мм; $v = 10$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹
	800		96	65	100	1,04	
	900		64	60	100	1,56	
	1000		37	62	100	2,70	
	1100		22	65	100	4,54	
	1200		17	92	100	5,88	
У8	700		106	58	91	0,87	Деформированное и отожженное; $d_0 = 5$ мм, $l_0 = 25$ мм; $v = 10$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹
	800		93	58	100	1,08	
	900		56	62	100	1,79	
	1000		34	62	100	2,94	
	1100		21	80	100	4,76	
	1200		15	69	100	6,67	
У10	700		107	50	87	0,82	То же
	800		92	52	100	1,09	
	900		56	59	100	1,79	
	1000		30	70	100	3,33	
	1100		18	78	100	5,56	
	1200		16	86	100	6,25	

Продолжение табл. 2

Марка стали (сплава)	Температура испытания, °С	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ	Ψ	K_{Ψ} , % МПа	Состояние стали (сплава), размеры образца, скорости деформирования v и деформации $\dot{\epsilon}$
		МПа		%			
У12	700		106	60	68	0,64	Деформированное и отожженное; $d_0 = 5$ мм, $l_0 = 25$ мм, $v = 10$ мм/мин; $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹
	800		102	52	96	0,94	
	900		61	40	100	1,64	
	1000		35	65	100	2,86	
	1100		18	74	100	5,56	
	1200		15	92	100	6,67	
Х12М	700		143	43,5	68	0,48	Кованое и отожженное; $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $v = 1,1$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,0004$ с ⁻¹
	800		125	32,5	58	0,46	
	900		83	46	54	0,65	
	1000		47	36	49	1,04	
	1100		25	48	48	1,92	
	1200		8	3,1	13,5	1,70	
3Х2В8Ф	800	121	136	24	90	0,66	Кованое; $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $v = 20$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹
	900	92	114	50	74	0,65	
	1000	79	85	45	64	0,75	
	1100	46	50	60	62	1,25	
	1200	30	34	52	98	2,88	
	1250	34	38	54	100	2,63	
12Х13	800	70	84	47,5	95	1,14	Прокатанное; $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $v = 20$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹
	900	64	80	60	81	1,01	
	1000	39	54	68	90	1,65	
	1100	24	34	72	96	2,87	
	1200	14	20	62	95	4,78	
20Х13	800	60	71	51	98	1,38	Прокатанное; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	850	81	119	43	53	0,45	
	900	76	106	56	74	0,7	
	950	54	79	58	76	0,96	
	1000	40	62	59	65	1,95	
	1150	25	38	65	90	2,4	
30Х13	800	79	91	67	98	1,07	Деформированное; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	900	95	133	82	82	0,62	
	1000	51	78	70	97	1,24	
	1100	38	44	71	98	2,23	
	1200	26	30	74	98	3,26	
40Х13	800	121	135	64	96	0,71	Деформированное; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	900	104	127	68	92	0,72	
	950	75	92	84	96	1,04	
	1000	52	76	70	98	1,29	
	1050	46	58	73	100	1,72	
	1200	28	33	60	100	3,00	

Продолжение табл. 2

Марка стали (сплава)	Температура испытания, °С	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ	Ψ	K_{Ψ} , % МПа	Состояние стали (сплава), размеры образца, скорости деформирования v и деформации $\dot{\epsilon}$
		МПа		%			
12Х17	700		86	67	97	1,13	Прокатанное; $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $v = 1,1$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,0004$ с ⁻¹
	800		41	64	98	2,39	
	900		22	58	98	4,47	
	1000		21	81	97	4,6	
	1100		14	73	97	6,94	
	1200		8	85	99	12,38	
	1300		6	99	97	16,15	
40Х9С2	700		140	54	95	0,68	Прокатанное и отожженное; $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $v = 1,1$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,0004$ с ⁻¹
	800		52	70	98	1,87	
	900		60	34	59	0,98	
	1000		46	28,5	45	0,97	
	1100		23	33	42	1,84	
	1200		16	71	79	4,61	
12Х21Н5Т	900	111	132	43	69	0,52	Прокатанное и отожженное; $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $v = 20$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹
	1000	78	82	49	69	0,84	
	1100	60	61	56	72	1,18	
	1200	43	44	63	77	1,75	
	1250	33	34	63	90	2,66	
10Х17Н13М2Т	800	170	240	26,5	44	0,18	Прокатанное; $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $v = 20$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹
	900	132	146	38,5	59	0,40	
	1000	75	83	34,5	64	0,77	
	1100	42	47	40,5	85	1,79	
	1200	23	28	77	99	3,49	
	1250	18	22	80	100	4,54	
12Х18Н9	700		216	47	76	0,35	Прокатанное; $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $v = 1,1$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,0004$ с ⁻¹
	800		122	57	70	0,57	
	900		69	65	66	0,96	
	1000		39	56	60	1,55	
	1100		31	64	59	1,92	
	1200		16	45	71	4,43	
12Х18Н9Т	800	158	205	26,5	57	0,28	Прокатанное; $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $v = 20$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹
	900	110	122	41	90	0,74	
	1000	59	67	50	95	1,42	
	1100	36	39	66	98	2,54	
	1200	22	26	79	100	3,85	
36Х18Н25С2	800	189	249	34	66	0,27	Кованое; $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $v = 20$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹
	900	129	146	48	88	0,60	
	1000	72	77	55	88	1,15	
	1100	41	45	71	96	2,14	
	1200	29	32	86	100	3,12	

Продолжение табл. 2

Марка стали (сплава)	Температура испытания, °С	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ	ψ	K_{ψ} , % МПа	Состояние стали (сплава), размеры образца, скорости деформирования v и деформации $\dot{\epsilon}$
		МПа		%			
20Х23Н18	800	220	259	24	67	0,26	Прокатанное; $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $v = 20$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹
	900	138	137	37	77	0,56	
	1000	65	72	49	77	1,06	
	1100	40	45	51	70	1,54	
	1200	22	28	27	30,5	1,11	
20Х25Н20С2	1000	56	78	47	78	1,00	Прокатанное; $d_0 = 5$ мм; $l_0 = 25$ мм; $v = 2$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,001$ с ⁻¹
	1100	33	38	53	75	1,98	
	1200	17	23	70	82	3,56	
15Х11МФ	900		120	80	94	0,78	Кованое, закаленное, отпущенное; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	1000		70	72	95	1,35	
	1100		30	66	100	3,33	
	1200		20	56	94	4,7	
18Х11МНФБ	700	448	468	17	87	0,19	Прокатанное; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	800	194	222	44	97	0,44	
	900	175	216	30	71	0,34	
	1000	94	139	35	87	0,62	
	1100	53	78	49	100	1,28	
	1200	33	36	62	100	2,90	
	1300	9	11	54	97	8,80	
1350	11	12	64	98	8,41		
13Х11Н2В2МФ	900	110	137	64	87	0,64	То же
	1000	40	72	58	81	1,13	
	1100	29	42	61	95	2,3	
	1200	22	27	55	87	3,2	
18Х12ВМБФР	700	519	546	13,5	80	0,15	Прокатанное; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	800	183	207	24,5	92	0,45	
	900	111	142	70	95	0,67	
	1000	86	109	46	96	0,89	
	1100	48	67	54	100	1,48	
	1200	26	28	68	100	3,52	
	1300	17	18	53	100	5,43	
1350	17	19	47	100	5,34		
37Х12Н8Г8МФБ	800	252	353	12	22	0,06	Прокатанное и отожженное; $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $v = 20$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹
	900	167	183	22	59	0,32	
	1000	85	94	38	78	0,83	
	1100	48	50	45	88	1,75	
	1200	24	27	51	79	2,89	
1250	20	21	21	41	1,93		
09Х14Н19В2БР1	1050	74	85	54	100	1,18	Кованое; $d_0 = 6$ мм; $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин; $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	1100	55	62	54	100	1,50	
	1150	42	47	42	93	1,98	
	1200	33	34	17	47	1,38	
	1250	15	18	18	34	1,90	

Продолжение табл. 2

Марка стали (сплава)	Температура испытания, °С	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ	ψ	K_{ψ} , % МПа	Состояние стали (сплава), размеры образца, скорости деформирования v и деформации $\dot{\epsilon}$
		МПа		%			
08Х16Н13М2Б	700	325	412	17,5	60	0,13	Прокатанное; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	800	268	294	15,5	52	0,18	
	900	245	266	13,0	36	0,14	
	1000	183	190	14,0	32	0,17	
	1100	85	89	43,0	64	0,78	
	1200	44	48	54,0	82	1,8	
1300	28	28	23,5	45	1,63		
31Х19Н9МВБТ	800	280	320	33	68	0,21	Кованое и отожженное; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	850	280	290	28	67	0,23	
	900	210	220	28	67	0,30	
	950	210	220	21	64	0,29	
	1000	116	127	45	85	0,67	
	1100	67	82	54	90	1,1	
	1150	48	61	54	91	1,49	
1200	42	50	59	94	1,88		
ХН35ВТ	900	184	191	28	49	0,26	Кованое; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	950	135	142	46	70	0,49	
	1000	100	106	67	90	0,85	
	1100	57	61	84	96	1,57	
	1150	45	52	88	97	1,87	
	1200	31	41	90	96	2,30	
	1250	28	32	66	84	2,60	
ХН35ВТЮ	700	636	842	26,5	40	0,05	Кованое и прессованное; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	800	621	645	7,2	12	0,02	
	900	224	224	42,5	92	0,41	
	1000	101	106	82	100	0,94	
	1100	51	56	80	100	1,78	
	1200	35	38	26	40	1,03	
ХН178Т	800	320	388	72	46,5	0,12	Прокатанное и отожженное; $d_0 = 10$ мм, $l_0 = 50$ мм; $v = 20$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,007$ с ⁻¹
	900	200	220	45	84	0,38	
	1000	103	114	64	93	0,82	
	1100	78	90	70	97	1,08	
	1200	43	55	92	100	1,82	
	1250	37	40	100	100	2,5	
ХН67МВТЮ	700	696	899	16,5	20	0,02	Кованое и прессованное; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	800	682	785	5,9	11,5	0,01	
	900	538	559	20,5	44	0,08	
	1000	199	201	52,0	94	0,47	
	1100	85	87	76	93	1,09	
	1200	47	60	86	93	1,56	
1250	41	44	85	95	2,13		

Продолжение табл. 2

Марка стали (состояние)	Температура испытания, °C	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ	ψ	K_{Φ} , % МПа	Состояние стали (сплава), размеры образца, скорости деформирования v и деформации $\dot{\epsilon}$
		МПа		%			
ХН77ТЮР	800		616	24	22,5	0,04	Кованое и нормализованное; $d_0 = 5$ мм, $l_0 = 25$ мм; $v = 1,1$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,0007$ с ⁻¹
	900		385	26	27,5	0,15	
	1000		111	80	95	0,86	
	1100		49	153	100	2,04	
	1200		35	134	100	2,86	
	1250		16	56	69	4,10	
ХН80ТЮ	900		580		97	0,17	Прессованное, закаленное и состаренное; $d_0 = 6$ мм; $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	950		420	77	96	0,23	
	1000		300	78	96	0,32	
	1100		170	84	98	0,58	
	1150		120	100	100	0,83	
ХН70ВМЮТ	700	820	930	11	17	0,02	Кованое; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	800	710	730	25	60	0,08	
	900	270	290	55	85	0,29	
	1000	170	174	60	90	0,52	
	1100	65	68	68	83	1,22	
	1200	43	45	44	67	1,49	
1250	34	45	45	66	1,46		
ХН70СМТЮ	900		562	20,5	32	0,06	Кованое и нормализованное; $d_0 = 5$ мм, $l_0 = 25$ мм; $v = 1,1$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	1000		157	52	86	0,55	
	1100		74	80	91	1,23	
	1200		35	70	51	1,46	
ХН65ВМТЮ	700	448	660	51	57	0,08	Кованое; $d_0 = 6$ мм, $l_0 = 30$ мм; $v = 16$ мм/мин, $\dot{\epsilon} = 0,009$ с ⁻¹
	800	492	671	26	30	0,04	
	900	388	522	27,5	55	0,10	
	1000	229	229	71	94	0,41	
	1100	130	130	70	91	0,70	
	1200	60	65	77	87	1,33	
1225	48	57	82	83	1,46		

Примечание. Обозначения: d_0 , l_0 — начальные диаметр и длина расчетной части образца; $\dot{\epsilon} = \frac{d\delta}{d\tau} = \frac{dl}{l_0 d\tau} = \frac{v}{l_0}$, где $d\tau$ — продолжительность деформирования.

стичных материалов. Метод чувствителен к структуре металла. Испытанием на кручение выявляют число скручиваний n образца до разрушения (пластичность) и максимальный крутящий момент M_{\max} (прочность). Параметры n и M_{\max} не учитывают начальные и

конечные размеры образца, не являются относительными величинами, их нельзя сравнивать с δ , ψ , $\sigma_{\text{т. ос}}$, $\sigma_{\text{т}}$ и $\sigma_{\text{в}}$ (разные единицы измерения). Оценка по относительному сдвигу γ , пределу текучести $\tau_{0,2}$ и пределу прочности $\tau_{\text{в}}$ при кручении позволяет

учесть изменения размеров образца, получить относительные характеристики и сравнивать их с оценками, получаемыми другими методами испытаний:

$$\gamma = \frac{\pi d n}{l} 100; \quad \tau_{0,2} = \frac{16 M_{0,2}}{\pi d^3};$$

$$\tau_{\text{в}} = \frac{16 M_{\max}}{\pi d^3},$$

где d и l — диаметр и длина образца. Из динамических испытаний самым распространенным является испытание на ударный изгиб. Этим испытанием определяют ударную вязкость KCU , т. е. работу, затраченную на излом надрезанного образца, зависящую от пластичности и прочности. Учитывая, что нагрев образца проводят вне копра и при переносе его из печи к месту испытания теряется тепло на опорах копра, то точно установить температуру испытаний трудно. При определении численных значений характеристик механических свойств стали или сплава необходимо иметь в виду, что значения эти условные. Они зависят от внутренних и внешних факторов. К внутренним факторам относятся: состояние (литое, деформированное, кованое, прокатанное и т. п.) и структура (равноосная, столбчатая, мелкая, крупная); к внешним факторам — температура, схема и скорость деформирования, размеры образца, условия нагружения (дробное или непрерывное) и др.

Помимо механических испытаний, для выявления ковочных свойств применяют методы технологических испытаний: прокатку клина на полосу постоянной толщины (А. И. Чипиженко), прокатку специального слитка или деформированной заготовки постоянного сечения на клин (Ю. М. Чижигов) и осадку слитка на клин.

Характеристики механических свойств, полученные на образцах, не могут дать достаточную информацию о ковочных свойствах и о поведении при ковке слитков вследствие действия масштабного, геометрического и физического факторов, а также различия термомеханических условий испытания образцов и производственнойковки слитков (табл. 2). Поэтому возникла необходимость создания метода определения деформируемости целого слитка, не прибегая к его разрезке, изго-

товлению и испытанию образцов.

Метод осадки слитка на клин предназначен для комплексной оценки средней деформируемости слитков и самой стали (сплава) с точки зренияковки. Под средней деформируемостью \bar{D} подразумевается способность слитка выдерживать деформацию при осадке на клин на наклонных плитах, а также способность полученного клина выдерживать деформацию при ковке — протяжке на плоских бойках без нарушения сплошности металла. Критерий \bar{D} интегральный; он отражает деформируемость стали (сплава) в литом D_1 и деформированном D_2 состояниях, качество слитка и полученных n поковок D_{3i} . Количественная оценка D_1 , D_2 производится в зависимости от характера и количества несплошностей (разрывов, трещин и т. п.) по специально разработанным пятибалльным шкалам. Значение \bar{D} находят по формуле

$$\bar{D} = \frac{1}{3} \left(D_1 + D_2 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_{3i} \right).$$

2. ДИАГРАММЫ РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ СТАЛИ И СПЛАВОВ

Механические и физические свойства металлов и сплавов зависят от химического состава, а также в значительной степени от макро- и микроструктуры. Сплавы одного и того же химического состава могут иметь существенно различные свойства в зависимости от размеров, формы, однородности зерен. Значения механических характеристик также зависят от структуры. Имеется четкая связь между размерами зерен и пределами текучести и прочности. Крупнозернистая структура снижает пластичность сплавов при нормальной температуре. Служебные свойства их при повышенных и высоких температурах обеспечиваются определенной величиной зерен и их однородностью без разнотекучести.

Для выявления зависимости размеров и формы зерна от степени и температуры деформации строят диаграммы рекристаллизации. Рекристаллиза-

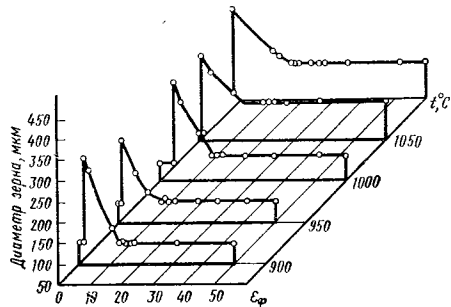


Рис. 1. Диаграмма рекристаллизации II рода сплава типа ХН77ТЮР (для динамического деформирования)

цией называется процесс образования и роста новых зерен с неискаженной решеткой на границах или внутри старых вытянутых зерен той же фазы. При рекристаллизации происходит полная или частичная замена одних зерен данной фазы другими зернами той же фазы с меньшей энергией, совершающаяся путем возникновения и движения (первичная рекристаллизация) или только движения (собирательная и вторичная) границ с большими углами разориентировки.

Диаграмму рекристаллизации строят в координатах F (или D) — $\varepsilon_{\text{Ф}}$ — t , где F — средняя или максимальная площадь зерна (D — диаметр зерна) в зависимости от фактической степени деформации $\varepsilon_{\text{Ф}}$ и температуры t (отжига $t_{\text{отж}}$ или деформирования $t_{\text{Д}}$). Диаграммы рекристаллизации нужны для выбора температуры промежуточных отжигов (при холодной штамповке), допустимых температур деформации (при ковке или горячей объемной штамповке), а также режима термической обработки.

Существуют три рода (типа) диаграмм рекристаллизации. Диаграммы рекристаллизации I рода строят в координатах F — $\varepsilon_{\text{Ф}}$ — $t_{\text{отж}}$. Их используют для изучения процесса рекристаллизации и микроструктуры после отжига наклепанного металла, главным образом, при листовой штамповке. Цель рекристаллизации — снятие нагартовки и обеспечение требуемой штампуемости металла. Для изучения процесса рекристаллизации при обработке металлов давлением в горячем состоянии диаграммы рекристалли-

зации II рода строят в координатах F — $\varepsilon_{\text{Ф}}$ — $t_{\text{Д}}$ (или D — $\varepsilon_{\text{Ф}}$ — $t_{\text{Д}}$) (рис. 1). Цель построения этих диаграмм — определить условия для получения требуемого размера зерна в поковке или готовой детали.

Недостаток диаграмм рекристаллизации I и II рода заключается в том, что откладываемое значение F (или D) не характеризует особенности микроструктуры металла. Если микроструктура разнородная с равным числом зерен № 1 и № 8 (G_1 и G_8 см. ГОСТ 5639—82), то на диаграммах рекристаллизации I и II рода она будет представлена средней площадью этих зерен $F_{\text{ср}}$, соответствующей G_2 . Такая микроструктура по длительной прочности и пластичности несопоставима с однородной равноосной микроструктурой, у которой все зерна соответствуют G_2 . По диаграммам рекристаллизации II рода можно определить критические степени деформации, но невозможно установить температуру и условия, при которых протекают первичная, собирательная и вторичная рекристаллизации, определяющие микроструктуру. Перечисленных недостатков (т. е. усреднения размеров зерен и невозможности выявить этапы рекристаллизации) не имеют диаграммы рекристаллизации III рода. Эти диаграммы отражают все особенности микроструктуры, в том числе среднюю площадь зерна F в двух состояниях: после деформации и после термической обработки*. По этим диаграммам можно установить температуру и степень деформации, обеспечивающие требуемую и, в частности, однородную микроструктуру металла.

Для построения диаграмм рекристаллизации III рода разработана таблица микроструктур различных металлов и сплавов в деформированном и термически обработанном состоянии. Каждой микроструктуре присвоен номер и условный знак. Геометрическая форма знака отражает форму микроструктуры, видимую под микроскопом (табл. 3). Для детализации процесса первичной рекристаллизации различают его начало (микроструктуры № 3 и 6) и конец (микроструктуры

* Бережковский Д. И. Новый тип диаграмм рекристаллизации и методика их построения. — Заводская лаборатория, 1964, № 12, с. 1482.

3. Условные обозначения и характеристики микроструктур сталей и сплавов к диаграмме рекристаллизации III рода

Номер	Характеристика	Условный знак	Номер	Характеристика	Условный знак
1	Равноосные однородные зерна		6	Равноосные старые зерна и на их границах новые разрозненные субзерна занимают приблизительно 5 % площади (разнозернистость) — начало первичной рекристаллизации равноосных зерен	
2	Неравноосные однородные зерна, вытянутые в направлении, перпендикулярном направлению осадки		7	Равноосные старые и новые субзерна занимают приблизительно 50 % площади (разнозернистость) — первичная рекристаллизация равноосных зерен	
3	Вытянутые старые зерна и на их границах новые разрозненные субзерна (G_{10} и мельче, занимают приблизительно 5 % площади) — начало первичной рекристаллизации вытянутых зерен		8	Непрерывные цепочки новых субзерен занимают приблизительно 95 % площади — конец первичной рекристаллизации равноосных зерен	
4	Вытянутые старые зерна с залегающими на границах и внутри новыми субзернами (G_{10} и мельче, занимают приблизительно 30 % площади) — первичная рекристаллизация вытянутых зерен		9	Новые равноосные зерна, занимающие приблизительно 100 % площади — начало собирательной рекристаллизации	
5	Непрерывные цепочки новых субзерен (G_0 и мельче, занимают приблизительно 75 % площади) вокруг и внутри старых вытянутых зерен — конец первичной рекристаллизации вытянутых зерен		10	Единичные двойники в нескольких зернах	
			11	Двойники (один или несколько) в большинстве зерен	

Продолжение табл. 3

Номер	Характеристика	Условный знак	Номер	Характеристика	Условный знак
12	Равноосные неоднородные зерна (разнозернистость)		14	Равноосные мелкие зерна и зерна-гиганты (резкая разнозернистость) — вторичная рекристаллизация	
13	Неравноосные неоднородные зерна (разнозернистость)				

№ 5 и 8). Начало первичной рекристаллизации изображают разрозненными мелкими кружками, обозначающими новые субзерна на границе старых вытянутых или округлых зерен, конец — непрерывными кружками (новые субзерна) на границе и внутри старых зерен. Чтобы численно описать различные этапы процесса первичной рекристаллизации, условные обозначения связывают с площадью, занимаемой новыми мелкими зернами, образующимися в процессе рекристаллизации, а также крупными старыми нерекристаллизованными зернами (микроструктуры № 3—8). При подсчете значения F не учитывают новые зерна, образовавшиеся в результате первичной рекристаллизации вытянутых зерен, так как определить их площадь практически невозможно, поэтому учитывают только зерна, образовавшиеся в результате первичной рекристаллизации равноосных однородных зерен.

За начало собирательной рекристаллизации (микроструктура № 9) принят момент исчезновения старых зерен и старых границ и появления равноосных однородных мелких зерен.

После выявления особенностей микроструктуры (записывают номера структур) и значений F в функции ϵ_{Φ} строят нижнюю кривую диаграммы рекристаллизации III рода, отражающую микроструктуру образца, подвергнутого осадке при данной температуре. После термической обработки этого образца на плоской поверхности, на которой была исследована микроструктура, вторично готовят шлиф и снова изучают микроструктуру. Та-

ким образом, на одном шлифе и при одинаковых степенях деформации изучают микроструктуру металла (сплава) до и после термической обработки, что дает более точные результаты исследования по сравнению с использованием нескольких образцов. По характеристикам микроструктуры, полученным после термической обработки, строят верхнюю кривую диаграммы и указывают новые значения F . На нулевой ординате диаграммы дают характеристику микроструктуры и значение F в исходном состоянии («состояние поставки») и после термической обработки (нагрева и закалки без деформации, «свидетель»). Построенную диаграмму рекристаллизации проверяют на нескольких плавках.

Для высоколегированных сталей и сплавов, у которых служебные свойства сильно зависят от структуры, построение диаграмм III рода является обязательным.

На рис. 2 дана диаграмма рекристаллизации III рода сплава ХН70ВМЮТ. Нижние кривые построены по результатам исследования микроструктуры цилиндрических образцов ($d_0 = 27$, $l_0 = 38$ мм), подвергнутых осадке на гидравлическом прессе за один ход со скоростью деформации $\dot{\epsilon} = 0,75 \text{ с}^{-1}$, фактическая степень деформации $\epsilon_{\Phi} = 50\%$. Верхние кривые — после термической обработки этих же образцов: закалка $1150^\circ\text{C} - 3 \text{ ч} - \text{масло}$, отпуск $800^\circ\text{C} - 20 \text{ ч} - \text{воздух}$.

В состоянии поставки сплав имеет микроструктуру № 1 (см. табл. 3), т. е. равноосные однородные зерна G_0 (ГОСТ 5639—82). Эта микроструктура

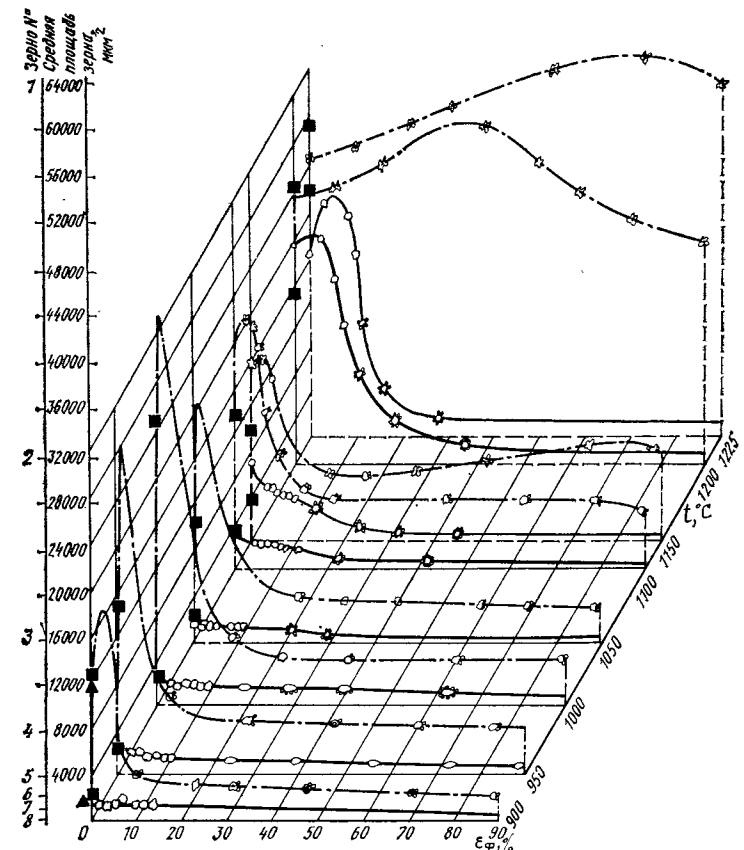


Рис. 2. Диаграмма рекристаллизации III рода сплава ХН70ВМЮТ:

■ — величина зерна при данной температуре до осадки («свидетель»); ▲ — величина зерна и структура при 20°C («состояние поставки»); — — — после осадки; - - - после осадки и термической обработки

сохраняется у «свидетелей» до 1050°C , а затем начинается рост зерен, и при 1200°C они достигают G_3 . По форме зерен можно заключить, что в состоянии поставки, а также после нагрева от 900 до 1225°C («свидетели») сплав имеет микроструктуру № 1, т. е. однородные равноосные зерна, полученные собирательной рекристаллизацией.

Деформирование образца при $900 - 1000^\circ\text{C}$ на $\epsilon_{\Phi} = 0 - 20\%$ и при $1150 - 1225^\circ\text{C}$ на $\epsilon_{\Phi} = 0 - 15\%$ не влияет на форму зерен (при увеличении $\times 100$ и $\times 500$). Они остаются такими, какими были после нагрева без деформирования. Деформирование при $900 - 950^\circ\text{C}$ на $\epsilon_{\Phi} = 20 - 90\%$ и при 1000°C

на $\epsilon_{\Phi} = 20 - 25\%$ вызывает сплющивание зерен и образование микроструктуры № 2. При 1000°C и $\epsilon_{\Phi} = 25 - 90\%$ на границах и внутри вытянутых зерен образуются субзерна — идет первичная рекристаллизация вытянутых зерен (микроструктуры № 3 и 5). При 1050°C и $\epsilon_{\Phi} = 20 - 50\%$, 1150°C и $\epsilon_{\Phi} = 15 - 50\%$, 1225°C и $\epsilon_{\Phi} = 12 - 35\%$ новые мелкие зерна образуются на границах и внутри старых округлых зерен — идет рекристаллизация округлых зерен (микроструктуры № 6 и 8).

Из диаграммы видно, что у сплава ХН70ВМЮТ первичная рекристаллизация начинается при 1000°C , соби-

рательная \approx при 1050 °С. По диаграмме можно определить влияние ϵ_f на протекание рекристаллизации и на значение F . После термической обработки микроструктура резко изменилась (см. рис. 2, верхние кривые). При $t_D = 900 \div 1225$ °С после термической обработки отсутствует первичная рекристаллизация. Идет лишь собирательная рекристаллизация с образованием неравноосных и равноосных неоднородных зерен (структуры № 12 и 13). При $t_D = 900 \div 1150$ °С в процессе термической обработки возникают двойники; при более высоких t_D они отсутствуют. Анализ диаграммы (см. рис. 2) показывает, что с повышением t_D разнородность в деформированном состоянии увеличивается, а в термически обработанном — уменьшается. Из рассмотрения диаграммы рекристаллизации III рода сплава ХН70ВМЮТ следует, что деформирование должно заканчиваться при 1050 °С и $\epsilon_f = 30 \div 60$ %. При этих условиях участки с неоднородными равноосными зёрнами (микроструктура № 12) занимает наименьший объем.

3. СКОРОСТНОЙ, МАСШТАБНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТЫ И КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ СТАЛИ И СПЛАВОВ

Для расчета реальных процессов деформирования используют результаты, полученные при деформировании образцов или модели. Необходимо при этом учитывать теорию подобия, согласно которой, если осуществлять в подобных условиях одинаковые про-

цессы пластического деформирования геометрически подобных тел из одинакового материала, то необходимые удельные усилия деформирования будут равны между собой, отношение полных усилий деформирования будет равно квадрату, а отношение затрачиваемых работ — кубу отношений соответственных линейных размеров. Однако при пластическом деформировании, рассматривая скоростные условия подобия, оказывается, что подобие условий трения и физическое подобие не могут быть достигнуты одинаковыми скоростными условиями. Так, согласно подобию условия трения необходимо, чтобы скорости деформации модели $\dot{\epsilon}_M$ и натуре $\dot{\epsilon}_N$ и продолжительность деформирования модели τ_M и натуре τ_N были связаны соотношениями $\dot{\epsilon}_M = m \dot{\epsilon}_N$ и $\tau_M = \tau_N / m$ (m — масштаб моделирования, т. е. отношение соответственных размеров модели и натуре), а для физического подобия необходима одинаковая длительность процесса, т. е. $\tau_M = \tau_N$ и, следовательно, равенство скоростей деформации $\dot{\epsilon}_M = \dot{\epsilon}_N$.

В связи с невозможностью соблюсти все условия подобия одновременно, необходимо использовать следующие экспериментально установленные коэффициенты: скоростной, масштабный (объемный) и коэффициент трения.

Скорость деформации, масштаб и трение оказывают значительное влияние на изменение характеристик механических свойств. Скоростной, масштабный коэффициент и коэффициент трения позволяют учитывать изменение различных параметров при расчете реальных технологических процессов обработки давлением.

Скорость деформации $\dot{\epsilon}$ (изменение степени деформации в единицу вре-

4. Значения коэффициента k при различных температурах испытания и степенях деформации ($\epsilon_1 = 10$ %, $\epsilon_2 = 20$ %, $\epsilon_3 = 30$ %)

Сталь	900 °С			1000 °С			1100 °С			1200 °С		
	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_3	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_3	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_3	ϵ_1	ϵ_2	ϵ_3
ХВГ	2,01	2,98	3,28	1,41	2	2,34	1,31	1,7	2,06	0,76	1,39	1,65
Х12	0,93	1,12	1,45	1,1	1,48	1,71	0,98	1,35	1,5	0,85	1,16	1,36
12Х18Н9Т	1	1,59	1,73	1,06	1,65	1,95	0,95	1,25	1,47	0,78	1,13	1,38
17Х18Н9	1,53	1,78	1,88	1,3	1,7	1,91	1,46	1,81	2,06	1,33	1,73	1,98

5. Значения скоростного коэффициента

Отношение скоростей деформации $\dot{\epsilon}/\dot{\epsilon}_0$	$t_D/t_{пл}$		
	0,3—0,4	0,6—0,7	Более 0,7
10	1,1—1,15	1,15—1,3	1,3—1,5
100	1,22—1,32	1,32—1,7	1,7—2,25
1000	1,34—1,52	1,52—2,2	2,2—3,4
При ударной нагрузке	1,25—1,75	1,75—2,5	2,5—3,5

Примечание. Обозначения: t_D — температура деформирования; $t_{пл}$ — температура плавления металла или сплава.

6. Значения σ_0 и $K_{пр}$ при $\dot{\epsilon}_0 = 1,0$ с⁻¹ и различных температурах испытания

Сталь и сплавы	800 °С		900 °С		1000 °С		1100 °С		1200 °С	
	σ_0	$K_{пр}$	σ_0	$K_{пр}$	σ_0	$K_{пр}$	σ_0	$K_{пр}$	σ_0	$K_{пр}$
25	203	0,129	149	0,156	105	0,175	76	0,184	—	—
45	205	0,11	141	0,12	108	0,13	81	0,17	61	0,2
50	—	—	172	0,12	124	0,135	93	0,151	66	0,183
30ХГСА	210	0,12	157	0,13	113	0,135	81	0,16	61	0,15
12ХНЗА	220	0,12	170	0,14	130	0,15	94	0,16	70	0,18
ШХ15	230	0,150	159	0,152	107	0,16	75	0,176	50	0,2
60С2	241	0,126	171	0,13	133	0,13	104	0,137	80	0,135
У7	147	0,12	122	0,14	83	0,18	58	0,2	—	—
У10	224	0,11	133	0,12	104	0,13	73	0,18	50	0,23
Х12	400	0,08	225	0,14	126	0,2	71	0,26	40	0,32
P18	399	0,07	264	0,114	174	0,16	115	0,2	76	0,25
12Х13	—	—	189	0,126	138	0,213	88	0,21	26	0,2
30Х13	246	0,14	186	0,16	164	0,18	109	0,2	85	0,212
12Х18Н9	—	—	256	0,06	194	0,09	144	0,1	102	0,115
40Х9С2	—	—	143	0,132	202	0,112	133	0,15	87	0,17
45Х14Н14В2М	940	0,03	680	0,09	400	0,2	247	0,22	145	0,24

мени $\dot{\epsilon} = d\epsilon/d\tau$) в реальных процессах отличается от скорости деформирования v . Скорости деформирования (м/с) приближенно можно принять по данным, приведенным ниже.

Прессы:
гидравлические 0,05—0,15
кривошипные 0,1—0,5
Молоты:
паровоздушные 5—10
высокоскоростные До 30

Скорость деформации при равномерном растяжении и сжатии обратно пропорциональна длине (высоте) об-

разца, т. е. $\dot{\epsilon} = v/l_0$; в других случаях нагружения зависимость получается сложнее.

Далее приведены ориентировочные значения средней скорости деформации $\dot{\epsilon}_{ср}$ (с⁻¹) для различных случаев горячего деформирования при осадке

Прессы:
гидравлические 0,03—0,06
кривошипные 1—5
фрикционные 2—10

Молоты:
паровоздушные 10—250
высокоскоростные Св. 100

7. Значения A_0 и α при различных температурах испытания

Сталь	$\dot{\epsilon}_0, \text{с}^{-1}$	800 °C		900 °C		
		A_0	α	A_0	α	
25 45 У7 12Х13	$3,0 \cdot 10^{-3}$	1,55 0,62 0,26 —	0,135 0,25 0,33 —	0,59 0,33 0,20 1,32	0,27 0,307 0,383 0,17	
60СГА Среднеуглеродистая (0,25—0,60 % С) Высокоуглеродистая (более 0,60 % С) Хромоникелевая	1,0	— — — —	— — — —	5,96 5,3 4,62 7,16	0,17 0,2 0,123 0,23	
Сталь	1000 °C		1100 °C		1200 °C	
	A_0	α	A_0	α	A_0	α
25 45 У7 12Х13	0,4 0,18 0,185 0,29	0,29 0,363 0,358 0,33	0,21 0,13 0,10 0,13	0,31 0,37 0,363 0,417	— 0,05 — 0,009	— 0,473 — 0,493
60СГА Среднеуглеродистая (0,25—0,60 % С) Высокоуглеродистая (более 0,60 % С) Хромоникелевая	— 3,00 2,88 5,96	— 0,27 0,27 0,295	2,57 2,19 1,74 4,37	0,275 0,307 0,32 0,505	1,66 1,35 0,96 3,55	0,32 0,435 0,365 0,63

Для практических расчетов процессов горячего деформирования при определении влияния скорости деформаций на напряжение текучести можно использовать следующую зависимость:

$$\sigma_s = \sigma_0 + k \ln \frac{\dot{\epsilon}}{\dot{\epsilon}_0},$$

где σ_s — истинное сопротивление деформированию при скорости деформации $\dot{\epsilon}$; σ_0 — истинное сопротивление деформированию при скорости деформации $\dot{\epsilon}_0$; k — коэффициент, значения которого для некоторых марок сталей приведены в табл. 4.

Приближенное влияние скорости деформации учитывают с помощью ско-

ростного коэффициента, показывающего, во сколько раз изменится напряжение текучести при скорости деформации $\dot{\epsilon}$ (табл. 5).

Изменение истинного сопротивления деформированию σ_s от скорости деформации можно определить по следующей зависимости:

$$\lg \frac{\sigma_s}{\sigma_0} = K_{\text{пр}} \lg \frac{\dot{\epsilon}}{\dot{\epsilon}_0},$$

где $K_{\text{пр}}$ — коэффициент пропорциональности.

Значения σ_0 и $K_{\text{пр}}$ при $\dot{\epsilon} = 1,0 \text{ с}^{-1}$ приведены в табл. 6.

8. Значения скоростных коэффициентов C , B и m при различных температурах испытания

Сталь	800 °C			900 °C			1000 °C		
	C	B	m	C	B	m	C	B	m
25 45 У7 Среднеуглеродистая Высокоуглеродистая 60СГА Хромоникелевая	1,8 0,014 —0,006 — — — —	2,03 0,168 0,166 — — — —	0,007 0,123 0,202 — — — —	0,023 0,023 0,0124 0,208 — 0,16 0,22	0,2 0,14 0,2138 0,18 — 0,2 0,17	0,14 0,14 0,26 0,107 — 0,09 0,25	—0,01 0,0343 —0,005 0,018 0,07 — 0,39	0,2455 0,168 0,168 0,302 0,234 — 0,36	0,117 0,187 0,18 0,135 0,14 — 0,63
Сталь	1100 °C			1200 °C					
	C	B	m	C	B	m			
25 45 У7 Среднеуглеродистая Высокоуглеродистая 60СГА Хромоникелевая	—0,067 0,035 0,028 0,037 0,054 0,07 0,39	0,3 0,17 0,133 0,275 0,21 0,23 0,041	0,117 0,213 0,18 0,17 0,16 0,15 0,41	— 0,038 — —0,018 —0,218 —0,061 0,415	— 0,116 0,295 0,407 0,316 0,036	— 0,26 0,23 0,17 0,15 0,515			

Большое влияние оказывает скорость деформации на удельную механическую работу деформации A :

$$A = \int_0^{\epsilon} \sigma d\epsilon,$$

где σ и ϵ — соответственно интенсивности напряжений и деформаций.

Изменение величины A от $\dot{\epsilon}$ можно определить по следующей зависимости:

$$A/A_0 = (\dot{\epsilon}/\dot{\epsilon}_0)^\alpha.$$

Значения A_0 и α при $\dot{\epsilon}_0 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ представлены в табл. 7.

Одним из основных факторов, влияющих на пластическую деформацию, является скорость деформации.

Для установления скоростной зависимости показателей предельной пла-

стичности ϵ_p можно использовать следующее уравнение:

$$\epsilon_p = C + B(\dot{\epsilon})^{\alpha-m},$$

где α — показатель зависимости A от скорости деформации; C , B , m — скоростные коэффициенты, значения которых для некоторых сталей при разных температурах приведены в табл. 8.

При деформировании крупных слитков необходимо учитывать изменение условий деформирования в зависимости от массы слитка. Нижней границей у крупных слитков из углеродистой стали следует считать массу 78—126 т, а верхней границей мелких заготовок — массу 3—4 т. Таким образом, можно выделить следующие геометрические модели слитка:

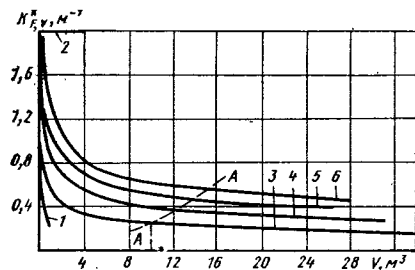


Рис. 3. Зависимость показателя удельной контактирующей поверхности от объема слитка (A—A—граница, где функция меняется на порядок меньше аргумента; d — диаметр; h — высота): 1— $d = \text{const}$; 2— $h = \text{const}$; 3— $d/h = 0,5$; 4— $d/h = 1$; 5— $d/h = 1,5$; 6— $d/h = 2,0$

1) слитки высоколегированных сталей и сплавов — малые; столбчатые кристаллиты в них занимают все поперечное сечение, а в осевой зоне имеют место пористость и дефекты усадки;

2) слитки средней массы углеродистых сталей и заготовки, полученные непрерывным литьем (разливкой) характеризуются развитыми зонами внеосевой и осевой ликвации и осевой рыхлостью;

3) слитки большой массы углеродистых и среднелегированных сталей характеризуются столбчатыми кристаллитами, занимающими около $1/6$ поперечного сечения по всей высоте; зона внеосевой ликвации расположена на первой трети поперечного сечения; осевая зона занимает примерно $1/6$ поперечного сечения (рыхлости, пористость) и $2/3$ высоты слитка; деформируемые неметаллические включения имеют различную концентрацию по объему слитка.

Эти модели слитка дают возможность регулирования распределения единичных (местных) и полных деформаций посредством изменения граничных условий — формы инструмента, сил контактного трения.

Однако необходимо оценивать величину слитка по показателю удельной поверхности контакта $K_{FV}^k = F_k/V$, где F_k — площадь поверхности контакта; V — объем слитка. Зависимость показателя K_{FV}^k от объема слитка представлена на рис. 3. Кривые, нду-

щие от линии A—A вправо, относят к крупным заготовкам, а левые — к мелким.

Контактное трение — механическое взаимодействие между телами, которое возникает в местах их соприкосновения и препятствует относительному перемещению тел в плоскости их контакта в процессах горячего деформирования и может быть трех видов: трение, когда деформация происходит при наличии между трущимися парами слоя смазочного материала незначительной толщины (не более 1 мкм); при отсутствии в различных точках контакта слоя какой-либо вязкой среды; при наличии одновременно в различных точках контакта трения двух типов.

Силы контактного трения зависят от химического состава и состояния поверхности рабочего инструмента и заготовки, температуры, скорости и степени деформации, вида напряженного состояния и смазочного материала.

Вследствие наличия большого числа факторов, влияющих на контактное трение, выделяют согласно обобщенному закону трения следующие: гидростатическое давление; скорость скольжения; температуры поверхности трения и смазочного слоя.

В наиболее общем виде обобщенный закон трения может быть записан в виде

$$\tau_{тр} = \mu_c q (1 - \gamma) + \eta \frac{dv}{dz} v;$$

здесь $\tau_{тр}$ — удельная сила трения на границе металл—инструмент; μ_c — коэффициент трения скольжения; q — удельное усилие деформирования; γ — отношение смазанной площади и площади контакта; η — динамическая (условная) вязкость смазочного материала; v — скорость скольжения в зоне контакта; z — средняя толщина смазочного материала.

Учитывая сложность приведенной зависимости, можно устанавливать коэффициенты трения только для конкретных условий; таким образом, значения коэффициентов трения при обработке давлением являются весьма приближенными.

Характер коэффициентов трения при осадке стали в зависимости от темпе-

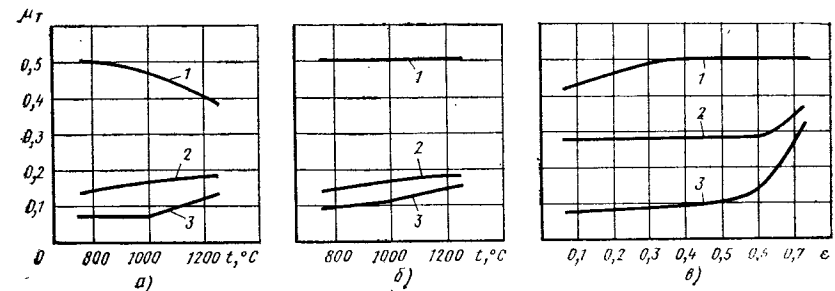


Рис. 4. Зависимости коэффициента трения от температуры t и степени деформации ϵ : а — $\epsilon = 0,2$; б — $\epsilon = 0,5$; в — $t = 1000^\circ\text{C}$; осадка: 1 — без смазочного материала; 2 — со смазочным материалом — нитрид бора; 3 — со смазочным материалом — графит с маслом

9. Значения коэффициентов трения μ_T при деформировании углеродистых сталей

Условия обработки		Скорость деформирования	
Температура деформирования	Наличие смазочного материала	Менее 1 м/с	Более 1 м/с
(0,8—0,95) $t_{пл}$	—	0,4—0,45	0,35—0,4
	+	0,34—0,4	0,3—0,35
(0,5—0,8) $t_{пл}$	—	0,45—0,48	0,48—0,5
	+	0,38—0,42	0,42—0,45
(0,3—0,5) $t_{пл}$	—	0,35—0,38	0,3—0,35
	+	0,3—0,35	0,25—0,3

10. Значения коэффициентов трения μ_T для некоторых смазочных материалов

Сталь	Температура заготовки, $^\circ\text{C}$	Условия смазывания			
		Без смазки	Водный * солевой раствор	Аквадаг	М-1 **
45	1000	0,37	0,23	0,18	0,29
	1100	0,43	0,27	0,25	0,37
	1190	0,43	0,33	0,25	0,31
13X11H2B2MФ	1000	0,40	0,10	0,12	—
	1100	0,37	0,14	0,26	—
	1190	0,39	0,26	0,20	0,28

* Хлористый калий 6 %, хлористый натрий 8 %, нитрит натрия 2 %, кальцинированная сода 0,5 %, глицерин 4 %, уротропин 2 %, остальное — вода.
** 70 % масло + 30 % графит.

ратуры и степени деформации приведены на рис. 4.

Наиболее удобно определять коэффициент трения из выражения

$$\tau_H = \mu_T \sigma_H \leq \beta \sigma_T / 2,$$

где τ_H — касательное напряжение на поверхности контакта; σ_H — нормальное напряжение на поверхности кон-

такта; σ_T — предел текучести материала; β — переменный коэффициент, зависящий от главных нормальных напряжений ($1 \leq \beta \leq 1,155$). Приближенно величину μ_T можно определить из табл. 9.

Максимальные значения μ_T соответствуют наиболее худшим с точки зрения трения условиям деформирова-

ния, минимальные — лучшим. Например, при ковке без смазочного материала следует принять $\mu_T = 0,35$, так как смазочным материалом является пленка окислов на поверхности; при горячей штамповке стали на прессе с соляным водным раствором в качестве смазочного материала $\mu_T = 0,4$, а с мыльным раствором с дисульфидом молибдена $\mu_T = 0,34$.

В диапазоне температур 1000—1200°C коэффициент трения при штамповке без смазывания составляет для сталей:

низкоуглеродистой 0,40—0,35
коррозионно-стойкой 0,50—0,40

Коэффициент трения при скоростной горячей штамповке стали 45 при температуре 900°C при различных смазочных материалах имеет следующие значения (в числителе — пределы изменения, в знаменателе — среднее значение):

без смазочного материала 0,29/0,29
графит 0,16—0,28
поваренная соль 0,10—0,22/0,16

Значения коэффициента трения, полученные при исследовании эффективности применения некоторых распространенных смазочных материалов, представлены в табл. 10.

4. ИСПЫТАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛИСТОВЫХ МЕТАЛЛОВ

Технологические свойства и штампуемость. *Обработываемость* листового металла пластической деформацией при штамповке, т. е. *штампуемость*, зависит от его технологических свойств. Она оценивается применительно к определенной штамповочной операции группой показателей, в которые входят параметр предельно допустимого формоизменения заготовки в операции, показатели качества обработки, расхода материала на изделие, стойкости инструмента, стоимости его изготовления и обслуживания, энергетических и других материальных затрат. Штампуемость — понятие относительное: один листовой металл сравнивается по штампуемости с другим. Вместе с тем оценка штампуемости

меняется в зависимости от масштаба производства и требований к товарному виду и служебным свойствам изделия.

Эффективность выполнения операции штамповки и ее технологические возможности зависят не только от штампуемости металла, но и от совершенства схемы действия и конструкции штампа, технического уровня его изготовления и эксплуатации, способов интенсификации процесса деформации в операции, типа и состояния процесса и т. д.

Таким образом, штампуемость листового металла является обобщенной относительной характеристикой металла, зависящей только от его технологических свойств и оцениваемой группой показателей эффективности выполнения определенной операции.

Технологические свойства листового металла определяются частью его механических, физических и других свойств и характеристик: точностью формы (листа, полосы, ленты, рулона и т. д.), микрогеометрией и физико-химическим состоянием поверхности, равномерностью распределения в материале и стабильностью во времени некоторых из этих свойств и характеристик. Необходимые для обеспечения штампуемости технологические свойства листового металла различны при различных операциях. Если технологический процесс содержит несколько различных операций, технологические свойства должны обеспечивать требуемую штампуемость во всех этих операциях.

Механические свойства листового металла при его пластической деформации отражаются *кривыми упрочнения и пластичности*.

Для оценки влияния параметров кривой упрочнения на штампуемость ее удобно представлять зависимостью

$$\sigma = A (\epsilon_0 + \epsilon)^n, \quad (1)$$

где σ и ϵ — интенсивности напряжения и деформации; A , ϵ_0 , n — константы, определяемые при испытании металла.

Обычно металл испытывают на *одноосное растяжение*, когда деформация идет под воздействием только одного главного напряжения σ_1 , напряжения $\sigma_2 = \sigma_3 = 0$. Если металл принят изо-

тропным, то $\sigma = \sigma_1$, $\epsilon = \epsilon_1$, поперечные главные деформации $\epsilon_2 = \epsilon_3 = -(1/2)\epsilon_1$. Константа ϵ_0 представляет собой начальную интенсивность деформации. При одноосном растяжении изотропного металла она равна начальной продольной деформации ϵ_{10} , т. е. $\epsilon_0 = \epsilon_{10}$. Таким образом, применительно к процессу одноосного растяжения изотропного металла зависимость (1) принимает вид

$$\sigma_1 = A_1 (\epsilon_{10} + \epsilon_1)^n. \quad (2)$$

Предел текучести металла определяется зависимостью (2) при $\epsilon_1 = 0$:

$$\sigma_T = A_1 \epsilon_{10}^n. \quad (3)$$

Деформация $\epsilon_{ш}$ в момент начала локализации деформации, после которого растяжение продолжается только на относительно коротком участке образца, где образуется сужение в виде шейки,

$$\epsilon_{ш} = n - \epsilon_{10}. \quad (4)$$

В этот момент усилие растяжения достигает максимума, а напряжение σ_1 значения

$$\sigma_{ш} = A_1 n^n. \quad (5)$$

Временное сопротивление

$$\sigma_B = \sigma_{ш} e^{-n + \epsilon_{10}} = A_1 n^n e^{-n + \epsilon_{10}}. \quad (6)$$

Образец разрушается в развившемся сужении при деформации $\epsilon_1 = \epsilon_{pp}$, равной

$$\epsilon_{pp} = \ln \frac{F_0}{F_p}, \quad (7)$$

где F_0 и F_p — начальная и конечная площади поперечного сечения образца в месте разрушения.

Отношение предела текучести к пределу прочности

$$\frac{\sigma_T}{\sigma_B} = \left(\frac{\epsilon_{10}}{n} \right)^n e^{n - \epsilon_{10}}. \quad (8)$$

Если металл перед штамповкой подвергался пластическому деформированию ϵ_{20} , то его кривую упрочнения можно описать зависимостью

$$\sigma_1 = A_1 (\epsilon_{10} + \epsilon_{20} + \epsilon_1)^n. \quad (9)$$

Параметры, описанные формулами (3)–(8) будут иметь вид

$$\sigma_T = A_1 (\epsilon_{10} + \epsilon_{20})^n;$$

$$\epsilon_{ш} = n - \epsilon_{10} - \epsilon_{20};$$

$$\sigma_{ш} = A_1 n^n;$$

$$\sigma_B = A_1 n^n e^{-n + \epsilon_{10} + \epsilon_{20}};$$

$$\frac{\sigma_T}{\sigma_B} = \left(\frac{\epsilon_{10} + \epsilon_{20}}{n} \right)^n e^{n - \epsilon_{10} - \epsilon_{20}}.$$

Разрушение металла произойдет при деформации, равной $\epsilon_p - \epsilon_{20}$.

Параметр ϵ_{pp} (7) дает координату конечной точки кривой упрочнения, а также координату одной точки кривой пластичности. Действительно, если кривую пластичности строить в координатах « ϵ_{pp} , σ_0/σ » ($\sigma_0 = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$), то $\epsilon_p = \epsilon_{pp}$ при $\sigma_0/\sigma = 1/3$. При наличии координат одной точки кривая пластичности может быть построена, например, по методике [48].

Если металл анизотропный, то в испытании образца на одноосное растяжение определяют *коэффициент анизотропии*

$$r = \ln \frac{\epsilon_2}{\epsilon_3}, \quad (10)$$

где ϵ_2 — деформация волокна в направлении ширины образца при начальной ширине b_0 и конечной b , $\epsilon_2 = \ln(b_0/b)$; ϵ_3 — деформация волокна в направлении толщины при начальной толщине s_0 и конечной s , $\epsilon_3 = \ln(s_0/s)$.

При наличии *плоскостной анизотропии* коэффициент r зависит от направления вырезки образца по отношению к направлению прокатки листа. Обычно определяют коэффициент анизотропии r_0 для образца, вырезанного в направлении прокатки, коэффициент r_{45} для образца, вырезанного под углом 45° к направлению прокатки, и коэффициент r_{90} для образца, вырезанного под углом 90°. Вычисляют его среднеарифметическое значение

$$r_{cp} = \frac{1}{4} (r_0 + 2r_{45} + r_{90}). \quad (11)$$

Коэффициент r (10) в процессе растяжения образца несколько меняется. Обычно его вычисляют при $\epsilon_1 = 0,15$, если локализация деформации происходит при деформации больше, чем 0,15.

При незначительном влиянии направления вырезки образца на величину r принимают, что листовой металл имеет *нормальную анизотро-*

нию. Тогда в испытании металла на одноосное растяжение определяют константы A_1 , ϵ_{10} и n , а константы зависимости (1) вычисляют по формулам:

$$A = A_1 \left(\frac{3}{2} \frac{1+r}{2+r} \right)^{(1+n)/2}; \quad (12)$$

$$\epsilon_0 = \sqrt{\frac{2}{3} \frac{2+r}{1+r}} \epsilon_{10}. \quad (13)$$

Интенсивности напряжения и деформации

$$\sigma = \sqrt{\frac{3}{2} \frac{1+r}{2+r}} \sigma_1; \quad (14)$$

$$\epsilon = \sqrt{\frac{2}{3} \frac{2+r}{1+r}} \epsilon_1. \quad (15)$$

В разделительных операциях показателем штампуемости обычно является *стойкость инструмента* при заданных точности и качестве поверхности, по которой происходит разделение металла. Причем качество этой поверхности обычно оценивается величиной заусенца и соотношением двух ее частей: части с малой шероховатостью, по которой металл контактировал с боковой поверхностью инструмента в процессе его пластического внедрения, и части с большой шероховатостью, образовавшейся при разрушении металла.

К технологическим свойствам и характеристикам листового металла, которые влияют на стойкость инструмента, относятся *пластичность* (характеризуется интенсивностью деформации, накопленной за период, предшествующий разрушению), *прочность* (пределом текучести и прочности), *микроструктура* (величиной зерна и степенью его однородности, наличием более твердых частиц с абразивным характером воздействия на инструмент), *физико-химическое состояние* и *микрogeометрия поверхности*. С повышением пластичности штампуемость обычно улучшается, увеличивается часть поверхности разделения с малой шероховатостью, возрастает стойкость инструмента, так как снижаются контактные напряжения на рабочих кромках инструмента за счет увеличения площади контакта. Штампуемость улучшается при снижении пределов текучести и прочности, что обычно связано с повышением пластичности.

Снижение прочности приводит к снижению контактных напряжений и повышению стойкости инструмента. Стойкость инструмента выше при более мелкой и равномерной микроструктуре металла, малой загрязненности и частицами с абразивным характером воздействия на инструмент.

От микрogeометрии и физико-химического состояния поверхности листового материала зависит ее способность удерживать смазочно-охлаждающий слой, что является единственным резервом улучшения штампуемости металла при его штамповке в состоянии высокой прочности и малой пластичности. Для улучшения штампуемости на поверхность таких листовых металлов иногда наносят покрытия, обладающие смазывающим свойством или способные хорошо удерживать смазочный материал.

При штамповке на высокоскоростных прессах стойкость инструмента зависит также от температуры нагрева инструмента и ее градиента. С увеличением теплопроводности и теплоемкости листового металла температура нагрева инструмента и ее градиент снижаются, стойкость инструмента увеличивается.

В операциях гибки показателями штампуемости наиболее часто являются пружинение, минимальный радиус изгиба, степень изменения качества поверхности от деформации при изгибе. Технологические свойства металла, влияющие на его штампуемость, определяются *отношением предела текучести к модулю упругости, пластичностью, макро- и микроструктурой, однородностью механических свойств* по листу, ленте, рулону и т. п. и всей поставки металла для данных изделий, точностью и стабильностью отклонения по толщине от номинала для всей поставки, способностью поверхности удерживать смазочный материал.

Отношение предела текучести к модулю упругости является основным фактором, влияющим на пружинение, т. е. на упругое изменение кривизны изогнутой части изделия при разгрузке, когда раскрывается штамп. Оно прямо пропорционально этому отношению. Металл имеет практически неизменный модуль упругости, поэтому чем меньше его предел текучести, тем лучше

штампуемость. Чтобы получить заданную точность гибки, пружинение обычно учитывают корректировкой размеров пуансона и матрицы и настройкой штампа. Такая корректировка эффективна, если предел текучести и отклонение по толщине металла достаточно стабильны. *Минимальный радиус изгиба* зависит от пластичности металла, т. е. от величины ϵ_p , так как формоизменение ограничивается разрушением металла на выпуклой поверхности изогнутого участка. Если металл имеет грубую микроструктуру, крупную неравномерную зернистость, то при изгибе вследствие большой пластической деформации поверхностных слоев может существенно ухудшаться микрogeометрия поверхности. Способность удерживать смазочный материал, зависящая от микрogeометрии поверхности и ее состояния, имеет значение, когда на поверхности контакта металла с инструментом действуют высокие контактные напряжения и возникает опасность разрыва и выдавливания смазочного материала, схватывания и задира.

В операциях *вытяжки* осесимметричных и коробчатых деталей показателями штампуемости является *предельный коэффициент вытяжки $K_{\text{п}}$* , определяемый отношением наибольшего диаметра заготовки, при котором еще возможна вытяжка, к диаметру стакана (для коробчатой детали — диаметры условных заготовки и стакана), а также *стойкость инструмента* и иногда коэффициент использования металла, который может существенно снижаться из-за плоскостной анизотропии. Силовые параметры обычно не имеют определяющего значения, они лишь могут отражаться на стойкости инструмента.

На коэффициент $K_{\text{п}}$ влияют *параметры кривой упрочнения ϵ_{10} , n , σ_T/σ_B , ϵ_p и коэффициент нормальной анизотропии r* . Чем меньше ϵ_{10} и σ_T/σ_B и больше n , ϵ_p , и r по сравнению с единицей, тем больше $K_{\text{п}}$. Наличие плоскостной анизотропии приводит к нарушению осевой симметрии процесса, к окружной разнотолщинности стенки вытягиваемой детали и волнистости кромок. Последнее приводит к увеличению припуска на обрезку кромок и увеличению расхода металла.

Влияют также *микрogeометрия и*

физико-химическое состояние поверхности (имеется оптимальная микрogeометрия поверхности, обеспечивающая требуемые условия трения, причем имеет значение различие в микрogeометрии с одной стороны листа по сравнению с другой) и *относительная толщина стенки вытягиваемого изделия* (с увеличением отношения толщины листа к диаметру изделия штампуемость обычно улучшается, повышается коэффициент $K_{\text{п}}$, снижаются требования к техническому уровню и состоянию штампа и прессы).

Стойкость вытяжного штампа зависит от прочностных характеристик листового металла. В зависимости (1) они отражены в основном коэффициентом A , а также зависят от n и ϵ_{10} . С увеличением прочности металла возрастают напряжения на поверхностях его контакта с инструментом. Вследствие этого увеличивается интенсивность изнашивания инструмента, повышается вероятность налипания обрабатываемого металла на рабочую кромку матрицы в результате выдавливания смазочного материала с поверхности контакта. Требования к техническому уровню и состоянию штампа и прессы повышаются, увеличиваются материальные затраты в целом.

В операциях *сбтязки и рельефной формовки* формоизменение металла осуществляется путем его растяжения и обтягивания по поверхности инструмента. Показателем штампуемости является *параметр предельного формоизменения*, которое ограничивается разрушением металла, причем разрушению может предшествовать локализация деформации. Дополнительным показателем может быть степень ухудшения микрogeометрии поверхности при деформации металла. Параметром предельного формоизменения может служить относительная предельная глущина формовой оболочки, относительное удлинение контура сечения оболочки и относительное увеличение площади поверхности металла при его формоизменении.

Локализация деформации предшествует разрушению металла, когда условия его деформации при штамповке близки к условиям одноосного растяжения или плоской деформации. Но чаще имеют место такие условия штамповки, которые препятствуют ло-

кализации деформации. Ее развитие в той или иной мере замедляется, и она протекает не в таком явном виде, как в условиях одноосного растяжения.

Если условия формоизменения металла в операции не препятствуют развитию локализации деформации, то предельное значение главной деформации ϵ_1 в направлении наибольшего растяжения металла равно $\epsilon_{\text{ш}}$ (4). Параметр предельного формоизменения зависит в основном от $\epsilon_{\text{ш}}$ и r (10): чем они больше, тем равномернее растягивается металл, тем больше его формоизменение.

На замедление локализации влияет в основном отношение ϵ_2/ϵ_1 между деформациями удлинения главных волокон, взятых на поверхности формуемой оболочки; в этом отношении $\epsilon_2 \geq \epsilon_1$. В результате замедления локализации увеличивается предельное значение деформации ϵ_1 по сравнению с $\epsilon_{\text{ш}}$. Влияние отношения ϵ_2/ϵ_1 на ϵ_1 отражается кривой Келлера. Некоторое влияние на положение кривой оказывает характер распределения деформации по оболочке. Она располагается тем выше в плоскости $\epsilon_1, \epsilon_2/\epsilon_1$ графика, чем неравномернее распределение деформации. Замедление локализации может быть настолько сильным, что разрушение металла возникает раньше, чем локализация. В этом случае параметр предельного формоизменения тем больше, чем больше $\epsilon_p, \epsilon_{\text{ш}}$ и r .

Дополнительный показатель штампуемости, обеспечивающий оптимальную шероховатость поверхности металла, вводится в случаях, когда это имеет значение при производстве заданного изделия. Шероховатость поверхности тем больше, чем грубее микроструктура, крупнее и неоднороднее зерна.

При штамповке углеродистой листовой стали характерным дефектом на участках двухосного растяжения являются полосы скопления. Этот дефект связан с наличием площадки текучести на кривой упрочнения. Чтобы устранить площадку текучести, непосредственно перед штамповкой металлу сообщают небольшую, порядка 0,01 деформацию на специально предназначенных для этого станах.

В операциях вытяжки сложных несимметричных деталей (типа деталей кузова автомобиля) формообразование происходит как за счет втягивания

металла пуансоном в матрицу, так и за счет его двухосного растяжения и обтягивания по пуансону, т. е. операция вытяжки совмещается с операцией обтяжки. Технологические свойства металла должны обеспечивать обрабатываемость металла по показателям штампуемости обеих операций.

В операциях вытяжки с утонением стенки формоизменение происходит в основном за счет уменьшения толщины стенки заготовки протягиванием ее через зазор между пуансоном и матрицей. Уменьшение толщины и формоизменение ограничены разрушением стенок. На поверхностях контакта металла с инструментом действуют высокие контактные напряжения.

Штампуемость металла определяется обычно предельным коэффициентом утонения стенки, стойкостью инструмента, коэффициентом использования материала и материальными затратами на подготовительные операции.

Предельный коэффициент утонения стенки $\mu_{\text{п}}$ по условию разрыва стенки тем меньше (формоизменение тем больше), чем интенсивнее упрочняется металл, т. е. чем больше константа n в зависимости (1).

Стойкость инструмента зависит в основном от отношения между показателями прочности обрабатываемого металла и материала инструмента. Это соотношение обычно выбирают на базе производственного опыта. На стойкость инструмента влияют также способность поверхности металла удерживать смазочный материал и загрязненность металла нерастворимыми примесями и частицами с абразивным характером воздействия на инструмент. Часто для повышения стойкости на поверхность металла наносят покрытие, обладающие смазывающими свойствами или способностью хорошо удерживать смазочный материал.

На коэффициент использования металла существенно влияет плоскостная анизотропия. Она приводит к нарушению осевой симметрии процесса, увеличению высоты неровностей кромки вытягиваемого стакана. В результате припуск на обрезку неровностей по кромке увеличивается.

В операциях отбортовки отверстия и раздачи конца трубы показателем штампуемости является предельный коэффициент формоизменения. Формо-

изменение осуществляется за счет растяжения и уменьшения толщины металла. Возможности формоизменения в основном зависят от параметров $\epsilon_{\text{ш}}$ и ϵ_p кривой упрочнения и ограничиваются разрушением по кромке борта или трубы, которому может предшествовать локализация деформации. Деформация растяжения металла по кромке перед локализацией существенно больше деформации $\epsilon_{\text{ш}}$, т. е. локализация деформации значительно запаздывает под воздействием градиента деформации. Деформация $\epsilon_{\text{п}}$, при которой разрушается металл, в этих операциях больше деформации ϵ_p , при которой разрушается металл в шейке образца для испытания металла на растяжение. На значение предельного коэффициента существенно влияет отношение толщины металла к диаметру отверстия под отбортовку или трубы. Существенно сказывается также разнотолщинность, она приводит к нарушению осевой симметрии процесса, усиливает локализацию деформации. Подобный эффект возникает и при наличии плоскостной анизотропии листового металла.

Испытания технологических свойств листовых металлов и технологические пробы. Испытания технологических свойств листовых металлов сводятся к испытаниям механических, физических и других его свойств и характеристик, поскольку технологические свойства, от которых зависит штампуемость металла в операции, определяются частью этих свойств и характеристик. Технологическая проба представляет собой пробное выполнение операции на образцах металла с помощью лабораторного штампа или приспособления, моделирующих производственный штамп. Она позволяет определить показатели штампуемости опробованного металла и сравнить их с показателями, удовлетворяющими требованиям производства. Но выявить, какое именно свойство или характеристика или же их сочетание обеспечили такой показатель, проба обычно не может.

Испытания образцов металла на одноосное растяжение для определения механических свойств. Для вычисления трех констант зависимостей (1) и (2) выбирают точки M, N и L на экспериментальной кривой $\sigma_1(\epsilon_1)$, которую строят по экспериментальным точкам

как осредняющую (например, по методу наименьших квадратов). Если испытательная машина оснащена приборами для непрерывной записи изменений размеров образца и усилия, и компьютером, выдающим кривую $\sigma_1(\epsilon_1)$ в готовом виде, то вычисление необходимых для построения кривой данных отпадает. Три точки дают три уравнения (2) для вычисления трех констант. Точка M должна иметь координаты $\sigma_1 = \sigma_T, \epsilon_1 = 0$; точка L — координаты конца кривой; точку N удобно выбрать так, чтобы

$$\sigma_N^2 = \sigma_M \sigma_L. \quad (16)$$

Это дает возможность записать три формулы для определения констант в явном виде:

$$\epsilon_{10} = \frac{\epsilon_N^2}{\epsilon_L - 2\epsilon_N};$$

$$n = \frac{\ln(\sigma_M/\sigma_T)}{\ln[(\epsilon_{10} + \epsilon_N)/\epsilon_{10}]};$$

$$A_1 = \frac{\sigma_L}{(\epsilon_{10} + \epsilon_L)^n}. \quad (17)$$

Если машина оснащена компьютером, то эти вычисления делает он, тогда отпадает необходимость в использовании условия (16), чтобы записать ϵ_{10}, n и A_1 в явном виде.

При выборе методов измерений образца и вычислений напряжения σ_1 и деформации ϵ_1 необходимо учитывать следующие обстоятельства. Площадь F_0 поперечных сечений рабочего участка образца в его исходном состоянии при точности изготовления образца согласно ГОСТам может быть неодинаковой. Различия для сечений с наибольшей и наименьшей площадью в образце из листового проката могут достигать 2%. Для образцов, вырезанных из труб и других полудубрикатов, это различие может достигать 5% и более вследствие разнотолщинности, так как обработка поверхностей образца для выравнивания толщины обычно не допускается. Вследствие этого для каждого поперечного сечения из ряда сечений с площадями $F_{01}, F_{02}, \dots, F_{0k}, \dots$ имеется своя зависимость усилия растяжения образца $P_k(\epsilon_k)$ в виде

$$P_k = \sigma_k F_k = A F_{0k} (\epsilon_{10} + \epsilon_k)^n e^{-\epsilon_k}, \quad (18)$$

где $k = 1, 2, 3, \dots$

На плоскости P_1, ϵ_1 зависимости

(18) для ряда сечений представляют собой множество непересекающихся кривых, занимающих полосу, ширина которой тем больше, чем больше различие между площадями сечений. При растяжении в статических условиях на обычной испытательной машине можно считать, что усилие в любой момент времени одно и то же для всех сечений: $P_k = P$. Отсюда и из равенства (18) следует, что в различных сечениях деформация различна, т. е. растяжение образца неравномерно с самого начала пластической деформации.

В момент когда усилие достигает максимума, деформация равна $\epsilon_{\text{ш}}$ только в самом слабом сечении шейки; во всех других сечениях она меньше. Расчеты показывают, что в сечении, площадь которого, например, на 1% больше, деформация меньше на 23%, если $n = 0,3$, $\epsilon_{10} = 0$; на 39% меньше, если $n = 0,3$, $\epsilon_{10} = 0,1$; на 40% меньше, если $n = 0,4$, $\epsilon_{10} = 0,2$.

Из расчета следует, что применяемый иногда метод определения константы n по измерениям размеров сечения, удаленного от шейки образца, или по измерениям продольной базы, взятой вне шейки, является весьма грубым и всегда дает заниженный результат.

Метод построения кривой $\sigma_1(\epsilon_1)$ по результатам измерений продольной базы образца содержит следующую некорректность. Вследствие неравномерного растяжения как всего образца, так и выбранной для измерений базы, вычисление деформации как $\ln(l/l_0)$ по измерениям текущей длины l продольной базы l_0 в действительности дает осредненную по базе деформацию

$$\epsilon_{\text{ср}} = \ln \frac{\int_{l_0} [F_0(x_0)/F(x_0)] dx_0}{l_0}, \quad (19)$$

где $F_0(x_0)$ и $F(x_0)$ — начальная и текущая площади поперечных сечений образца в виде функций координаты x_0 , взятой по его оси.

Среди всех сечений внутри измеряемой базы есть сечение, в котором деформация равна вычисленной по уравнению (19). Если бы напряжение σ_1 вычисляли по измерениям именно этого сечения, то оно соответствовало бы вычисленной по (19) деформации. Но расположено этого сечения заранее

неизвестно, экспериментатор его и не ищет. Измерения проводят для случайно выбранного сечения, не обязательно в пределах базы. Эта некорректность не приводит к существенным неточностям при вычислении A_1 и n , если образец взят от проката игольного листа, разнотолщинность и неоднородность которого относительно малы. Но если образец взят от трубы или от штампованного полуфабриката, разнотолщинность и неоднородность которых значительно больше, ошибку трудно оценить, так как для оценки необходимо найти функцию $F_0(x_0)$ и аналогичную функцию в отношении неоднородности металла вдоль образца. Метод определения кривой $\sigma_1(\epsilon_1)$ по результатам изменения данного поперечного сечения и усилия не содержит этой некорректности.

Относительная ошибка при измерении толщины больше, чем при измерении продольной базы. Но когда используют метод измерения продольной базы для вычисления деформации, то измерение толщины остается обязательным, так как для вычисления напряжения необходимо знать площадь сечения образца. В итоге точность общего результата определяется точностью измерения толщины образца.

Метод, в котором деформация вычисляется по измерениям поперечного сечения, можно использовать и для количественной оценки неоднородности металла вдоль образца; для этого в испытании необходимо проводить измерения одновременно в нескольких сечениях образца, чтобы затем построить для каждого сечения кривую упрочнения. Степень различия констант A_1 , ϵ_{10} и n кривых упрочнения для различных сечений образца будет отражать неоднородность металла.

Оценка структурного состояния. Характер микроструктуры, т. е. структурный состав, величина и форма зерна, степень его однородности, наличие загрязнений, нерастворимых включений, оценивается согласно ГОСТ 5639—82, ГОСТ 16523—70. Методика оценки структурного состояния регламентирована этими ГОСТами.

Оценка склонности к деформационному старению, в результате которого появляется площадка текучести и кривой упрочнения металла, проводится в соответствии с ГОСТ 7268—82

Оценку микрогеометрии поверхности проводят по ее шероховатости. Параметры, характеристики и обозначения регламентированы ГОСТ 2789—73 и ГОСТ 2.309—73. Основным параметром является среднее арифметическое отклонение профиля Ra . Он отражает среднюю арифметическую высоту неровностей профиля в пределах базовой длины. Способность удерживать смазочный материал зависит от этого параметра, а также от типа, направления неровностей, их шага. Для определения параметров шероховатости служат профилометры шуповые завода «Калибр» типа «Калибр-201», «Калибр-252».

Технологические пробы. Технологическая проба на вырубку—пробивку осуществляется на штампе для вырубки кружка (длина окружности 100 мм), оснащенного силоизмерительным устройством. Принимается оптимальный зазор между пуансоном и матрицей, соответствующий толщине и роду металла. Условия вырубки — обычные для штампов с жестким или пружинным съёмником.

По технологической пробе оценивают условное напряжение, взятое как отношение максимального усилия вырубки к произведению длины поверхности разделения на толщину листа; глубину пластического внедрения кромок инструмента к моменту появления трещин в зоне разрушения (ширину блестящего пояса); качество поверхности разделения. По результатам пробы можно косвенно судить о прочности и пластичности металла, величине зерна, дать ориентировочную оценку ожидаемой стойкости инструмента.

Технологические пробы на изгиб можно разделить на три группы. В пробах первой группы определяют пригодность металла по минимальному радиусу изгиба, при котором происходит разрушение; второй группы — по числу циклов гибки до разрушения металла: изгиба — разгиба — перегиба — разгиба; третьей группы — по пружинению после разгрузки. В пробах всех групп обычно оценивают момент изгиба или усилие, создающее этот момент на определенном плече. К первой группе можно отнести пробы по Вольтеру, Гютю; ко второй группе — пробы на перегиб и на двойной

кровельный замок; к третьей группе — пробы на загиб угла листа прибором «Flex» и на пружинение по Элеру.

Технологические пробы на осесимметричную вытяжку делают для определения предельного коэффициента вытяжки.

В пробе по методу ЦНИИТМАШа на штампе-приборе вытягивается цилиндрический стакан диаметром 50 мм из образцов в виде диска; диаметр их варьируется от значения, при котором вытяжка возможна, до значения, при котором происходит разрыв заготовки в окружном сечении, проходящем через точку на участке контакта с торондой поверхностью торца пуансона.

Радиусы скругления рабочих кромок матрицы и пуансона и зазор принимают оптимальными для данной толщины металла. Применяют обычный для данного металла смазочный материал. Прижимное устройство настраивают на оптимальное усилие. Сравнение металлов одной и той же марки по предельному коэффициенту вытяжки проводят на одном и том же штампе-приборе и при неизменных условиях проведения пробы.

Достоверность предельного коэффициента вытяжки для металла зависит от числа образцов одного и того же диаметра, вытянутых без разрыва и разорвавшихся.

В приборе для проведения пробы по методу Фукуи матрица штампа-прибора имеет коническую (угол при вершине 60°) рабочую поверхность, которая сопрягается с цилиндрической поверхностью отверстия диаметром приблизительно 25 мм торондой поверхности оптимального радиуса. Пуансон — со сферической или плоской со скругленной кромкой рабочей поверхностью, прижимное устройство нет, образцы — в виде диска с варьируемым диаметром. Методика проведения пробы такая же, как и пробы по методу ЦНИИТМАШа. Металлы сравнивают по предельному коэффициенту вытяжки. Кроме того, оценивают изменение микрогеометрии листа в зоне интенсивного двухосного растяжения-обтяжки металла по сферическому пуансону, зависящее от величины зерна. Анализируют вид трещины и ее место относительно направления прокатки. Поведение ме-

талла в зоне контакта со сферическим пуансоном характеризует частично некоторые показатели его штампуемости в операциях рельефной формовки и обтяжки.

Оценка предельного коэффициента вытяжки путем варьирования диаметра заготовки весьма трудоемка из-за большого числа проб и образцов, требует статистической обработки результатов. Предложено несколько способов усовершенствования методики проведения пробы и оценки результатов. Так, способ Энгельгардта и Гросса оценки результатов пробы на вытяжку стаканчика заключается в следующем. В штампе-приборе совмещенного действия из полосы, отрезанной от листа, вырубается круглый образец и затем вытягивается в стаканчик. Соотношение между диаметром стаканчика и образца равно 0,577, т. е. такое, что вытяжка идет без отрыва дна, но стаканчик вытягивается не полностью. Когда усилие вытяжки достигает максимума P_{\max} и затем начинает уменьшаться, не вытянутый еще фланец образца жестко зажимается под прижимом. При дальнейшем продвижении пуансона в матрицу вытянутая часть образца растягивается и при усилении разрыва P_p у нее обрывается дно. Прибор фиксирует усилия P_{\max} и P_p . Опробованный металл сравнивают с другим металлом по коэффициенту $T = (P_p - P_{\max}) / P_p$.

Технологическую пробу на осесимметричную формовку делают для определения показателя наибольшего формоизменения металла в штампе-приборе. Методика проведения пробы по Эриксену регламентирована ГОСТ 10510—80. Она заключается в формовке на заготовке осесимметричного углубления с помощью пуансона со сферическим торцом радиусом 10 мм и матрицы диаметром 27 мм. В приборе имеется прижимное устройство, квадратный образец со стороной не менее 90 мм; может быть использована неразрезанная на квадраты полоса такой же ширины.

В наборе инструмента для прибора имеются также пуансоны с радиусами сферы 7, 4 и 1,5 мм и соответствующие им матрицы диаметрами 17, 11 и 5 мм. Образец должен иметь стороны квадрата не меньше 50, 30 и 15 мм соответственно. Этот дополнительный на-

бор инструментов применяют в случаях, когда ширина ленты меньше 90 мм.

В пробе соотношение между размером образца и диаметром матрицы значительно больше предельного коэффициента вытяжки, поэтому металл практически не втягивается в матрицу. Формообразование идет за счет двухосного растяжения металла внутри контура матрицы.

Показателем наибольшего формоизменения является глубина формовки h_2 в момент появления трещины в окружном сечении, находящемся в зоне контакта металла с пуансоном. Этот момент практически совпадает с моментом максимума усилия формовки, что может служить признаком для останова движения инструмента.

Дополнительным показателем штампуемости является изменение микрогеометрии поверхности листа в зоне наибольшего растяжения по пуансону, вид трещины, положение ее относительно направления прокатки. Они отражают величину зерна, анизотропию в отношении пластичности металла.

Проба на осесимметричную формовку дает хороший показатель штампуемости и в операциях обтяжки.

Штампуемость данного металла в операциях вытяжки сложных несимметричных деталей типа автокузовных сравнивается со штампуемостью другого металла по результатам двух проб: на осесимметричную вытяжку и формовку. Штампуемость тем лучше, чем выше оба показателя.

Проба на отбортовку отверстия в листе заключается в отбортовке отверстия, просверленного в листе, с помощью цилиндрического пуансона с плоским или сферическим торцом и матрицы. В пробе отбортовка ведется до такого диаметра по кромке отверстия, когда на кромке появляется трещина. Отношение диаметра отверстия к этому диаметру является показателем пробы.

Существуют и другие, менее распространенные и известные технологические пробы для листового металла. В них моделируется данная штамповочная операция. Условия проведения пробы следует по возможности приближать к условиям производственной штамповки.

Глава 4 ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛА И СПОСОБЫ ЕГО РАЗДЕЛЕНИЯ НА ЗАГОТОВКИ

1. ЗАЧИСТКА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛА

Если на поверхности отливок, поковок, сортового проката обнаружены дефекты — коррозия, плены, волосовины, трещины, закаты, подрезы, расслоения, риски, то они должны быть удалены перед дальнейшей обработкой. Крупные поверхностные дефекты удаляют газопламенной обработкой, пневматическими молотками, зачисткой шлифовальными кругами. Для удаления поверхностных дефектов на стальных заготовках используют электрокорундовые шлифовальные круги на бакелитовой связке с зернистостью 12—60. Окружная скорость шлифовальных кругов составляет 30—50 м/с. Обработанные участки поверхности должны иметь плавные переходы.

При большом числе дефектов проводят обдирку на обдирочных, фрезерных или строгальных станках в зависимости от формы и вида исходного металла. Если глубина дефектов на прокате из углеродистых качественных конструкционных сталей превышает значения, указанные в табл. 1, то металл бракуют.

1. Допустимая глубина зачистки дефектов (углеродистая качественная конструкционная сталь, ГОСТ 1050—74)

Диаметр или толщина заготовки, мм	Глубина зачистки, не более
До 80	Половина суммы предельных отклонений
80—140	Сумма предельных отклонений
140—200	5 % диаметра или толщины
Св. 200	6 % диаметра или толщины

2. Выбор способа зачистки для устранения дефектов в зависимости от марки стали

Сталь	Способ зачистки
Ст2—Ст6, 10—60, 15Г—50Г, 15Х—35Х, 15ХФ, 15ХМ, 15НМ, 20ХН, 12ХН2, 12ХН3А	1. Пневматическим молотком 2. Газопламенная без подогрева
65, 70, 60Г—70Г, 30Г2—50Г2, 38ХА, 50Х, 40ХГ, 40ХФА, 33ХС—40ХС, 40ХН—50ХН, 30ХН3А, 30ХГС, 38ХМЮА	1. То же 2. Газопламенная с подогревом не ниже 180 °С
У9—У13, ШХ6—ШХ15, ШХ15СГ, Х, 9ХС, ХВГ, 7Х3, 8Х3	1. То же 2. Газопламенная с подогревом не ниже 300 °С
08—45, 15Г—60Г, 15Х—45Х, 33ХС, 15ХМ, 30ХМ, 35ХМ, 20ХН—40ХН, 12ХН3А, 30ХГСА, 35ХГСА	Обработка на фрезерном станке
У8—У13, ШХ15, ШХ15СГ, 12Х18Н9, 4Х10С2М, Х, 9ХС, ХВГ, 7Х3, 4ХВ2С, Х12, Х12М, Р9, Р18	Шлифовальными кругами

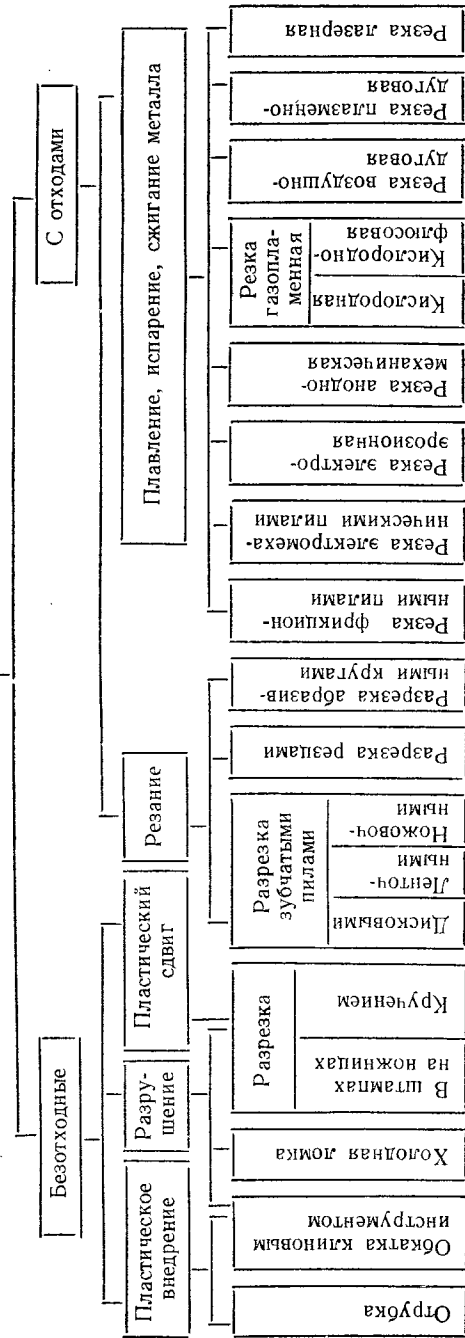


Рис. 1. Классификация способов разделения исходного металла на заготовки

Очистку поверхности проката от продуктов коррозии и окалины можно производить механическим и химическим (травлением) способом. Травление без механической очистки не обеспечивает надежного удаления окалины, поэтому предварительно применяют механическую обработку (зачистку поверхности): обдирку, шлифование, очистку стальными щетками, дробеочистку.

Выбор способа зачистки зависит от вида исходного металла (слиток, отливка, поковка, прокат), его назначения, марки металла, вида и степени развития дефекта, формы и размера сечения (табл. 2). По экономическим показателям зачистка пневматическими молотами в 2,5—3 раза дешевле, чем шлифовальными кругами. Ручная газопламенная зачистка без подогрева дешевле обработки пневматическими молотами на 30—40 % и приблизительно одинакова в случае подогрева.

Горячекатаные прутки, используемые для штамповки в открытых штампах, на некоторых производствах подвергают обточке в целях удаления обезуглероженного слоя и повышения точности по диаметру. Эффективна обточка на бесцентровых токарных станках, в которых пруток поступательно перемещается сквозь вращающиеся многолезцовые головки. Производительность бесцентрового токарного станка в 3—4 раза выше производительности универсального токарного станка.

2. РАЗДЕЛЕНИЕ МЕТАЛЛА НА ЗАГОТОВКИ

Операции разделения исходного металла (отливка, поковка, прутков, труб, полос, профилей) на заготовки — самые распространенные в металлообра-

тывающем производстве. Экономичность их существенно влияет на эффективность всего технологического процессаковки или штамповки и прежде всего на расход металла. Разделение можно производить различными способами (рис. 1). Каждый способ характеризуется совокупностью технико-экономических показателей и имеет свою рациональную область применения.

Отрубка — отделение заготовки внедрением клинового инструмента. Отрубку горячего металла выполняют на молотах и гидравлических прессах и применяют для отделения негодных частей от основной заготовки или для разделения исходного металла на заготовки под ковку. Отход металла при отрубке незначительный. Отрубка, как кузнечная операция, подробно рассмотрена в гл. 13.

Способ отрубки применен в машинах «МИР» для импульсного холодного или горячего разделения металла, разработанных в Харьковском авиационном институте (рис. 2). Разделение осуществляется внедрением движущихся навстречу друг другу клинообразных пластин — ножей. Начальная скорость внедрения ножей при импульсной отрубке составляет до 30 м/с. Отходы при импульсной отрубке ничтожно малы, что позволяет условно отнести этот способ к безотходным.

Обкатка клиновым инструментом. Этот безотходный способ применяют для разделения прутков круглого профиля и труб из металлов средней и высокой твердости на относительно длинные заготовки. Сначала во вращающийся пруток, зажатый в патрон токарного станка, внедряется ролик, образуя V-образную канавку (рис. 3). Затем нажимом на консольный конец отрезаемой части прутка отделяют ее разрушением по плоскости надреза. Число оборотов проката до полного отделения заготовки зависит от механических характеристик металла, размера сечения прутка и величины прогиба свободного конца прутка. Полученная этим способом заготовка имеет фаски по кромкам и шероховатую поверхность торцов. Способ находит ограниченное применение.

Холодная ломка. Способ представляет собой разделение проката на

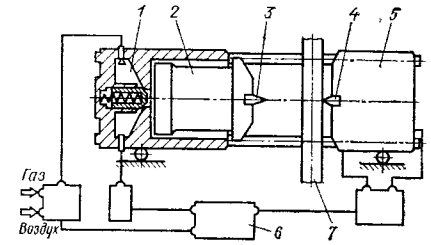


Рис. 2. Схема машины «МИР» для импульсной отрубki:

1 — камера сгорания; 2 — шток; 3, 4 — ножи; 5 — шабот; 6 — блок управления; 7 — разрезаемый металл

заготовки разрушением по предварительно нанесенным концентраторам напряжений (надрезам) путем поперечного статического или динамического нагружения. Холодная ломка является производительным безотходным способом разделения проката из твердых металлов: сталей 45, 40Х, ШХ15 и др. Мягкие металлы при холодной ломке сильно деформируются, поэтому для них она мало пригодна. Применяют ломку низкоуглеродистых сталей с нагревом до 250—300 °С. Ломку применяют преимущественно для разделения прутков с диаметром сечения более 50 мм на заготовки длиной более 0,8 диаметра сечения. Особенно эффективна ломка для разделения проката больших сечений.

Различают одноопорную (а), двухопорную (б) и консольную (в) ломки

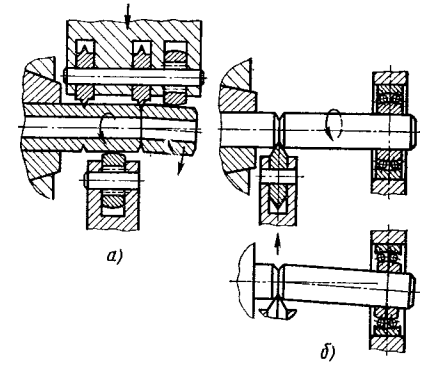


Рис. 3. Схемы разделения круглого проката и труб на заготовки обкаткой клиновым роликом (а), обкаткой и разрушением (б)

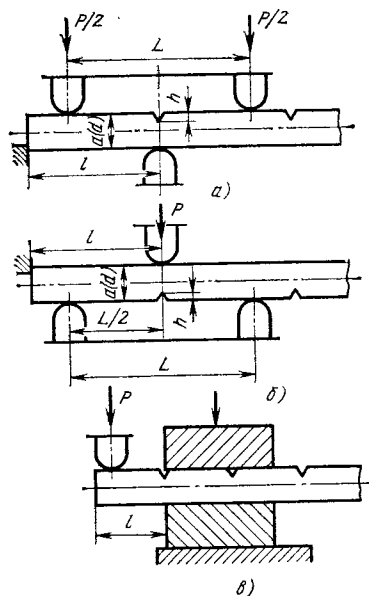


Рис. 4. Схемы холодной ломки

(рис. 4). Наименьшую точность поверхности раздела имеют заготовки, полученные консольной ломкой, что объясняется асимметрией нагружения. Ломке предшествуют разметка прутка и нанесение на нем надрезов на глубину h , определяемую по эмпирической формуле

$$h = K \sqrt[3]{a},$$

где a — высота или диаметр сечения, мм; $K = 1 \div 2$ — коэффициент, зависящий от прочности сталей (для хрупких сталей $K = 1$).

Для сечений высотой более 50 мм глубина надреза не превышает $h_{\max} = 0,05a + 3$ мм. При чрезмерной глубине надреза качество ломки ухудшается.

Надрез наносят разными способами: газовой резкой, дисковой пилой и др. В современных прессах-хладноломах концентраторы напряжений наносят вдавливанием специального пуансона, образующего на прутке канавку с профилем равностороннего треугольника. Ширина b надреза зависит от способа нанесения и не превышает 5—8 мм. Форма и размеры надреза влияют на эффективность ломки. Чем надрез уже

и чем меньше радиус основания, тем больше проявляется концентрация напряжений и эффективнее ломка.

Ломку выполняют на универсальных кривошипных и гидравлических прессах и на специальных вертикальных и горизонтальных гидравлических прессах. Одноопорная ломка безопаснее, так как отделяемая заготовка перемещается свободным концом вниз.

Усилие ломки определяют по следующим формулам:

для круглого профиля

$$P = K_1 \frac{0,4d^3 \sigma_B}{L};$$

для квадратного профиля при ломке по стороне сечения

$$P = K_1 \frac{0,7a(a-h)^2 \sigma_B}{L};$$

для квадратного профиля при ломке по диагонали

$$P = K_1 \frac{0,5a^3 \sigma_B}{L},$$

где K_1 — коэффициент, учитывающий характер действия усилия, форму сечения и другие факторы: $K_1 = 0,8 \div 1,1$ — при ломке круглого и квадратного профиля по диагонали; $K_1 = 1,05 \div 1,1$ — при ломке квадратного профиля по стороне сечения; d, a — диаметр или сторона квадрата сечения; L — расстояние между опорами, $L \approx 2a$.

Преимущества холодной ломки: малая энергоемкость, простота и долговечность инструмента, возможность безотходного разделения проката больших сечений и использования универсальных прессов, а также возможность по излому контролировать качество металла.

Недостатки холодной ломки: не универсальность способа (непригодность для разделения труб, профилей и пластичных металлов); необходимость предварительного нанесения надреза; отклонение от плоскостности и шероховатая поверхность торцов получаемых заготовок; нестабильность размеров и объема заготовок; образование торцовых трещин при ломке прутков из некоторых высоколегированных сталей; необходимость специальных мероприятий по технике безопасности для защиты от возможного отделения

кусочков металла, отлетающих с большой скоростью, и от удара резко перемещающимися прутком и отделяемой заготовкой. Особенностью силового режима ломки является мгновенное падение усилия, сопровождающееся сильным звуковым эффектом. В настоящее время исследуется эффективность применения холодной ломки для разделения прутков малых сечений, разрабатывается специализированное оборудование. Примером является способ разделения прутка круглого профиля, включающий операцию нагрева, продавливания роликом канавки по периметру сечения, закалку и ломку. Заготовки, полученные этим способом, имеют чистую, ровную торцовую поверхность и однородную структуру металла. Способ не нашел еще распространения на производстве.

Разрезка в штампах и на ножницах. Способы и механические схемы. Разрезку в штампе или на сортовых ножницах производят без отхода металла путем смещения (сдвига) отрезаемой части прутка по поверхности раздела под воздействием сближающихся ножей. Это наиболее распространенный и экономичный способ разделения проката на заготовки. Точность формы и размеров отрезаемой заготовки зависит от степени развития пластической деформации и характера разрушения.

В общем случае поверхность заготовки (рис. 5) состоит из недеформированного участка 1, участка смятия 2, утяжин 3, гладких пластических («блестящих») поясков 4 и шероховатых волнообразных участков 5 на торцах. В зависимости от свойств разрезаемого металла, способа и условий разрезки, размеров заготовки отдельные участки могут быть более или менее выражены или отсутствовать вовсе.

В заготовке различают передний П и задний З концы. Искажения формы больше у заднего конца. От торцов в глубь заготовки распространяются зоны пластической деформации 6, в которых при холодной разрезке металл упрочняется, изменяя структуру и механические характеристики.

От температуры металла и скорости деформирования, существенно зависит качество получаемых заготовок. Разрезка в штампах и на ножницах может быть выполнена следующими способами (табл. 3).

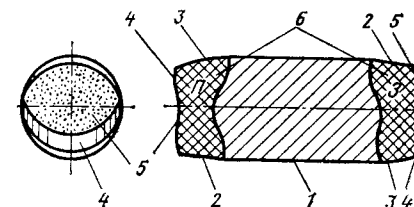


Рис. 5. Характерные участки поверхности и приторцовые зоны пластической деформации в заготовке, отрезанной от прутка в штампе или на ножницах

1. Открытая разрезка, при которой не ограничивается подвижность прутка и его отрезаемой части относительно ножей. Способ не обеспечивает получение заготовок точной формы и потому находит лишь ограниченное применение в единичном производстве для отрезки длинных заготовок ручными ножницами.

2. Не полностью открытая разрезка, отличается от способа 1 ограничением поворота прутка в неподвижном ноже, но подвижность отрезаемой части не ограничена, как и в способе 1. Этот способ также не обеспечивает точной формы отрезаемых заготовок. Благодаря применению открытого подвижного ножа отличается простотой удаления заготовки («на провал»). Способ эффективен при высокой скорости отрезки (более 40 м/с).

3. Не полностью закрытая разрезка, принципиально отличается от не полностью открытой тем, что исключена возможность поворота и изгиба не только прутка, но и его отрезаемой части. Это достигается пассивным или активным поперечным зажимом прутка в ножах. Заготовки, отрезанные по этому способу, имеют значительно меньшее искажение формы, чем по способам 1 и 2, поэтому не полностью закрытая разрезка находит все большее распространение и является в настоящее время основным способом безотходной разрезки в штампах и на сортовых ножницах точных заготовок длиной более 0,8 высоты сечения прутка. Не полностью закрытую разрезку с пассивным поперечным зажимом чаще всего производят в штампах с цельными втулочными ножами (с поперечным зазором между прутком и ножом), а с активным поперечным зажимом — в штампах с открытыми ножамн-полувтулками и зажимными уст-

3. Классификация способов и схем резки заготовок сдвигом

Разрезка	Без прижима	С поперечным зажимом		С осевым сжатием
		пассивным	активным	
Открытая		—	—	—
Не полностью открытая	—			—
Не полностью закрытая	—			—
Закрытая	—	—	—	

ройствами, обеспечивающими прижим прутка к ножам внешней силой Q . Эта схема является наилучшей схемой

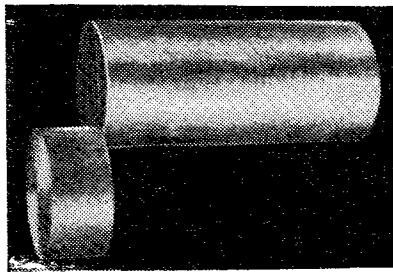


Рис. 6. Сдвиг отрезаемой заготовки при закрытой резке с осевым сжатием

не полностью закрытой резки и обеспечивает отрезку наиболее точных заготовок.

4. Закрытая резка, отличается от предыдущих тем, что отрезаемая часть прутка, замкнутая в полости ножей, подвергнута осевому сжатию, вследствие чего в зоне реза создается благоприятное для пластической деформации напряженное состояние всестороннего сжатия. При достаточных удельных усилиях осевого сжатия [$q_{ос} = (2 \div 5) \sigma_T$] разделение происходит путем пластического сдвига без разрушения. Заготовка составляет одно целое с прутком до полного отделения (рис. 6). Торцы заготовки имеют гладкую ровную, перпендикулярную к оси заготовки поверхность.

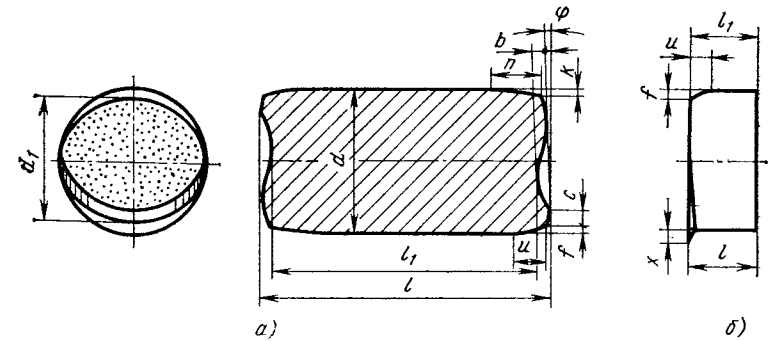


Рис. 7. Схемы измерения заготовки, отрезанной не полностью открытой или не полностью закрытой резкой (а), и точной короткой заготовки (б), полученной закрытой резкой

Закрытая резка — единственный из четырех способов, принципиально пригодный для отрезки геометрически точных, коротких заготовок длиной более 0,2 высоты сечения прутка.

Однако при больших преимуществах закрытая резка имеет и существенный недостаток, сдерживающий до сих пор ее практическое применение. Под влиянием больших усилий осевого сжатия при закрытой резке происходит схватывание металлов прутка и ножей и образование дефектов (задиры) на торцах заготовки и плоскостях ножей. Поэтому пока проводятся работы по применению способа 4 только для резки на точные заготовки медных прутков и прутков из мягкого алюминия, у которых явление схватывания почти не проявляется.

Качество заготовки и его оценка. Качество отрезаемой заготовки оценивают комплексом показателей, характеризующих ее геометрическую точность, состояние поверхности среза и свойства металла в приторцовых деформированных зонах. Оценку геометрической точности проводят по результатам обмера заднего конца заготовки, имеющего обычно большие искажения (рис. 7). Для сравнительной оценки геометрической точности заготовок разных размеров используют относительные показатели неточности, приведенные в табл. 4.

К основным показателям, от которых существенно зависит точность заготовки, относятся утяжка (продольная или поперечная), отклонения от пло-

скости и от параллельности торцов и угол скоса торцов.

Качество поверхности торцов определяется относительной гладкостью c' и отсутствием дефектов. При резке способами 1, 2, 3 на торцах заготовок всегда имеются два неоднородных участка: большой участок шероховатой поверхности и узкий пластический пояс (см. рис. 5). Только заготовки, отрезанные способом 4, имеют гладкие блестящие торцы ($c' = 1$), без шероховатых участков. При неправильном выборе способа, условий или параметров резки на торцах могут появиться некоторые из дефектов, приведенных в табл. 5. Несколько блестящих поясков на торце могут появиться при отрезке с недостаточным осевым зазором между ножами, а ступенчатый торец при отрезке — с чрезмерно большим.

Заусенец торцовый возникает при отрезке сильно затупленными ножами или слишком большом осевом зазоре, заусенец боковой образуется при резке проката круглого профиля в штампе с постоянным абсолютным осевым зазором (не убывающим от середины к краям сечения).

Пригары, наплывы, зарезы и задиры на торцах заготовки — дефекты, являющиеся результатом трения волнистых поверхностей торцов прутка и заготовки; возникают, если заготовка не имеет возможности отойти от прутка сразу после образования поверхности среза.

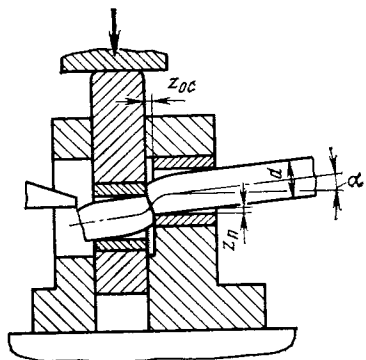


Рис. 8. Геометрические параметры: z_n — поперечный зазор; z_{oc} — осевой зазор; α — угол наклона прутка

Вырывы на торцах наблюдаются при разрезке твердых сталей с чрезмерным осевым зазором. При неправильном ведении процесса холодной разрезки прутков из твердых хрупких сталей в приторцовых зонах могут возникнуть торцовые или поперечные трещины. Иногда трещины образуются не сразу, а через некоторое время после отрезки.

Параметры и силовые характеристики процесса отрезки. Различают геометрические и силовые параметры процесса отрезки. К геометрическим параметрам относятся поперечный и осевой зазоры, угол наклона прутка (рис. 8).

Поперечный зазор между отверстием ножа и прутком $z_n = d_n - d$ необходим для обеспечения возможности введения прутка в ножи. Он всегда оказывает вредное влияние на отрезку, снижая геометрическую точность заготовок. При наличии поперечного зазора на заготовке появляется участок смятия (см. рис. 5) и овальность торца, поэтому поперечный зазор должен иметь минимально необходимую величину, которая зависит от точности проката, отклонения от соосности ножей, деформации прутка в зоне разрезки.

Ориентировочные значения поперечных зазоров при разрезке стальных прутков с заправленными концами в штампах и втулочными ножами приведены в табл. 6.

Устранение поперечного зазора достигается применением разъемных но-

4. Параметры заготовки и относительные показатели, характеризующие ее геометрическую неточность

Параметр, мм, обозначение	Относительный показатель неточности, формула для определения
Диаметр d	Овальность торца
Высота торца d_1	$O = (d - d_1)/d$
Длина: наибольшая l наименьшая l_1	Отклонение от параллельности торцов
Утяжина: продольная u поперечная f	$e = (l - l_1)/l$
Вмятина: продольная n поперечная k	Утяжка: продольная $u' = u/d$ поперечная $f' = f/d$
Глубина впадины на торце b	Смятие: продольное $n' = n/d$ поперечное $k' = k/d$
Ширина пластического пояска c	Отклонение торца от плоскостности $b' = b/d$
Длина заусенца x	Относительная гладкость торца $c' = c/d$
Угол скоса торца ϕ°	Относительная длина заусенца $x' = x/d$

жей. Поперечный зазор в неподвижном ноже можно устранить, применяя разрезку с редуцированием прутка (см. табл. 15).

Угол наклона прутка α . Для того чтобы обеспечить перпендикулярность торцов заготовки к ее оси, необходимо при не полностью открытой и не полностью закрытой отрезке придать прутку наклонное положение относительно направления реза. Если заготовку отрезать без

5. Неоднородность и возможные дефекты на торцах заготовок, отрезанных сдвигом

Дефект	Эскиз	Дефект	Эскиз
Неоднородность поверхности: a — плоский гладкий пояс; b — шероховатая волнистая поверхность		Наплав	
Несколько гладких поясков		Задир	
Ступенчатый торец		Вырыв	
Заусенец: a — торцовый; b — боковой		Зарез	
Пригар		Скол	
Торцовые микро- и макротрещины		Поперечные трещины	

6. Поперечные зазоры в штампах с втулочными ножами, мм

Пруток	Диаметр сечения прутка, мм				
	10—26	26—50	51—60	61—80	81—100
Горячекатаный	1,5	1,5—2,0	2,5	3,0	3,5
Калиброванный	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7

наклона прутка, то торцы будут не перпендикулярны к оси, потому что трещины скалывания от кромок ножей идут под углом к направлению реза.

Угол отклонения трещины и, следовательно, угол α наклона прутка (см. рис. 8) или ножа (см. табл. 14, схема 2.2) зависят в основном от прочности разрезаемого металла и условий отрезки (скорости, температуры). Наибольшая перпендикулярность торцов достигается при оптимальном для каждого металла угле

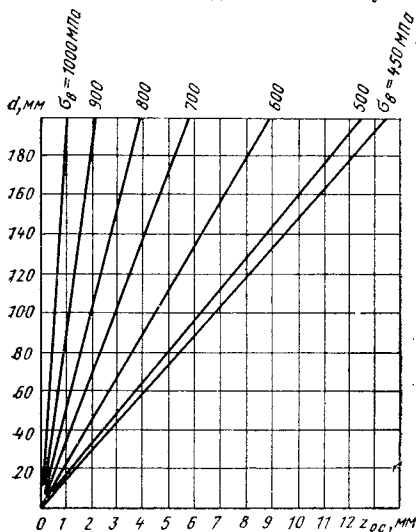


Рис. 9. Значения осевого зазора в зависимости от предела прочности разрезаемого металла и диаметра сечения прутка

наклона. Зависимость угла наклона α прутка от твердости углеродистой стали приведена ниже.

HB	110	135	160	185	200	240
α°	9	8	7	4,5	2	0

Ориентировочно угол наклона для прутков из углеродистых сталей можно определить из выражения

$$\alpha = 11,5 - 0,01 \sigma_B$$

Оптимальные значения угла наклона для сталей ШХ15, 9ХС, У10А, Р18 $\alpha \leq 8^\circ$, а для сталей 20Х, 12ХНЗА $\alpha = 2-3^\circ$. Для облегчения автоматизации разрезки и упрощения конструкций штампов и ножиц рекомендуется принимать для всех сталей среднее значение угла α , т. е. $\alpha = 4^\circ$.

При разрезке прутков из сталей с $HB \geq 200$ наклон прутка не оказывает существенного влияния на перпендикулярность торцов полученной заготовки.

Осевой зазор между подвижным и неподвижным ножами — важнейший геометрический параметр, от которого зависят качество торцов и геометрическая точность заготовок, отрезаемых не полностью открытой и не полностью закрытой разрезкой. Назначение осевого зазора — обеспечивать образование оптимальной, бездефектной поверхности среза путем слияния трещин скалывания, распространяющихся от режущих кромок ножей.

Оптимальный осевой зазор назначают в зависимости от характеристик прочности разрезаемого металла, высоты поперечного сечения, схемы и температурно-скоростных условий в пределах $(0-0,1)d$ (рис. 9). При закрытой разрезке, а также при всех способах разрезки с повышенной и высокой скоростями осевой зазор не нужен.

Различают абсолютный z_{oc} и относительный z_0 осевые зазоры:

$$z_0 = z_{oc}/d$$

Наилучшее качество торцов обеспечивается при постоянном относительном осевом зазоре по всему сечению. При разрезке проката круглого профиля (или квадратного в угловом направлении) для постоянства относительного осевого зазора необходимо, чтобы абсолютный осевой зазор был переменным.

Возможны два способа создания постоянного относительного осевого зазора при разрезке прутков круглого профиля: фасонная заточка ножей (рис. 10, а) и наклонное расположение рабочих плоскостей к плоскости разреза (рис. 10, в).

Для ножа с цилиндрическим отверстием применяют заточку, обеспечивающую изменение абсолютного осевого зазора по закону

$$z_{oc} = \frac{z_{oc \max}}{d} \sqrt{d^2 - 4x^2}$$

где $z_{oc \max}$ — абсолютный осевой зазор в диаметральной сечении; x — расстояние от оси сечения.

Применяют и другие формы заточки ножей (рис. 10, б, в). Размеры фасонной заточки можно выбирать по графику, приведенному на рис. 11. Для разрезки прутков круглого профиля с наклоном на угол α величину осевого зазора следует определять по формуле

$$z_{oc} = K (\sqrt{d^2 - 4x^2} - \epsilon_{p \max} d) \sin \alpha$$

где K — коэффициент, зависящий от твердости металла ($K = 1$ для твердых, $K = 1,3$ для мягких сталей); $\epsilon_{p \max}$ — относительное внедрение ножа в пруток к моменту слияния скалывающихся трещин (приведено ниже).

Материал	АД1	М1	35, 40, 45	30ХГСА	40Х	12Х18Н9
$\epsilon_{p \max}$	0,18	0,13	0,18	0,16	0,16	0,22

Материал	ХВГ, У8А	В95, 9ХС	Р6М5	ЛС59-1, Д16	Х12М, 3Х2В8
$\epsilon_{p \max}$	0,17	0,14	0,17	0,12	0,15

Усилие поперечного зажима Q_3 — активная сила, прикладываемая к прутку в поперечном направлении для прижима его к ножу и устранения поперечного зазора, придания разрезаемой части прутка стабильного относительно ножей положения, улучшения схемы напряженного состояния металла в зоне реза и уменьшения пластических деформаций отрезаемой части прутка.

Не полностью закрытой разрезкой с активным поперечным зажимом прутка по обе стороны от поверхности среза, при оптимальном осевом зазоре

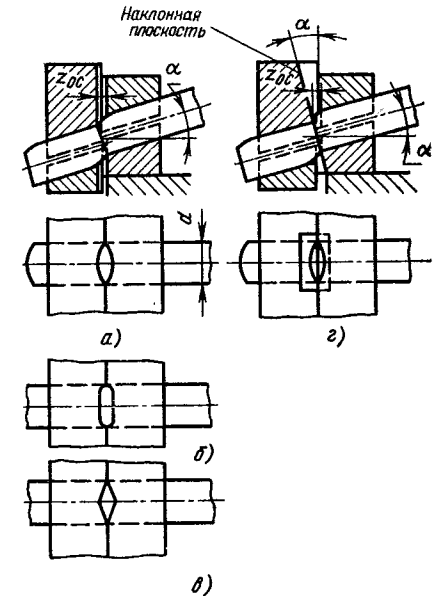


Рис. 10. Формы рабочих поверхностей ножей, обеспечивающие постоянство относительного осевого зазора при разрезке прутков круглого профиля

между ножами и угле наклона прутка, в большинстве случаев можно получать заготовки с ровными торцами, перпендикулярными к оси заготовки, полностью исключить поперечное смя-

тие и уменьшить овальность торцов. Усилие поперечного зажима определяется как часть усилия отрезки, т. е.

$$Q_3 = K_3 P_p$$

где K_3 — коэффициент, зависящий от механических свойств разрезаемого металла, относительной длины заготовки и зажимных полувтулок, конструкции зажимного устройства (табл. 7).

В известных конструкциях отрезных штампов и ножиц $K_3 = 0,6 - 2,5$. Активный поперечный зажим при не полностью закрытой отрезке уменьшает искажение формы заготовки по

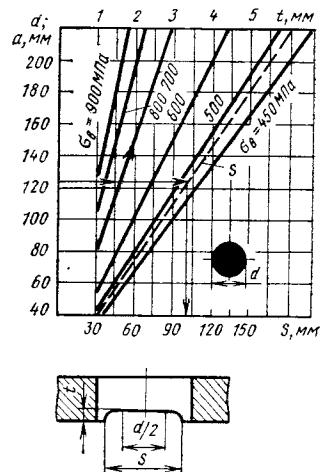


Рис. 11. Размеры фасонной заточки ножей

сравнению с пассивным зажимом. Продольная утяжка уменьшается на 25—30 %, овальность торцов — на 9—20 %, отклонение от плоскостности — на 17—50 %, исключается смятие, сужается зона пластической деформации.

Усилие поперечного зажима обязательно должно сниматься в момент образования поверхности раздела, чтобы отрезаемая заготовка могла отойти от прутка (для предотвращения трения торцов заготовки и прутка и образования дефектов).

Усилие осевого сжатия N . Сжимающим осевым усилием разрезаемый участок прутка нагружается при закрытой разрезке (см. табл. 3). Осевое усилие создает в очаге деформации благоприятное напряженное состояние трехосного неравномерного сжатия с высоким гидростатическим давлением, под воздействием которого изменяется характер процесса образования поверхности раздела — полностью исключается разрушение. Разделение происходит путем пластического сдвига. Торцы заготовки имеют плоскую зеркально-гладкую поверхность.

Значение удельного усилия осевого сжатия, при котором успешно протекает закрытая отрезка, зависит от механических характеристик металла (σ_T ; σ_B) и от длины отрезаемой заготовки.

7. Значения коэффициента K_p

Относительная длина заготовки l/d	Сталь		
	10, 15	Ст5, 20, 25, 30	35, 40, 45, У10А
0,8—1,2	1,0	0,9	0,8
1,2—1,5	0,9	0,8	0,7
Св. 1,5	0,8	0,7	0,6

При закрытой отрезке заготовок длиной 0,1—0,7 диаметра сечения от прутков из мягких сталей и алюминиевых сплавов необходимо, чтобы удельное усилие осевого сжатия составляло (2—5) σ_T разрезаемого металла. Чем меньше относительная длина заготовки l/d , тем больше значение необходимого удельного усилия осевого сжатия. При закрытой отрезке с повышенной и высокой скоростями удельное усилие осевого сжатия может быть уменьшено до (0,3—0,5) σ_T .

Усилие отрезки P . Усилие зависит от характеристик прочности разрезаемого металла, площади поперечного сечения прутка, схемы отрезки и скорости деформирования. Типовые кривые «усилие — ход ножа» при не полностью закрытой и закрытой отрезке заготовок от прутков приведены на рис. 12.

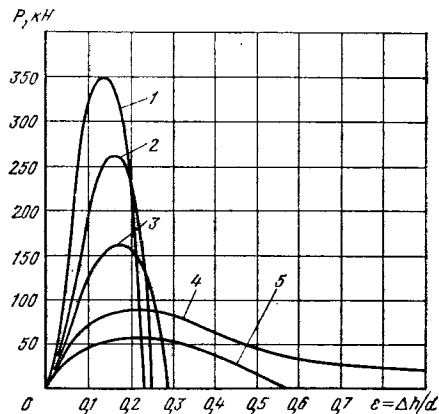


Рис. 12. Типовые кривые «усилие — ход ножа» при разрезке некоторых металлов; 1 — стали 9ХС; 2 — стали 40; 3 — стали 10; 4, 5 — алюминиевого сплава АД1 (1, 2, 3, 5 — не полностью закрытая разрезка; 4 — закрытая разрезка)

8. Значения коэффициента K_p при различных способах разрезки

Разрезка	Скорость деформирования *, м/с	K_p
Закрытая	Св. 2	1,3—1,4
	До 0,5	1,4—2,0

* До 0,5 м/с — нормальная скорость деформирования, св. 2 — повышенная.

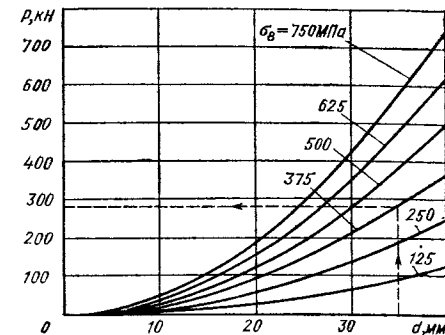


Рис. 13. Зависимость усилия не полностью закрытой отрезки от диаметра прутка

9. Удельные усилия при закрытой отрезке коротких заготовок от прутков диаметром 15—30 мм

Металл	σ_B , МПа	σ_T , МПа	Относительное усилие осевого сжатия $q_0 = q_{ос}/\sigma_T$	Удельное усилие отрезки $\tau_{рз} = P_{max}/F$, МПа
10	537	282	3,5	779
20Х	819	485	3,4	1000
40Х	251	234	1,8	296
Медь М2	487	256	3,5	341
Латунь ЛС59-1				

При не полностью открытой и не полностью закрытой отрезке усилие возрастает сравнительно плавно, а затем резко снижается. Резкое падение усилия — одна из особенностей этих способов отрезки. Для определения максимального усилия разрезки можно пользоваться приближенными формулами

$$P = K_p \tau_p F;$$

$$P = 0,72 K_p \sigma_B F,$$

где K_p — коэффициент, зависящий от схемы отрезки и от скорости деформи-

рования (табл. 8); τ_p — удельное усилие отрезки; σ_B — предел прочности; F — площадь поперечного сечения прутка.

Усилие не полностью закрытой отрезки в автоматическом режиме можно определить по графику, проведенному на рис. 13.

Усилие закрытой отрезки состоит из двух составляющих: усилия деформирования и усилия, необходимого для преодоления контактного трения, возникающего по плоскостям контакта заготовки и ножей и в направляющих ползуна штампа. Поэтому полезное усилие $\tau_{рз}$ (табл. 9) и усилие закрытой отрезки на 35—100 % больше, чем при не полностью закрытой отрезке.

Распорное усилие T действует со стороны ножей на прутки и отрезаемую от него заготовку. Такие же по значению, но противоположные по направлению силы действуют со стороны прутка и заготовки на ножи, стремясь раздвинуть их и увеличить осевой зазор между ножами. Распорное усилие при не полностью закрытой отрезке без поперечного зажима можно определить по формуле

$$T = (0,18 \div 0,35) P,$$

а при отрезке с поперечным зажимом по формуле

$$T = (0,1 \div 0,18) P.$$

Работа деформации при отрезке графически выражается площадью, ограниченной кривой и осью

10. Значения коэффициента λ для различных способов разрезки прутков из сталей средней твердости

Разрезка	Скорость деформирования, м/с*	λ
Не полностью закрытая	До 0,5	0,18
	Св. 2	0,11
Закрытая	До 0,5	0,4—0,7

* До 0,5 м/с — нормальная; св. 2—повышенная.

11. Температура нагрева сталей перед разрезкой для снижения усилия отрезки, °C

Сталь	Диаметр или сторона квадрата, мм	
	До 50	Св. 50
40, 45, 50, 55, 50Г	450—500	450—500
40X, 40XC, 18XГТ, 30XГТ, 40XН, 12XН3А, 12X2Н4А, 20X2Н4А	500—550	550—600
30XН3А, 40XН3А	550—600	550—600

абсцисс на графике «усилие — ход ножа»:

$$A = \lambda P_{\max} h,$$

где λ — коэффициент заполнения площади графика, зависящий от свойств металла, схемы и скорости отрезки (табл. 10); h — высота сечения прутка.

Разрезка с нагревом. Нагрев проката перед разрезкой применяют в целях предотвращения образования дефектов, для снижения усилия разрезки или для повышения точности отрезаемых заготовок. Для предотвращения трещин при разрезке прутков, охлажденных в зимнее время на улице, их подвергают подогреву перед раз-

резкой до температуры 50 ± 200 °C. При подогреве также устраняются масляные пятна и ледяная корка. Среднеуглеродистые стали подогревают до 50 °C, высокоуглеродистые и низколегированные до 80 °C в водяной ванне.

Прутки больших сечений из легированных и высокоуглеродистых сталей проявляют склонность к образованию трещин во время разрезки как без нагрева, так и при небольшом подогреве, поэтому их приходится нагревать перед разрезкой до более высоких температур. Размеры поперечных сечений прутков из высокоуглеродистых и легированных сталей, перед разрезкой которых необходим нагрев до 400 ± 500 °C, приведены ниже.

σ_b , МПа . . . 500 600 800 1000
 d , не менее, мм 100 80 60 50

При разрезке в холодном состоянии прутков крупных сечений из высокоуглеродистых, легированных сталей и высокопрочных сплавов для уменьшения усилия отрезки и устранения динамического характера нагружения прокат перед разрезкой нагревают до температуры $450\text{—}600$ °C (табл. 11).

Для повышения геометрической точности заготовок, разделяемых не полностью открытой или не полностью закрытой отрезкой от проката из низкоуглеродистых сталей, применяют нагрев до температур зоны сиеломкости. Так, нагрев прутков из стали 10 в интервале 100 ± 150 °C и стали 20 в интервале 200 ± 300 °C обеспечивает существенное повышение точности заготовок. Повышению точности заготовок, отрезаемых от прутков из отожженной стали ШХ15, способствует нагрев до $500\text{—}600$ °C.

Прутки из быстрорежущей стали можно разрезать на бездефектные заготовки только с нагревом до $650\text{—}750$ °C.

Для улучшения закрытой разрезки стальных прутков на короткие заготовки рекомендуется нагрев до $450\text{—}700$ °C.

Разрезка с охлаждением. Для повышения качества не полностью открытой и не полностью закрытой отрезки некоторых металлов эффективно охлаждение прутков до криогенных температур. При этом уменьшается пла-

стическая деформация, повышается геометрическая точность отрезаемых заготовок. Усилие отрезки при этом возрастает в $1,4 \pm 1,6$ раза, а работа деформации убывает по сравнению с разрезкой без предварительного подогрева прутка в 2 ± 3 раза. Оптимальные температуры охлаждения прутка для разрезки зависят от химического состава стали (возрастают с увеличением содержания углерода):

Марка стали . . . 10 15 20
 Температура, °C -170 ± -180 -160 ± -170 -155 ± -165

Марка стали . . . 15XГН2А 18XГТ 40X А12
 Температура, °C -90 ± -100 -80 ± -90 -70 ± -80 -130 ± -140

Охлаждение прутков до температуры -75 °C можно проводить углекислотой (сухой лед), а до температуры -196 °C — жидким азотом.

Наибольший эффект повышения точности заготовок при разрезке с предварительным охлаждением прутка отмечается у низкоуглеродистых сталей. Заметно повышается плоскостность торцов, снижается пластическая деформация приторцовых зон. Разрезка с охлаждением в производстве еще не применяется. Рациональное применение нагрева или охлаждения позволяет повысить качество отрезаемых заготовок, но оно усложняет и удорожает процесс разделения проката на заготовки. Поэтому разрезку с предварительным нагревом или охлаждением следует применять лишь в том случае, когда требуемое качество заготовки не может быть обеспечено другими более простыми способами разрезки.

Разрезка с повышенной и высокой скоростью. Скорость деформирования значительно влияет на качество отрезаемых заготовок. При обычной разрезке на кривошипных машинах скорость деформирования не превышает 0,3 м/с. Увеличение скорости до 2 ± 5 м/с существенно повышает геометрическую точность заготовок, отрезаемых от стальных прутков. Не полностью закрытую разрезку всех сталей с повышенной скоростью (более 2 м/с) надо вести без осевого и поперечного зазоров (см. табл. 3), что упрощает переналадку штампов и ножиц. Увеличение скорости свыше $6\text{—}10$ м/с

не оказывает существенного влияния на качество заготовок при не полностью закрытой отрезке, но повышает его при не полностью открытой отрезке (см. табл. 3). При высокой скорости (более 40 м/с) благоприятное влияние оказывает сила инерции, прижимающая отрезаемую часть прутка к подвижному ножу и предотвращающая ее изгиб в процессе разрезки. Зависимость необходимой скорости отрезки

от относительной длины заготовки показана на рис. 14.

Применение повышенных и высоких скоростей благоприятно и при закрытой разрезке: уменьшается в 4 ± 10 раз необходимое удельное усилие осевого сжатия и, что особенно важно, не происходит схватывания металлов прутков и ножей. Скоростной закрытой разрезкой можно отрезать точные короткие заготовки от стальных прутков при удельных усилиях $(0,3 \pm 0,4) \sigma_t$.

Большой эффект улучшения качества заготовок дает повышенная скорость при разрезке проката из низко-

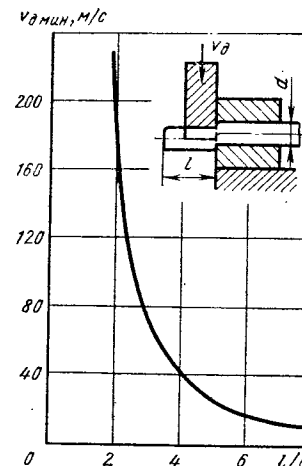


Рис. 14. Зависимость скорости отрезки от относительной длины заготовки при скоростной не полностью открытой отрезке (сталь 45)

12. Влияние температуры и скорости отрезки на показатели геометрической неточности заготовок, отрезаемых от прутка диаметром 30 мм из стали 10

Не полностью закрытая разрезка с поперечным зажимом (см. табл. 3)	Температура, °С	Скорость отрезки, м/с	Показатели геометрической неточности			
			Смятие k'	Утяжка f'	Отклонение от плоскостности торца b'	Угол скоса торца φ°
Пассивным	20	0,16	0,12	0,09	0,035	4
Активным	20	0,16	—	0,08	0,030	4,5
	300	0,16	—	0,049	0,015	1,5
	—196	0,16	—	0,03	0,010	1,5
	20	2,5	—	0,03	0,008	1,0

углеродистой стали. На разрезку латуни ЛС59-1, титанового сплава ОТ4 увеличение скорости до 70 м/с не влияет. При не полностью закрытой разрезке стального прутка применение повышенной скорости обеспечивает более высокие показатели качества, чем другие условия (табл. 12).

Использование повышенных (2—5 м/с) и высоких (более 20 м/с) скоростей — основной и наиболее перспективный путь дальнейшего улучшения безотходной разрезки стального сортового проката в штампах и на ножницах. Внедрение скоростной разрезки в производство сдерживается отсутствием оборудования.

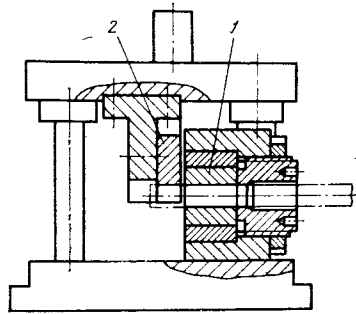


Рис. 15. Штамп для не полностью открытой отрезки с пассивным поперечным зажимом





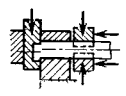




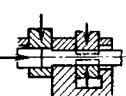
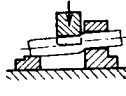
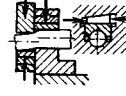
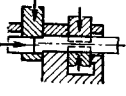
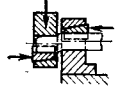
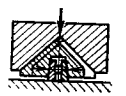
Штампы для разрезки на прессах.

Разрезку стального проката диаметром до 60 мм на заготовки преимущественно проводят в отрезных штампах на кривошипных прессах. При выборе конструкции можно руководствоваться приведенной ниже классификацией отрезных штампов, в основе которой лежат следующие признаки: 1 — способ и схема отрезки, 2 — кинематика ножей, 3 — способ удаления заготовки, 4 — число одновременно отрезаемых заготовок, 5 — число выполняемых переходов.

По способам и схемам отрезки штампы делят на три группы (табл. 13): для не полностью открытой отрезки; для не полностью закрытой отрезки; для закрытой отрезки. Наиболее просты по конструкции и в эксплуатации штампы для не полностью открытой отрезки, однако получаемые заготовки, как правило, имеют значительные искажения формы, поэтому эти штампы применяют только в тех случаях, когда к точности заготовок не предъявляют высоких требований.

Простейший штамп для не полностью открытой отрезки с пассивным поперечным зажимом прутка (см. табл. 13, тип 1.1) показан на рис. 15. Штамп имеет неподвижный нож-втулку 1 и открытый подвижный нож 2 в форме

13. Классификация отрезных штампов по первому классификационному признаку (по способам и схемам отрезки)

Для не полностью открытой отрезки		Для не полностью закрытой отрезки		Для закрытой отрезки
С пассивным поперечным зажимом	С активным поперечным зажимом	С пассивным поперечным зажимом	С активным поперечным зажимом	
1.1. С зажимом в неподвижном втулочном ноже 	1.3. С зажимом в неподвижном разъемном ноже 	1.5. С зажимом во втулочных ножах 	1.19. С зажимом в разъемных ножах 	1.13. С осевым сжатием в пределах упругости 
1.2. С зажимом в неподвижном втулочном ноже и осевым упором 	1.4. С зажимом в неподвижном разъемном ноже и осевым упором 	1.6. С зажимом во втулочном неподвижном ноже и на подвижной опоре 	1.10. С зажимом редуцированием 	1.14. С осадкой в ножах 
—	—	1.7. С зажимом во втулочном ноже и на неподвижной опоре 	1.11. С зажимом, удаляемым в заданный момент отрезки 	1.15. С высадкой, в подвижном ноже 
—	—	1.8. С зажимом в ножах для устранения поперечного зазора 	1.12. С зажимом, пропорциональным усилию отрезки 	—

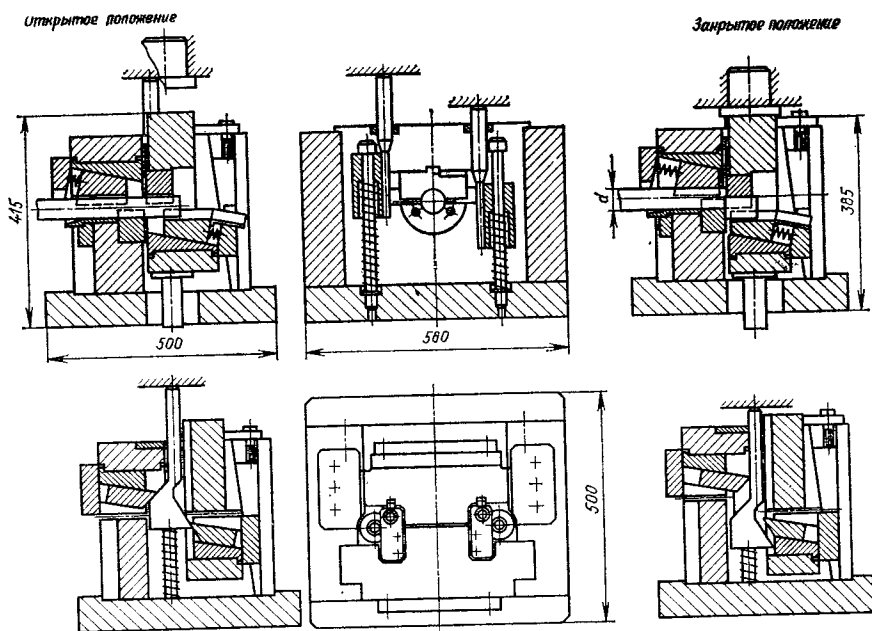


Рис. 16. Штамп СШТ-18 для не полностью закрытой отрезки прутков из сталей средней и повышенной твердости

пластины с полужидкой выемкой. Отрезка открытым ножом сопровождается изгибом отрезаемой части. Отрезанные заготовки имеют малую геометрическую точность. Торцы заднего конца заготовки менее точны, чем переднего.

Штампы типа 1.3 с активным поперечным зажимом прутка не обеспечивают существенного повышения геометрической точности заготовок, поскольку подвижный нож у них тоже открытого типа. Однако применение разъемного неподвижного ножа облегчает введение прутка.

Штампы типов 1.2 и 1.4 отличаются от предыдущих тем, что в подвижном ноже имеется жесткий упор, к которому при подаче прижимают с небольшим усилием передний торец прутка. Это повышает геометрическую точность заготовок из сталей средней и повышенной твердости и позволяет отрезать короткие заготовки ($l/d \geq 0,6$) с умеренными искажениями формы. Применение этих штампов особенно эффективно при скорости отрезки $v_d \geq 2$ м/с.

Более высокую геометрическую точность заготовок обеспечивают штампы для не полностью закрытой отрезки, которые могут быть с пассивным или с активным поперечным зажимом. В штампах с пассивным поперечным зажимом прутки не имеют жесткой фиксации в ножах, поэтому точность отрезаемых в них заготовок ниже, чем в штампах с активным зажимом. Применяемые в штампе ножи втулочного типа просты и экономичны, допускают многократное использование путем их поворота при затуплении режущей кромки. Точность заготовок, отрезаемых в этих штампах, зависит от точности размеров сечения прутка и твердости металла. Чем точнее прокат, тем меньше может быть поперечный зазор и тем выше точность отрезаемых заготовок.

Штампы типов 1.3 и 1.7 отличаются тем, что в них применен открытый подвижный нож, что упрощает удаление отрезанной заготовки («на провал»). Передний конец прутка опирается на подвижную (тип 1.6) или неподвижную (тип 1.7) опору. Эти

штампы применяют для отрезки длинных заготовок ($l/d > 2$).

В штампах типа 1.7 известных как «штампы с противогнбом», уровень опоры и ее расстояние от неподвижного ножа подбирают в зависимости от механических свойств разрезаемого металла и от требуемой длины заготовки. Недостатками штампов типа 1.5–1.7 является наличие поперечного зазора в ножах, снижающего точность отрезаемых заготовок.

Штамп типа 1.8 отличается от предыдущих конструкций штампов данной группы тем, что в нем применены ножи-полувтулки, а поперечный зазор полностью устраняется с помощью специальных фиксирующих устройств. К штампам этого типа относится штамп СШТ-18, разработанный в Станкине и внедренный в производство. Штамп обеспечивает отрезку точных заготовок длиной $l/d \geq 0,8$ от прутков из среднеуглеродистых и легированных сталей с твердостью $HB\ 160-250$, а также алюминиевых сплавов типа В95. В штампе (рис. 16) применены подпружиненные клиновые соединения, обеспечивающие выборку поперечного зазора между прутком и ножами, но не препятствующие отходу отрезанной заготовки от прутка (что предотвращает возникновение дефектов на торцах).

Наибольшую точность отрезаемых заготовок обеспечивают штампы подгруппы для не полностью закрытой отрезки с активным поперечным зажимом. В них не только нет поперечного зазора, но прутки прижимаются к ножам с заданным усилием, чем полностью устраняется смещение прутка относительно ножей и достигается уменьшение пластических деформаций.

Штампы типа 1.9 с постоянным поперечным зажимом в разъемных ножах, осуществляемым механическими, гидравлическими или пневматическими устройствами, применимы в тех случаях, когда при разрезке отсутствует трение заднего торца заготовки о торец прутка, например, при наклонном расположении прутка в штампе.

В штампах типа 1.10 обеспечивается равномерный поперечный зажим прутка в неподвижном ноже, создаваемый в результате редуцирования. Благодаря редуцированию обеспечивается

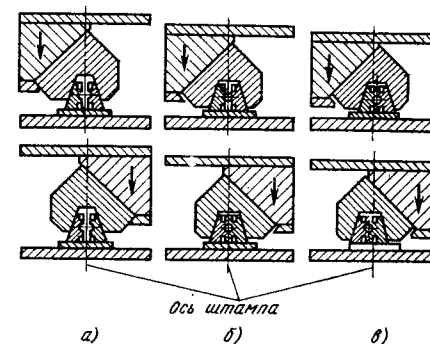


Рис. 17. Схема работы штампа для не полностью закрытой отрезки с дифференцированным зажимом: а — исходное положение; б — пруток зажат; в — отрезка заготовки

высокая точность заготовки по поперечному сечению и по объему. Штампы этого типа весьма перспективны, но не нашли пока применения в производстве.

В штампах типов 1.11 и 1.12 устранен недостаток, присущий штампам типа 1.9. Поперечный зажим снимается после образования поверхности раздела, и заготовка может свободно отойти от прутка в осевом направлении, чем предотвращается трение и возникновение дефектов (задиры, пригары) на торцах. Разница между типами 1.11 и 1.12 состоит в том, что в первом поперечный зажим постоянен в процессе отрезки и снимается мгновенно в момент образования поверхности среза, а во втором усилие поперечного зажима пропорционально усилию отрезки. Схема одной из конструкций штампов с поперечным зажимом прутка силой, пропорциональной усилию отрезки, приведена на рис. 17 (штамп с «дифференцированным» зажимом).

Усилие поперечного зажима в этом штампе в любой момент отрезки составляет $Q = (1,5 \div 2,5) P$. Штамп обеспечивает разделение стальных прутков на точные заготовки длиной более 0,8 высоты сечений. Недостатком конструкции является большая потеря на трение в клиновых парах, в результате чего резко возрастает требуемое усилие $P_{пр}$ пресса, которое

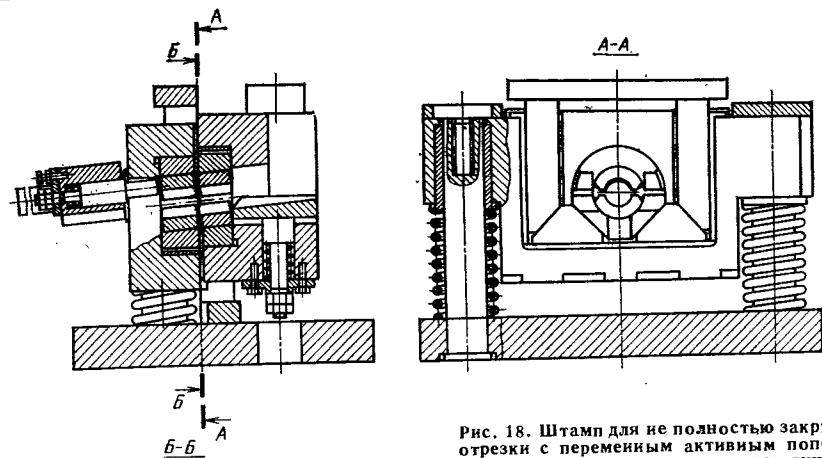


Рис. 18. Штамп для не полностью закрытой отрезки с переменным активным поперечным зажимом прутка с помощью клиновых механизмов

где P — усилие отрезки; μ — коэффициент контактного трения в клиновых парах.

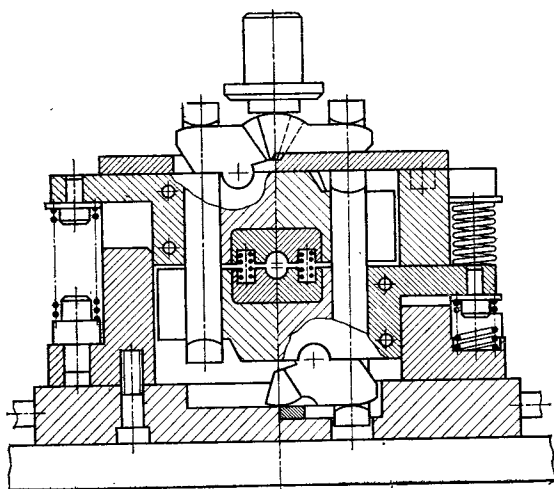
На рис. 18 представлена другая (разработанная в ЭНИКМАШе) конструкция штампа с поперечным зажимом прутка силой, пропорциональной усилию отрезки, в которой тоже использованы клиновые механизмы. Преимуществом этой конструкции является отсутствие перемещения клиновых соединений под нагрузкой. В штампе предусмотрен наклон прутка. При разрезке в этом штампе прутков из среднеуглеродистой или легированной стали обеспечивается хорошая точность заготовок (угол скоса торца не более 1° , продольная утяжка до 0,4, отклонение от плоскостности торца не более 0,01). На рис. 19 приведен чертеж штампа того же типа с рычажными механизмами.

Штампы для закрытой отрезки (с осевым сжатием прутка в зоне отрезки) предназначены для получения геометрически точных коротких заготовок

Рис. 19. Штамп для не полностью закрытой отрезки с переменным активным поперечным зажимом прутка и отрезаемой части с помощью рычажных устройств

может быть определено по формуле

$$P_{пр} = \frac{2P}{1-2\mu} (1 + \mu),$$



($l/d = 0,2 \div 0,8$). В штампе типа 1.13 прутки подвергают осевому сжатию с напряжением, не превышающим предела упругости разрезаемого металла. Разрезка в таком штампе при обычных скоростях деформирования не обеспечивает получения точных коротких заготовок. При скоростях более 2 м/с в этом штампе можно отрезать точные короткие заготовки длиной $l/d \geq 0,3$. В штампах типов 1.14 и 1.15 металл в зоне реза сжимают удельным усилием (2–5) σ_T , благодаря чему создается благоприятное напряженное состояние всестороннего неравномерного сжатия, что в принципе обеспечивает отрезку точных коротких заготовок ($l/d = 0,2 \div 1,0$) при обычных скоростях деформирования.

На рис. 20 приведена конструкция штампа типа 1.14 для закрытой отрезки точных заготовок от прутков из мягкого алюминия. В этом штампе усилие отрезки передается через рычаг 2 на ползун 4, несущий подвижный нож 3, и на подвижное устройство поперечного зажима 1. При опускании ползуна пресса вначале происходит зажим прутка и его осевое смещение (при котором осуществляется осевое сжатие), а затем отрезка заготовки. Штамп пригоден для отрезки точных коротких заготовок от прутков из меди и мягкого алюминия.

На рис. 21 представлена конструкция штампа-автомата типа 1.14 для закрытой отрезки точных коротких заготовок от алюминиевых прутков, разработанного в Станкине. Пруток 1 цапговым зажимным и подающим устройством 2 вводится в отверстие неподвижного ножа 3, имеющего заходной конус, и продвигается на величину подачи. При движении вниз плиты 6 регулируемый упор 7 перемещает клин 8, который через клиновую ползушку 4 сжимает отрезаемую часть прутка в замкнутой полости ножей. Необходимое значение осевого усилия достигается регулированием упора 7 относительно бойка 5. При дальнейшем движении ползуна пресса боек 5 перемещает подвижный нож 9 вниз, и происходит отрезка заготовки в условиях всестороннего сжатия металла в зоне реза. Удаление отрезанной заготовки происходит перемещением ползушки 4 от клина 10. При обратном ходе ползуна пресса подвижный нож

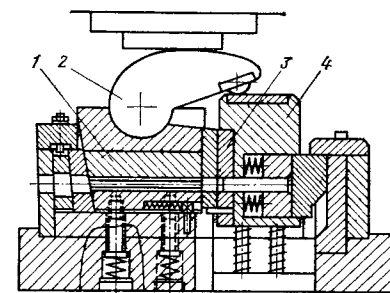


Рис. 20. Конструктивная схема штампа для закрытой отрезки коротких заготовок от алюминиевых прутков

возвращается в исходное положение с помощью буферного устройства.

Штампы для закрытой отрезки типа 1.15 отличаются от штампов типа 1.14 большей пластической деформацией отрезаемой части прутка. Конец прутка подвергается высадке в подвижном ноже осевым усилием, прикладываемым к переднему торцу. Штамп этого типа разработан в ЭНИКМАШе.

Для разрезки стальных прутков на короткие заготовки штампы для закрытой отрезки применить пока не удастся из-за того, что при высоких удельных усилиях осевого сжатия в процессе отрезки на поверхности контакта торца заготовки с режущими кромками ножа происходит схватывание металлов и на торце заготовки и на ножах быстро возникают задиры и пригары.

По кинематике ножей отрезные штампы можно разделить на три группы (табл. 14): с поступательным переме-

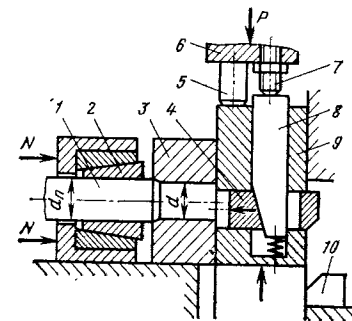
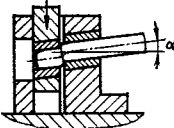
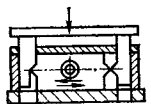
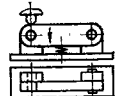
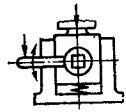
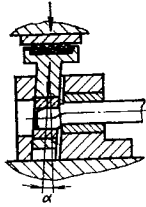
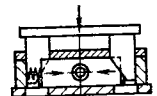

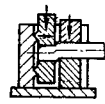
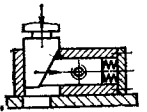
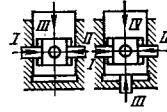
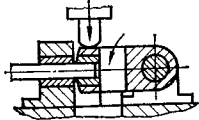
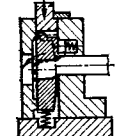


Рис. 21. Принципиальная схема штампа-автомата для закрытой отрезки точных коротких заготовок

14. Классификация отрезных штампов по второму классификационному признаку (по кинематике ножей)

С поступательным перемещением ножей	С вращательным перемещением ножей	Со сложным перемещением ножей	
<p>2.1. С вертикальным перемещением одного ножа</p> 	<p>2.4. С горизонтальным реверсивным перемещением одного ножа</p> 	<p>2.7. С вращательным перемещением одного ножа в плоскости реза</p> 	<p>2.10. С поворотом вокруг оси прутка и поступательным перемещением ножа</p> 
<p>2.2. С наклонным перемещением одного ножа</p> 	<p>2.5. С горизонтальным перемещением обоих ножей</p> 	<p>2.8. С вращательным перемещением обоих ножей в плоскости реза</p> 	<p>2.11. С вертикальным и горизонтальным (вдоль оси) перемещением ножа</p> 
<p>2.3. С горизонтальным односторонним перемещением одного ножа</p> 	<p>2.6. С трех- и четырехсторонним перемещением одного ножа</p> 	<p>2.9. С вращательным перемещением одного ножа в осевой плоскости</p> 	<p>2.12. С вертикальным перемещением с поворотом в осевой плоскости одного ножа</p> 

шением ножей; с вращательным перемещением; со сложным движением ножей. Наиболее распространены штампы с поступательным перемещением ножей.

Поступательное перемещение одного ножа чаще всего происходит в вертикальном направлении (см. табл. 14, тип 2.1). Во многих штампах этого типа прутки располагают с наклоном на угол α , для того чтобы поверхность среза была перпендикулярна оси прутка. Тот же эффект может быть достигнут при горизонтальном расположении прутка, если нож перемещается наклонно, под углом α (тип 2.2). Штампы с горизонтальным перемещением одного ножа (тип 2.3) применяют обычно, если требуется уменьшить необходимое усилие прессы или закрытую высоту, что может быть достигнуто, например, применением клинового механизма.

Штампы с реверсивным перемещением одного ножа (тип 2.4) могут быть двух исполнений.

1. Направление движения ножа изменяется на противоположное за один ход ползуна при отрезке одной заготовки. Нож смещается сначала в одну сторону, внедряясь в прутки на глубину меньше ширины блестящего пояска, а затем в противоположную, до полного отделения. Заготовки имеют симметричные концы, без заусенцев.

2. Направление движения ножа изменяется при каждом последующем ходе ползуна, при отрезке каждой следующей заготовки (схема показана). Заготовки, отрезанные в таком штампе, имеют форму, благоприятную для последующей осадки.

Преимуществом штампа типа 2.5 является суммирование скоростей обоих ножей, что может повысить точность заготовок, если их суммарная скорость превышает 1,5 м/с. В штампах типа 2.6 отрезка заготовки производится после предварительной надрезки в двух-трех направлениях на глубину 0,3—0,5 ширины блестящего пояска. Заготовки имеют симметричную форму концов с утяжиной по периметру, без заусенца. Штампы этого типа еще не получили применения в производстве.

Вращательное перемещение одного ножа (тип 2.7) или обоих (тип 2.8) ножей применяют в отрезных штампах

с целью получения конструктивно простых устройств для активного поперечного зажима прутка или уменьшения необходимого усилия прессы. В штампе типа 2.9 обеспечивается переменный осевой зазор между ножами.

Штампы со сложным движением ножей создают для достижения путем перемещения ножей по заданной траектории оптимального напряженно-деформированного состояния металла в зоне отрезки. Штампы типа 2.10 применяют для резки прутков квадратного профиля. Штампы типов 2.11 и 2.12 еще не применяются в производстве.

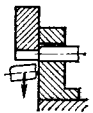
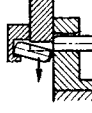
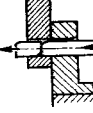
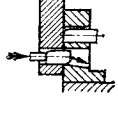
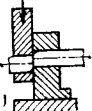
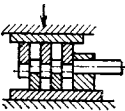
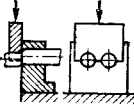
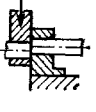
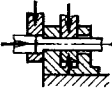

Классификация отрезных штампов по способу удаления заготовки приведена в табл. 15. Надежное и быстрое удаление отрезанной заготовки из штампа имеет важное значение для обеспечения устойчивой, безотказной работы штампа. Для удаления заготовки в известных штампах используется падение ее под действием собственной силы тяжести или выталкивание приложенным усилием.

В табл. 15 представлена классификация отрезных штампов по числу одновременно отрезаемых заготовок и по числу выполняемых технологических переходов. По числу одновременно отрезаемых заготовок все штампы делят на две группы: для отрезки одной заготовки; для отрезки двух и более заготовок. Первые уступают вторым по производительности, но проще по конструкции и в эксплуатации. В связи с необходимостью обеспечения конкурентоспособности отрезки точных коротких заготовок в штампе с вырубкой из листового полуфабриката разработка штампов для одновременной отрезки двух и более заготовок является актуальной задачей применительно к закрытой отрезке.

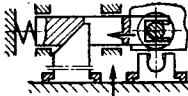
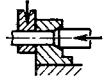
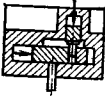
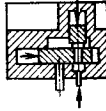
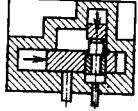
Штампы для одновременной отрезки от прутка нескольких заготовок известны двух типов: 4.1 — для одновременной отрезки нескольких заготовок от одного прутка; 4.2 — для одновременной отрезки заготовок от двух и более прутков. Особенностью штампа типа 4.1 является различие в показателях качества первой и остальных заготовок.

Многопозиционную разрезку (тип 4.1) рекомендуется применять при

15. Классификация отрезных штампов по третьему, четвертому и пятому классификационным признакам

3. По способу удаления заготовки			
Со свободным падением заготовки	С поворотом и падением заготовки	С проталкиванием заготовки прутком	С выталкиванием заготовки в нижнем положении ползуна
			
4. По числу одновременно отрезаемых заготовок			
Для одной заготовки	Для двух и более заготовок		
	4.1. От одного прутка	4.2. От двух и более прутков	
			
5. По числу выполняемых переходов			
Для одного перехода	Для двух и более переходов		
5.1. Для высадки и отрезки	5.2. Для формовки и отрезки	5.3. Для отрезки и калибровки	
			

Продолжение табл. 15.

Для одного перехода	Для двух и более переходов		
5.4. Для надрезки и отрезки	5.5. Для редуцирования и отрезки	5.6. Для отрезки и осадки	
			
5.7. Для отрезки и выдавливания	5.8. Для отрезки, выдавливания и осадки	—	
			

длине крайней заготовки более 1,2 высоты сечения и длине остальных заготовок не менее 0,6 высоты сечения. При использовании активного поперечного зажима можно уменьшить предельную длину крайней заготовки до 0,8 высоты сечения. Многопозиционной разрезкой можно одновременно отрезать заготовки разной длины.

Штамп типа 4.2 не отличается по схеме отрезки от штампа для отрезки одной заготовки, представляя собой соединение двух таких штампов в одном. Штамп обеспечивает удвоенную производительность, но при этом возрастает потребное усилие пресса, увеличиваются габариты штампа и усложняется подача прутков.

По числу выполняемых технологических переходов отрезные штампы можно разделить на две группы (табл. 15): штампы для одного перехода; штампы для двух и более переходов. Штампы для двух переходов могут быть одно- или двухпозиционными. В однопозиционных оба перехода выполняются на одной рабочей позиции за один ход ползуна пресса,

а в двухпозиционных отрезанная заготовка перемещается на вторую позицию и второй переход выполняется в процессе одного хода ползуна или при следующем ходе.

Штампы типов 5.1—5.3 применяют при закрытой отрезке коротких заготовок от алюминиевых прутков. В штампе типа 5.4 перед отрезкой производится надрезка. Надрезы, являющиеся концентраторами напряжений, способствуют спрямлению поверхности среза, предотвращают образование заусенца.

В штампе типа 5.5 прутки при введении в неподвижный нож подвергаются редуцированию, что повышает точность отрезаемых заготовок и позволяет применять менее точные прутки.

В штампе 5.6 заготовки после не полностью закрытой отрезки подвергаются на второй позиции осадке — калибровке в закрытой матрице. В штампе типа 5.7 на второй позиции производится поперечное выдавливание. Могут быть получены короткие заготовки с фасками и наметками.

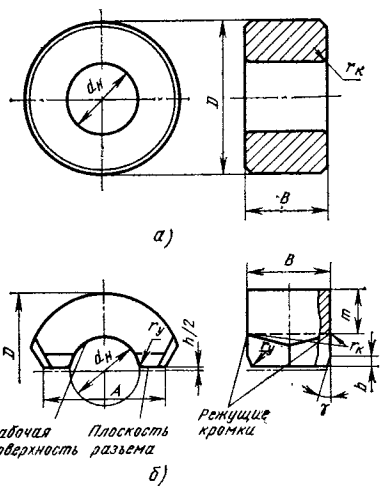


Рис. 22. Типовые конструкции ножей отрезных штампов

а — втулочный; б — полувтулочный

В штампе типа 5.8 после отрезки и поперечного выдавливания заготовка калибруется закрытой осадкой. В этом штампе имеется подвижный в осевом направлении втулочный нож.

Ножи отрезных штампов и сортовых ножниц. При разрезке прутков круглого профиля на заготовки высокого качества необходимо применять для каждого размера сечения свой комплект ножей. Форма и размеры ножей должны быть максимально приближены к профилю разрезаемого проката. Для унификации ножей иногда используют ножи одного размера для разрезки прутков разных сечений, но при этом существенно снижается точность отрезаемых заготовок.

По форме режущей части ножи разделяют на закрытые (очковые, втулочные) и открытые (разъемные, полувтулочные, плоские). По внешней форме ножи бывают призматические и цилиндрические. Для разрезки профилей сложной формы иногда применяют составные ножи.

Типовые конструкции разъемных ножей приведены на рис. 22, 23. Ширина ножа B назначается из условия недопущения смятия от чрезмерного удельного усилия на поверхности контакта с прутком (табл. 16).

Для обеспечения зажима прутка, с учетом колебания размеров сечения, между ножом и прижимом делают

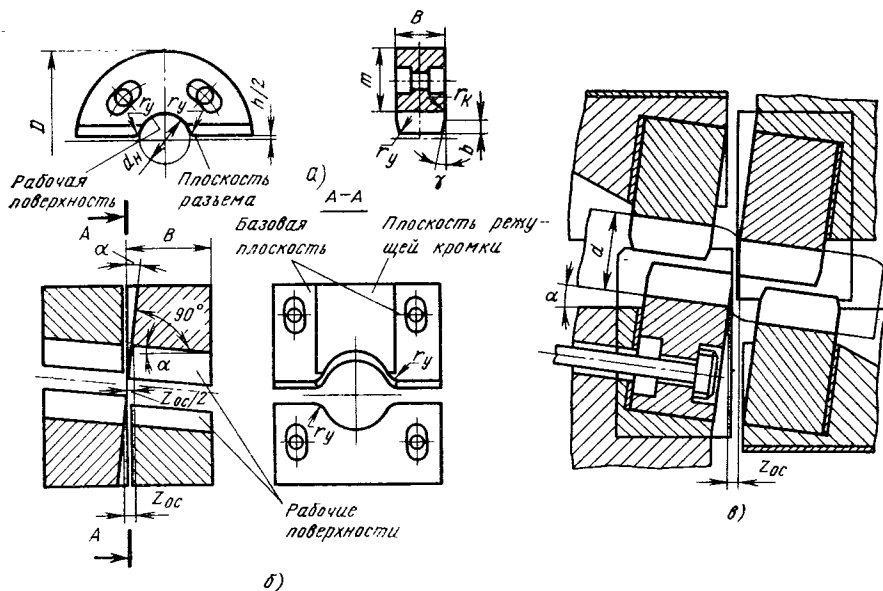


Рис. 23. Отрезные ножи сортовых ножниц:

а — полувтулочный; б — призматические; в — крепление ножей в ножницах

зазор h . Обычно его принимают равным $h = 0,06d$. На режущей плоскости ножа делают фаски b под углом γ , чтобы избежать задевания режущих кромок ножей друг за друга. При разрезке с наклонном прутка угол фаски равен углу наклона прутка.

Прутки квадратного профиля можно разрезать по стороне и по диагонали. При разрезке по стороне ножи и прижим имеют простую плоскую форму рабочей поверхности, а штамп более универсален, но качество реза хуже.

У открытых ножей-полувтулок для исключения заклинивания прутка и предупреждения образования продольных рисок на его боковой поверхности скругляют боковые острые кромки по дуге радиуса $r_y = 0,05d$. Для повышения стойкости ножей рекомендуется скруглять режущие кромки по дуге радиуса $r_k \leq 0,005d$. Рекомендуемые геометрические параметры ножей приведены в табл. 17.

Габаритные размеры ножей сортовых ножниц должны соответствовать размерам ножевого пространства. В открытых ножах предусматривают перекрытие для избежания задевания верхнего ножа за нижний. В зависимости от диаметра сечения разрезаемого проката перекрытие делают от 16 до 40 мм.

Согласно ГОСТ 25454—82 параметры шероховатости поверхностей, образующих режущую кромку ножа, и его опорных поверхностей не должны превышать $Ra = 1,25$ мкм.

Для обеспечения стойкости ножи отрезных штампов должны быть изготовлены из инструментальной стали, хорошо воспринимающей ударную нагрузку с высокими удельными усилиями, и термически обработаны (табл. 18—20).

Дозирование заготовок по объему (массе). Для современных технологических процессов металлообработки нужны точные по объему (массе) заготовки. Так, например, заготовки для точной объемной штамповки должны иметь отклонение объема не более 1,5—2,5%. Объем V отрезаемой заготовки является функцией ее длины l и площади поперечного сечения F :

$$V = lF.$$

Площадь F сечения прутка непостоянна, так как имеют место отклонения размеров в пределах установ-

16. Рекомендуемые параметры полувтулочных ножей (см. рис. 22, 23 размеры, мм)

d	D	A	B	m	r_k	Масса, кг
20	50	42	25	15	0,10	0,2
25	60	50	30	17,5	0,13	0,3
32	75	60	40	21,5	0,16	0,5
40	90	78	50	25	0,20	1,0
50	110	93	60	30	0,25	1,8
63	130	105	75	33,5	0,32	3,0

ленных допусков и искажение формы сечения. Длина l заготовки также колеблется вследствие неточности подачи прутка, поворота его вокруг оси, нестабильности процесса отрезки и т. д. Поэтому фактический объем отрезанной заготовки отличается от номинального значения на величину

$$\Delta V = \Delta V_F + \Delta V_l = \Delta F l + \Delta l F,$$

где $\Delta V_F = \Delta F l$ — изменение объема, вызванное отклонением площади поперечного сечения ΔF ; $\Delta V_l = \Delta l F$ — изменение объема, вызванное отклонением длины заготовки Δl .

Необходимая точность объема заготовок обеспечивается при разрезке калиброванного проката. Однако калиброванный прокат значительно дороже горячекатаного, выпуск его лимитирован мощностями металлургического производства, а диаметр сечения не превышает 100 мм. При разрезке проката круглого профиля обычной точности немерность заготовок по объему от колебания только диаметра прутка может достигать 5—6% при больших и средних диаметрах и 13—17% при малых диаметрах сечений.

Обеспечить повышение стабильности объема заготовок можно применением редуцирования прутка перед разрезкой или использованием дозированной отрезки. Редуцирование может выполняться как отдельная операция или в отрезном штампе как технологический переход, предшествующий отрезке (см. табл. 15, тип 5.5).

17. Рекомендуемые параметры ножей (формулы для расчета)

Параметр, мм, обозначение	Втулочный нож	Полувтулочный нож	Обозначения, примечание
Диаметр отверстия d_n	Для холодной резки $d+z_n$ Для резки с нагревом $d+z_n+\eta$	Для резки прутка: горячекатаного $1,02d+\Delta$ калиброванного $1,02d$ горячекатаного с предварительным нагревом $1,02d+\Delta+\eta$	Δ — наибольшее положительное отклонение диаметра сечения прутка $\eta = \beta td$ β — коэффициент линейного расширения; t — температура нагрева прутка, °C
Толщина A	$(0,5-0,8) d$		—
Ширина B	$(1,0-1,2) d$		—
Радиус скругления углов r_y	—	$0,05d$	—
Зазор между ножом и прижимом h	—	$0,06d$ $0,17d$	при $d \geq 20$ мм при $d \leq 20$ мм
Радиус скругления режущих кромок r_k	До $0,005d$		—
Ширина фаски b	—	$b = \frac{\epsilon_p \max d}{\cos \alpha}$	$\epsilon_p \max$ — относительное внедрение ножа при максимальном усилии отрезки (табл. 18) α — угол наклона прутка

18. Относительная глубина внедрения ножа при максимальном усилии отрезки

Сталь	σ_B , МПа	$\epsilon_p \max$
10	340—450	0,24
20	420—540	0,21
45	600—720	0,20
12ХН3А	590—720	0,16
P18	680—840	0,17
65Г	820—970	0,16
9ХС	790—960	0,14

Для дозированной отрезки необходимо применять специальные устройства — дозаторы. С помощью дозатора измеряют перед резкой размеры сечения, объем или массу единицы длины прутка. По результатам измерений определяют длину l отрезаемой заготовки и соответственно корректируют положение упора штампа (ножниц) или шаг подачи прутка. В табл. 21 приведена классификация

20. Стали для ножей отрезных штампов и сортовых ножниц (разрезка с нагревом)

Сталь	HRC	Температура разрезаемого металла, °C
6ХВ2С, 6ХС	50—54	До 300
4Х5МФС, 4Х5В2ФС, 5Х3ВМФС, 5ХГМ	48—50	300—500
	42—48	Св. 500

принципиально возможных способов и схем измерения прутка, которые могут быть применены в дозирующих устройствах. В разработанных и используемых дозаторах применяют в основном схему VI, реже схемы IV, V.

19. Стали для ножей отрезных штампов и сортовых ножниц (холодная резка)

Стали	Температура, °C		HRC	σ_B , МПа	
	закалки	отпуска		на изгиб	на сжатие
Для разрезания мягких сталей					
У8А	760—770	160—180	60—62	2400	5400
У10А	770—790	160—180	60—62	2400	5400
9ХС	860—880	180—200	60—62	3000	3600
6ХС	870—890	180—200	56—57	2900	4500
7ХЗ	850—880	200—220	55—56	2900	4500
Для сталей повышенной прочности					
Х6ВФ	980—1000	150—170 280—300	60—62 55—57	3000 3500	4500 4000
Х12М	1000—1020	170—200 320—350	60—62 56—58	2600 3100	4000 3700
Для прочных сталей					
P6АМ5	1060—1190	530—570	61—63	4500	—
6Х6ВЗМФС	1060—1075	525—535	57—59	4200	—

22. Ножницы сортовые для резки сортового и фасонного проката

Модель	Наибольший размер сечения разрезаемого проката, мм		Число ходов в мин	Мощность привода, кВт	Габаритные размеры, мм	Масса, т
	Круг	Квадрат				
НБ 1425	36	32	63	2,5	1090×900×1350	1,24
НБ 1427	40	36	56	4,8	1590×905×1590	1,90
НБ 1428	45	40	50	6,8	1590×1000×1880	2,54
НБ 1429	56	50	50	6,8	1825×1015×2080	3,90
НБ 1431	67	58	45	11,00	2050×1210×2035	5,40

23. Ножницы сортовые кривошипные закрытые для резки сортового проката на заготовки машиностроительного назначения

Модель	Наличие дифференцирования зажима	Номинальное усилие, кН	Число ходов в мин	Наибольший размер сечения разрезаемого проката, мм			Наибольшая длина отрезаемой заготовки, мм	Мощность привода, кВт	Габаритные размеры, мм	Масса, т
				Круг	Квадрат	Полоса				
Н 1534	Нет	2 500	40	100	90	300	630	20	7 000×3 050×3 000	12,7
Н 1538	»	6 300	20	140	125	400	630	55	7 360×4 020×4 600	39,4
НА 1540	»	10 000	28	160	140	320	1000	100	17 480×4 500×4 500	85,53
Н 1542	»	16 000	20	200	180	400	1000	157	17 400×5 000×5 150	120,0
Н 1830 В	»	1 000	75	56	55	100	630	18,8	8 700×2 000×3 000	11,2
Н 1834	Есть	2 500	40	80	70	160	630	36	11 250×2 600×2 980	21,0
Н 1838 А	»	6 300	26	125	110	250	1000	58	9 770×4 350×5 835	62,57

24. Комплексы оборудования для резки круглого и квадратного проката на базе кривошипных ножниц

Модель комплекса	Ножницы			Стеллаж	Механизм раскладки прутков	Рольковый конвейер привода	Механизм дорезания остатка прутка	Механизм отбраковки немерных концов
	Модель	Номинальное усилие, кН	Наибольший диаметр разрезаемого проката, мм					
АКН 1830В-1	Н 1830В	1 000	56	+	+	+	+	+
АКН 1834Б-1	Н 1834Б	2 500	85	+	+	+	+	+
АКН 1834-1	Н 1834	2 500	80	+	+	+	+	+
АКН 1838А	Н 1838А	6 300	125	+	+	+	+	+
	Н А1540	10 000	160	+	+	+	-	-
	Н А1542	16 000	200	+	+	-	-	-
	Н 1544	25 000	220	+	+	-	-	-

точно устанавливаемым на заданную длину с пульта управления. На ножницах возможна одно- и двухручьева резка.

Технические характеристики ножниц приведены в табл. 22—24. Достижимые показатели геометрической точности заготовок при резке сортового проката на ножницах приведены в табл. 25. Весьма перспективным для совершенствования безотходной резки сортового проката на точные заготовки является применение скоростных машин. В Харьковском авиационном институте ведутся работы по созданию машин для скоростной резки прутков. Созданы машины типа МИР-100Х, ВСМП, ПМН-2 для холодной скоростной резки проката (табл. 26).

В ГДР изготовлена механизированная линия PXS 125 с механическим прессом для холодной резки стальных прутков круглого профиля на

точные короткие заготовки при повышенных скоростях. В линии имеется устройство для заправки концов прутка, автоматической отбраковки немерных концов, счета отрезанных заготовок. Стальные заготовки с относительной длиной $l/d = 0,2—0,8$, отрезанные на этой линии, имеют ровные параллельные торцы.

Основные технические данные линии

Номинальное усилие, кН 1250
Скорость отрезки, м/с 2
Число ходов ползуна в минуту 30—60
Диаметр сечения разрезаемых прутков, мм 15—60
Наименьшая длина заготовок 0,2 диаметра

В ВНР разработана и изготавливается машина (типа UD) для резки стальных прутков диаметром 6—36 мм на

25. Относительные показатели неточности геометрической формы заготовок, отрезанных на сортовых ножницах для точной резки (см. табл. 23)

Металл	Диаметр прутка, мм		Углы скоса торца ф. градус		Утяжка		Отклонение от плоскости δ'
	d_1	d_2	α'	β'	продольная u'	поперечная f'	
Сталь:							
15	50	2,0	0,60	0,090	0,02		
45	56	0,6	0,27	0,045	0,012		
40X	45	—	0,50	0,050	0,008		
40XC	40	0,7	0,24	0,020	0,01		
3X13	48	1,0	0,60	0,070	0,01		
12XНЗА	50	0,5	0,45	0,040	0,01		
40XH	33	0,5	0,27	0,030	0,003		
65Г	40	0,2	0,31	0,044	0,009		
P18	40	0,3	0,28	0,034	0,022		
Титано- вые сплавы:							
BT9	32	0,2	0,24	0,017	0,014		
BT14	40	0,6	0,27	0,017	0,011		

26. Машины для импульсной холодной резки проката, разработанные в ХАИ

Параметр	Мир-100X		
	ВСМП	ПМН-2	
Наибольший диаметр поперечного сечения разрезаемого проката, мм	100	30	50
Энергия удара, кДж	300	5	15
Производительность, заготовок/мин	12—16	20—25	20
Масса, кг	16 170	7700	9600

точные заготовки при повышенных скоростях.

Для автоматизации резки сортового проката на точные по форме и объему заготовки применяют комплексы, в состав которых включают по мере необходимости следующее оборудование и устройства: стеллаж для прутков; устройство, автоматически отделяющее очередной пруток от пачки; направляющее устройство для продвижения прутка в зону отрезки; сортовые ножницы (или пресс со штампом); дозирующее устройство; корректируемый упор или устройство для шаговой подачи; механизм удаления и сортировки немерных концов (переднего и заднего); транспортное устройство для удаления заготовок; счетчик отрезанных заготовок; шумозащитный кожух (иногда). При необходимости комплекс содержит также нагревательное устройство, механизм подачи и выдачи прутка. Некоторые зарубежные комплексы имеют устройство для выравнивания формы концов прутков.

Современные автоматизированные комплексы для резки прутков оснащают электронным устройством, которое управляет работой всех механизмов и отключает установку, когда отрезано нужное число заготовок. Для укладки и отделения очередного прутка применяют автоматизированные стеллажи различных типов: с пневматическим ворошителем, с отсекающими, с регулируемой щелью и другие.

Существует два типа устройств для отделения немерных (концевых) заготовок: удаляющие и предупреждающие. Последние устанавливают наличие стыка между прутками и подают сигнал для срабатывания механизма автоматического удаления немерной заготовки. В основе предупреждающих устройств могут быть электронный, пневматический, индуктивный, радиоизотопный и другие способы обнаружения стыка прутков.

К комплексам предъявляют различные требования в зависимости от характера производства. При массовом и крупносерийном производстве необходима высокая автоматизация и механизация. При рациональной организации комплексов управляют один-два оператора (один у нагревателя, второй у пульта управления).

Предприятия Минстанкопрома изготавливают на базе сортовых ножниц серий Н1300, Н1500, Н1800 комплексы для точной резки проката разных размеров (см. табл. 24). Комплекс АКН 1830В-1, например, предназначен для холодной резки в одном или двух ручьях круглого, квадратного и полосового проката из конструкционных, пружинных, инструментальных и других специальных сталей. В состав комплекса входят кривошипные ножницы Н 1830 В и механизированный стеллаж модели СМ9. Отрезка производится с наклоном и дифференцированным зажимом прутка. Комплекс обеспечивает резку в автоматическом режиме в одном из трех ручьев или одновременно в двух крайних. Концевые остатки отсортировываются. Основные технические данные комплекса АКН 1830 В-1 приведены ниже.

Номинальное усилие отрезки, кН	1000
Наибольший диаметр разрезаемого проката при $\sigma_b = 600$ МПа, мм:	
в центральном ручье	56
в крайних ручьях	38
Длина отрезаемых заготовок, мм:	
наибольшая	630
наименьшая	45
Производительность при отрезке заготовок длиной 60 мм, шт/мин:	
в одном ручье	30
в двух ручьях	55
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	22,8
Габаритные размеры, м	8,7 × 3,7 × 3
Масса комплекса, т	20

На рис. 25 показана схема комплекса, в состав которого входят механизированный стеллаж 1, газовая печь 2, автоматизированный роликковый конвейер 3 с механизмом перекладки по ручьям и досьлателем отрезаемых концов прутков, ножницы 4 с механизмом отбраковки немерных концов, устройством механизированной смены ножей и счетчиком заготовок.

Применение современных комплексов с отрезными штампами или сортовыми ножницами для разделки сор-

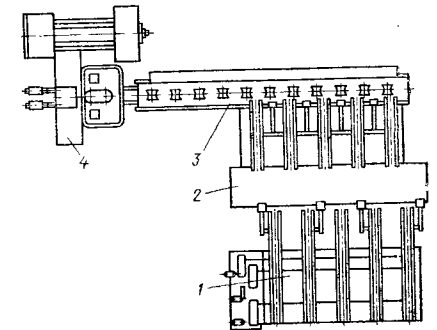


Рис. 25. Автоматизированный комплекс для резки проката на базе сортовых ножниц усилием 10 000 кН

тового проката обеспечивает получение без отходов заготовок высокого качества, хорошей точности по объему при высокой производительности и автоматизации производства.

НИИТМом (Ростов-на-Дону) разработаны типовые комплексы средств механизации резки сортового и профилированного проката в штампах, на кривошипных прессах и на сортовых ножницах. Комплексы средств механизации резки проката в штампах (модели 70-377-0-0, 70-391-0-0, 70-407-0-0) базируются на кривошипных прессах К 2132А, К 2132 и предназначены для резки прутков с сечением диаметром 25—50 мм. Комплекс состоит из стеллажа поштучной выдачи, пневматического питателя, роликкового механизма подачи, кривошипного пресса со штампом и разгрузочного устройства.

Комплексы средств механизации резки проката на сортовых ножницах (модели 70-356-0-0÷70-397-0-0) базируются на сортовых ножницах Н 1038, Н 1534, Н 1538 и предназначены для резки прутков с сечением диаметром 25—130 мм. Комплексы 70-395-0-0÷70-397-0-0 предназначены для резки с подогревом. Комплекс состоит из стеллажа, выполняющего роль бункера, с механизмом поштучной выдачи материала на приводной роликковый конвейер и ножниц кривошипных закрытых с приводным роликковым конвейером и лотком для сбора заготовок. В состав комплексов 70-395-0-0÷70-397-0-0 входят также нагревательная печь и конвейер выдачи заготовок.

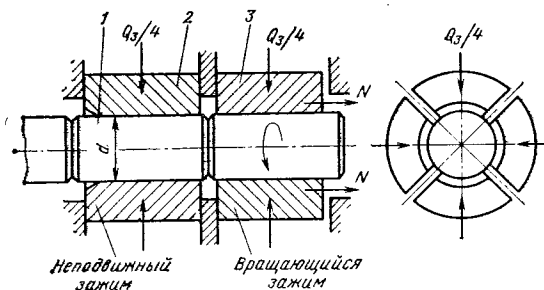
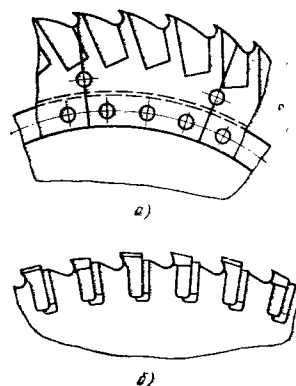


Рис. 26. Схема разрезки кручением

Рис. 27. Дисковые пилы:

а — сегментная; б — со вставными зубьями



Для эффективного применения разрезки сдвигом в мелкосерийном и гибком автоматизированном производстве важное значение имеет быстрая переналадка ножниц на отрезку заготовок разных размеров. В ЭНИМСе создан быстропереналаживаемый отрезной модуль для безотходной разрезки стальных прутков диаметром 15—80 мм на заготовку длиной от 40 мм. Модуль состоит из гидрпресса, приводящего в действие механизм отрезки, механизма подачи, магазина прутков. Переналадка модуля занимает 5 мин. Штучное время отрезки 5—20 с. В модуле применен способ не полностью закрытой отрезки с активным поперечным (дифференцированным) зажимом прутка и отрезаемой части.

Разрезка кручением. Применяют для разделения на заготовки прутков круглого профиля и преимущественно труб. Пруток 1 (рис. 26) и его отделяемая часть зажаты зажимами 2 и 3. На поверхности прутка по плоскостям раздела нанесены концентраторы в виде круговых V-образных канавок. Зажим 3 может поворачиваться вокруг оси и перемещаться вдоль нее. При повороте зажима 3 с зажатой в нем отрезаемой частью прутка происходит отрезка кручением. Возможность отрезки кручением и качество поверхности раздела определяются механическими свойствами разрезаемого металла. Разрезка кручением хрупких сталей (Р18, 3Х2В8, ХВГ, 9ХС и др.) невозможна, а при разрезке вязких сталей получаются некачественные за-

готовки, поэтому способ пригоден только для разрезки прутков и труб из среднеуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей 35—50, 35Х, 40ХС, 65Г и титановых сплавов, а также труб из сталей 20, 20Г, 20Х. Этим способом можно отрезать заготовки длиной более одного диаметра от прутков и более трех диаметров от труб. С применением вставок можно отрезать от труб заготовки длиной от 0,8 внешнего диаметра сечения.

Необходимый для разрезки крутящий момент определяют по формулам: для прутка

$$M = \frac{\pi}{12} d^3 m^3 \left(\tau_p - \frac{K}{3} \right);$$

для трубы

$$M = \frac{\pi}{12} d^3 \left[\left(\tau_p - \frac{K}{3} \right) (m^3 - \alpha^3) + \alpha^3 K \ln \frac{m}{\alpha} \right];$$

усилие зажима прутка

$$Q_3 = 2,2M/(\mu d);$$

усилие отрыва

$$N = 0,01Q_3.$$

В формулах

$$m = \frac{d - 2h}{d}; \quad K = \frac{\tau_p - \tau_y}{\ln \gamma_p / \gamma_y},$$

τ_p — касательное напряжение сдвигу; τ_y — предел упругости на сдвиг; γ_p — относительный сдвиг при разрыве; γ_y — относительный сдвиг,

соответствующий пределу упругости; $\alpha = d_{вн}/d$; $d_{вн}$ — внутренний диаметр трубы; μ — коэффициент контактного трения в зажимах; h — глубина V-образной канавки.

Наиболее рациональная область применения разрезки кручением — разделение толстостенных труб на заготовки.

Разрезка зубчатыми пилами находит широкое применение во всех отраслях металлообработки, являясь на ряде предприятий с мелкосерийным производством основным способом разделения проката на заготовки. Разрезание пилами обеспечивает хорошее качество поверхности реза и точную длину заготовки.

Разрезка дисковыми пилами. Применяется для разделения на заготовки металла в холодном и горячем состояниях. В кузнечном производстве горячее разрезание на круглопильных отрезных станках применяется редко. Дисковые пилы для холодного и горячего разрезания бывают цельные, со вставными зубьями и со сменными сегментами (рис. 27) диаметром 300—2000 мм, толщиной 2—15 мм. Профиль зуба зависит от назначения пильного диска (табл. 27). Скорость резания (м/с) определяют по формуле

$$v = \frac{\pi D n}{60 \cdot 1000},$$

где D — диаметр пильного диска, мм; n — частота вращения, об/мин.

Подачу на один оборот определяют по формуле

$$s_{об} = s_2 z;$$

подачу в минуту по формуле

$$s_{мин} = s_{об} n = s_2 z n,$$

где s_2 — подача на один зуб, мм ($s_2 = 0,05 \div 0,2$ мм, большие значения — для мягких сталей); z — число зубьев диска.

Преимущества отрезки пилами: чистая поверхность, возможность отрезки точных и очень коротких заготовок, отсутствие упрочнения металла в приторцовых зонах, универсальность (возможность разрезать прутки разных сечений без смены инструмента). Производительность дисковой пилы определяется площадью поперечного сечения прутка, разрезанной в одну секунду, и зависит от частоты враще-

27. Углы зубьев сегментных пил, градусы

Угол	Углеродистая сталь	Хромоникелевая сталь	Коррозионно-стойкая сталь	Алюминий	Медь, бронза
Передний	25	25	20	30	25
Задний	8	6	6	12	10

ния, диаметра диска и величины подачи. При разрезании стальных профилей производительность составляет 2000—8000 мм²/с. Машинное время отрезки (мин) дисковой пилой (без учета вспомогательного хода) определяют по формуле

$$T_M = B/s_{ср},$$

где B — ширина разрезаемой заготовки, мм; $s_{ср}$ — средняя подача, мм/мин.

Скорость резания и стойкость пильного диска зависят от прочности разрезаемой стали (табл. 28). При разрезании углеродистых сталей стойкость составляет две-три смены, а легированных — не более восьми часов.

Повышение стойкости дисковых пил достигается покрытием твердым сплавом поверхности зубьев. Так, нанесение электроэрозийным способом слоя толщиной 0,1 мм твердого сплава Т15К6 на переднюю и заднюю поверхности зубьев сегментных пил обеспечивает увеличение стойкости в 3—4 раза. Фирма «Вагнер» (ФРГ) выпускает высокопроизводительные машины с твердосплавными пильными дисками диаметром 315—1530 мм для разрезания круглого металла до диаметра 520 мм с шириной пропила 4—11 мм.

Недостатки способа разрезания дисковыми пилами: наличие отхода металла, значительная стоимость инструмента, потребность в заточных станках, загрязнение рабочего места и воздушного пространства мелкой стружкой, невозможность разделения термически упрочненных металлов с $\sigma_B \geq 1200$ МПа, сильный шум при работе.

28. Скорость резания и стойкость пильного диска

Параметр	Предел прочности разрезаемого металла σ_B , МПа					
	До 500	500—600	600—700	700—800	800—900	Св. 900
Скорость резания, м/мин	25—30	20—25	17—20	14—16	11—13	6—10
Стойкость до затупления, ч	16—20	10—16	8—10	6—8	4—6	3—4

29. Ленточно-отрезные станки

Параметр	Тип станка	
	8В545	8544
Максимальный размер разрезаемого металла, мм	500	350
Скорость резания, м/мин	10—90	16—87
Ширина пропила, мм	2,2	2,0

НИИТМом (Ростов-на-Дону) разработаны комплексы для механизированной резки сортового проката и труб диаметром 25—160 мм в пакетах на фрезерно-отрезных станках моделей 8В66 и 8В66А. Комплекс состоит из стеллажа с механизмом поштучной выдачи металла, переключника, приспособления для формирования пакета, фрезерно-отрезного станка и разгрузочного устройства.

Разрезка ленточными пилами. Ленточно-отрезные станки (табл. 29) с инструментом в виде «бесконечной» зубчатой ленты находят все большее применение в заготовительном производстве. Они развивают скорость 10—240 м/мин, обеспечивают хорошее качество поверхности среза, высокую производительность (в 1,5—2 раза выше производительности фрезерно-отрезных станков), малый отход металла и удельный расход энергии; работа протекает с незначительным шумом. Ширина пропила обычно не

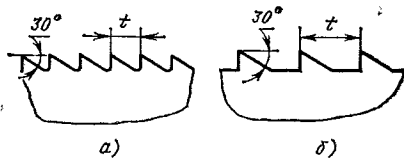


Рис. 28. Форма зубьев ленточных пил для сталей (а) и цветных металлов (б)

превышает 2,2 мм. Ограничивающим фактором применения ленточно-отрезных станков является недостаточная стойкость ленточных пил (5—15 ч). Для устранения этого недостатка применяют биметаллические ленточные пилы.

Производительность при резании среднеуглеродистой стали ленточной пилой из легированной стали со скоростью 40—50 м/мин составляет 25 см²/мин, а биметаллической пилой с рабочей частью из быстрорежущей стали — 70 см²/мин.

Применяют ленточные пилы шириной 4÷40 мм, толщиной 0,6—1,0 мм с шагом зубьев 1÷6 мм. Зубья ленточной пилы разводятся в обе стороны. Шаг зубьев прямо пропорционален толщине разрезаемого материала и обратно пропорционален твердости. Для отрезки заготовок большого сечения из мягких металлов рекомендуется применять ленточные пилы с крупным шагом зубьев (рис. 28). Число зубьев выбирают в зависимости от толщины разрезаемой заготовки:

Толщина заготовки, мм . . . 13 13—50—св. 100
50 100

Число зубьев на 1 см длины полотна . . . 6 4 3 2

Форма зуба зависит от разрезаемого металла: для резки стальных заготовок рекомендуется зуб с передним углом $\gamma = 0 \div 13^\circ$, углом заострения $\beta = 44 \div 66^\circ$ и задним углом $\alpha = 30 \div 33^\circ$. Для надежной и долговечной работы ленточной пилой важно обеспечить равнопрочность слая концов ленты.

Скорость резания ленточной пилой зависит от разрезаемого металла (табл. 30). Для резки алюминиевых сплавов, меди, латуни применяют также скоростную резку ленточными пилами со скоростью, значительно превышающей указанные в табл. 30.

Разрезка ножовочными пилами. Способ применяют в единичном, мелкосерийном и серийном производствах. Станкостроительная промышленность изготавливает ножовочно-отрезные станки с прямолинейным возвратно-поступательным перемещением пильного полотна (модель 8725) и с движением по дуговой траектории (модель 8А725) со следующими техническими данными.

	Модель 8725	Модель 8А725
Длина ножовочного полотна, мм	500	450
Наибольший диаметр разрезаемого металла, мм . . .	250	250
Ширина пропила, мм	2,5	2,5
Число двойных ходов в минуту . . .	120	140

Ножовочно-отрезные станки с дуговой траекторией движения инструмента имеют более высокую производительность (30—40 см²/мин), чем станки с возвратно-поступательным перемещением полотна. Благодаря меньшим габаритам, массе и мощности эти станки могут конкурировать с ленточно-отрезными и круглопильными по экономичности резки.

Основными параметрами ножовочного полотна являются его длина и шаг зубьев (табл. 31, рис. 29).

Производительность резки на ножовочных станках зависит от усилия прижима полотна к разрезаемому металлу. Это усилие задают в зависимости от толщины полотна.

Основное машинное время резания стальных прутков на ножовоч-

30. Рекомендуемые скорости резания ленточной пилой

Разрезаемый металл	Шаг зуба, мм	Скорость пильной ленты, м/мин
Сталь:		
конструкционная	1,8—2,5	60—93
высокоуглеродистая	1,4—3,2	15,5—23
хромистая	2,5—3,2	23—45
быстрорежущая	1,8—2,1	23—38
никелевая	1,1—2,1	15,5—60
коррозионно-стойкая	1,8—2,1	30—60
инструментальная	1,8—4,2	123—245
Алюминиевые сплавы	1,4—2,5	93—152
Латунь мягкая	1,4—2,1	123—245
Медь	1,4—2,1	123—245

31. Размеры пильных полотен для ножовочных станков, мм (ГОСТ 6645—68)

l	$l_1 \pm 2$	s	p	b	d
330	300	1,25	1,8 2,5	25	8,2
380	350	1,25 1,60	1,8; 2,5 4,0	25 32	8,2
430	400	1,25 1,60 2,00	2,5 4,0 6,3	25 32 40	8,2
485	450	1,6 2,0	2,5 4,0 6,3	32 40	10,2
535	500	1,6 2,0	2,5 4,0 6,3	32 40	10,2
635	600	2,0 2,5	4,0 6,3 4,0 6,3	50	12,2

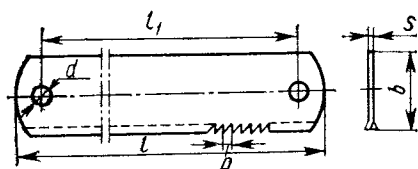


Рис. 29. Ножовочное станочное полотно

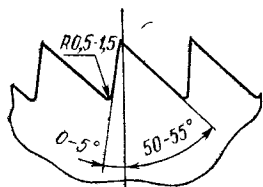


Рис. 30. Форма и размеры зуба ножовочного станочного полотна

ных станках с прямолинейным движением полотна приведено в табл. 32, скорость резания — в табл. 33.

Длину ножовочного полотна выбирают в зависимости от длины пропила (ширины сечения разрезаемого прутка), мм:

Длина полотна	350	400	450	500	600
Длина пропила	130	155	180	200	250

32. Машинное время (мин) резания стальных прутков ножовочными полотнами из быстрорежущей стали

Диаметр прутка или сторона квадрата, мм	Углеродистая		Легированная
	$\sigma_B < 600$, МПа	$\sigma_B > 600$, МПа	
10	0,18/0,22	0,22/0,29	0,34/0,42
15	0,36/0,48	0,46/0,67	0,71/1,05
20	0,55/0,78	0,81/1,07	1,23/1,55
25	0,84/1,10	1,22/1,54	1,81/2,34
30	1,22/1,56	1,71/2,15	2,50/3,24
35	1,65/2,05	2,20/2,81	3,46/4,33
40	2,15/2,5	2,90/3,72	4,36/5,68
45	2,56/3,25	3,60/4,53	5,22/6,82
50	3,26/4,00	4,46/5,31	6,20/8,25
60	4,38/5,30	6,10/8,33	9,30/11,67
70	5,89/7,50	8,21/10,22	12,40/15,70
80	7,56/9,55	10,41/13,87	15,40/19,80
90	9,38/12,00	13,21/17,21	19,30/24,60
100	11,42/14,85	16,65/21,20	24,60/31,60
120	16,60/21,00	23,60/30,90	33,80/44,80
130	19,80/24,50	27,50/35,60	39,80/51,90
140	21,58/28,00	30,40/40,10	46,90/58,90

Примечание. В числителе — для круглого, в знаменателе — для квадратного профиля.

33. Средняя скорость резания на ножовочных станках

σ_B , МПа	Скорость резания, м/мин
Сталь углеродистая	
До 400	30
400—500	25
500—600	20
600—800	15
От 800	10
Сталь хромоникелевая	
До 450	20
500—800	15
Более 800	10
Латунь	
До 360	25
Более 360	20

Шаг зубьев ножовочного полотна выбирают в зависимости от твердости металла и размеров разрезаемой заготовки: крупные зубья — для заготовок больших сечений из мягких металлов, мелкие зубья — для заготовок из твердых металлов с малыми размерами сечения.

σ_B , МПа	400—600	600
Шаг зубьев, мм	3—4	2,5

Форма зуба ножовочного полотна и размеры углов показаны на рис. 30. Для снижения трения зубья ножовочных полотен имеют развод 0,6—0,8 мм.

Разрезка резцами на токарно-отрезных станках. Способ применяют в единичном и мелкосерийном производстве для разделения круглых прутков и труб на заготовки с хорошим качеством поверхности среза и высокой точностью по длине. Разрезание производят на универсальных токарных и специальных токарно-отрезных станках и автоматах. Преимуществом способа является его универсальность и простота. Шероховатость поверхности торцов соответствует $Rz = 10 \div 20$ мкм. На торцах по оси могут быть выступы до 1,5 мм. Упрочненный слой металла распространяется на глубину до 0,2 мм от торцов. Отклонения (мм) по длине заготовок, отрезанных на токарном станке, приведены ниже.

Диаметр сечения	6—20	20—50	50—100	100—200
Отклонение длины	0,2—0,4	0,4—0,6	0,6—0,8	0,8—1,2

Недостатки способа — низкая производительность (при разрезке прутка с сечением диаметром 50—80 мм отрезают одну—три заготовки в минуту); малая стойкость резцов; большой отход металла в стружку; высокая себестоимость заготовки. В кузнечно-заготовительном производстве этот способ находят ограниченное применение.

Отход металла определяется шириной резца (мм), который зависит от диаметра разрезаемого прутка (мм).

Диаметр сечения прутка	80	80—150	150—350
Ширина резца	3—5	5—6	6—10

Машинное время (мин) на разрезание прутка круглого профиля определяют по формуле

$$T_M = \frac{0,5d + x}{ns}$$

на разрезание трубы

$$T_M = \frac{0,5(d - d_{вн}) + x}{ns}$$

где d — наружный диаметр прутка или трубы, мм; $d_{вн}$ — внутренний диаметр трубы, мм; $x = 2 \div 5$ мм — перебор резца; n — частота вращения шпинделя, об/мин; s — подача резца, мм/об.

Снижение скорости резания по мере приближения резца к оси заготовки отрицательно сказывается на производительности и стойкости резцов. Станки с автоматическим увеличением частоты вращения шпинделя при приближении резца к оси обеспечивают повышение производительности до 30 %.

Токарные отрезные резцы изготовляют из быстрорежущей стали и с пластинками из твердых сплавов. Применение твердосплавных резцов повышает производительность в 2—3 раза.

Разрезка абразивными кругами. Способ находит применение при разделении на заготовки проката, труб, профилей из высокопрочных металлов. Режущим инструментом при абразивной разрезке является диск из абра-

зивных зерен и связующего вещества, которое выполняет двоякую роль: удерживает зерна при резании и высвобождает их после изнашивания. В качестве абразива используют электрокорунд или карбиды кремния на вулканитовой или бакелитовой связке.

В нашей стране выпускают абразивные круги диаметром 300—600 мм, толщиной 0,5—4 мм.

Для абразивной разрезки применяют станки с ручной подачей круга, полуавтоматы с механической подачей и автоматы, в которых автоматически выполняется подача материала, его зажим, подача круга и снятие материала (табл. 34).

34. Технические данные абразивно-отрезных станков

Параметр	Станки с ручным управлением		Автоматы с неподвижной заготовкой	
	8220	8A240	8242	8252
Диаметр круга, мм	200	250	400	500
Толщина круга, мм	1—3	3—4	3—4	4—5
Скорость резания, м/с	50—80	50—80	48—80	48—80
Максимальный диаметр разрезаемого металла, мм	20	60	60	100

35. Рекомендуемые параметры абразивных кругов

Разрезаемый металл	Зернистость	Вид связки	Твердость
Бронза твердая	50	Б	СТ2
Сталь твердая углеродистая	40	В	СТ
Сталь инструментальная	40	В	СТ

Примечание. Абразивный материал — электрокорунд.

На абразивно-отрезных станках разрезают круглый прокат с сечением до 200 мм, трубы диаметром до 600 мм. Круги вращаются со скоростью 30 ± 100 м/с, поэтому к ним предъявляют высокие требования по прочности и упругости.

Характеристика круга включает следующие параметры: размеры (внешний диаметр, толщину, диаметр отверстия), вид абразивного материала, зернистость, вид связки, твердость, структуру. Параметры характеристики круга выбирают в зависимости от вида разрезаемого металла, режимов резания, требований к качеству поверхности среза (табл. 35). Круги изготавливают на бакелитовой (Б), вулканитовой (В) и металлической связке, армируют стеклотканью, капроном и другими материалами.

При выборе параметров круга необходимо, чтобы диаметр был возможно больше (так как при этом повышается производительность и уменьшается изнашивание), а толщина возможно меньше (снижается отход). Однако надо учитывать, что с уменьшением толщины снижается точность разрезки из-за увода тонкого круга при врезании.

Абразивный материал выбирают в зависимости от вида разрезаемого металла. Для разрезки сталей рекомендуют круги из электрокорунда. Зернистость выбирают в зависимости от режима работы и требуемой шероховатости и точности поверхности реза. Для разрезания сталей применяют круги с менее крупным зерном, чем для цветных сплавов. Твердость круга должна быть такой, чтобы при работе абразивные зерна выкрашивались по мере затупления, образовывались новые режущие грани и обижались новые зерна.

Преимущества абразивной разрезки: высокая геометрическая точность и малая шероховатость поверхности среза ($Ra = 0,32 \div 1,25$ мкм), возможность разрезки высокопрочных металлов любой твердости, высокая производительность. Производительность разрезки углеродистых и конструкционных сталей абразивными кругами равна 240 см²/мин, быстрорежущих 120 см²/мин, коррозионно-стойких 30 см²/мин. По экономичности способ превосходит разрезание

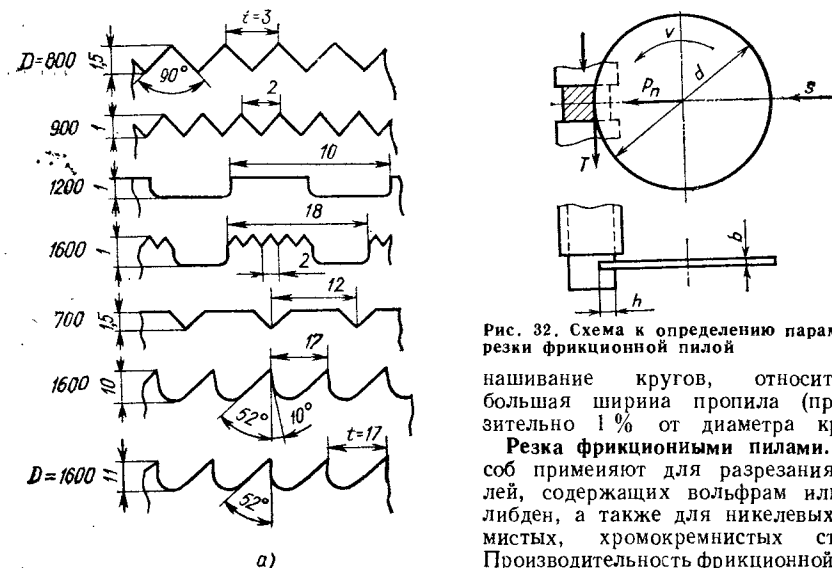


Рис. 32. Схема к определению параметров резки фрикционной пилой

нашивание кругов, относительно большая ширина пропила (приблизительно 1% от диаметра круга).

Резка фрикционными пилами. Способ применяют для разрезания сталей, содержащих вольфрам или молибден, а также для никелевых хромистых, хромокремнистых сталей. Производительность фрикционной пилы выше производительности дисковой пилы с зубьями для холодной резки металла в 3—4 раза. Сущность способа состоит в том, что контактное трение вращающегося с большой скоростью тонкого стального диска вызывает местный нагрев и размягчение или расплавление разрезаемого металла, частицы которого выбрасываются из прорези в виде снопа искр. Режущей частью диска является его внешняя кромка. В качестве инструмента используют следующие формы дисков: гладкий, с накатанными зубьями разной формы (рис. 31), насечкой (наиболее производительный).

Гладкие диски обычно применяют в тихоходных машинах. Ширину b прорези определяют по формуле

$$b = a + 0,002D,$$

где a — толщина; D — диаметр дисковой пилы.

Мощность резания (кВт) дисковой фрикционной пилы может быть определена по формуле

$$N = k_1 s b h;$$

здесь s — скорость подачи, мм/с; h — средняя высота пропила, мм; k_1 — коэффициент (приведен ниже).

Условия резания определяют по формуле (рис. 32)

$$T = k_2 \frac{s}{v} b h,$$

Рис. 31. Форма зубьев режущей кромки дисков (а), виды поднутрения (б)

дисковой пилой и на токарно-отрезных станках. Высота микронеровностей при оптимальной зернистости круга составляет 2 мкм. Поверхность среза обычно не нуждается в дальнейшей обработке.

К недостаткам способа относятся шум при работе, выделение пыли (требуется присоединение станка к вентиляционной системе), быстрое из-

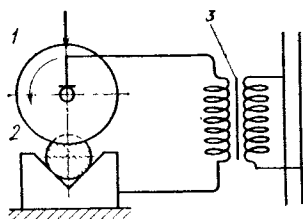


Рис. 33. Принципиальная схема электро-механической резки

где v — скорость резания; k_2 — коэффициент, зависящий от резаемого металла:

	k_1	k_2
Сталь	0,020	2,040
Медь	0,008	0,820
Латунь	0,008	0,820

Усилие подачи

$$P_{II} = k_2 b h \frac{s}{\mu},$$

где μ — коэффициент трения.

Стойкость пилы и производительность резки повышаются с увеличением скорости резания. Скорость резания дисковыми фрикционными пилами составляет 15—140 м/с. При работе с малой скоростью (15—20 м/с) необходимо охлаждение диска. Линейная скорость подачи дисковой пилы составляет 1—35 мм/с. Наибольшую допустимую скорость стального диска определяют из условия предотвращения его разрыва. Для повышения скорости дисковых пил их охлаждают водой или эмульсией.

Диаметр диска быстроходных пил для резки круглого проката определяют по формуле $D = (5 \div 8) B + 300$ мм, а для резки проката квадратного профиля по формуле $D = 10 B + 300$ мм, где B — размер сечения резаемого металла.

Толщина диска зависит от быстроходности пилы и диаметра диска. Для быстроходной пилы она может быть определена по формуле $b = 0,005D$ мм. Диски фрикционных пил изготавливают из вязких низкоуглеродистых сталей с $\sigma_B = 400 \div 600$ МПа или из инструментальных сталей У7А, У8А. Производительность зависит от скорости диска и колеблется в широких пределах. Так, при резке прутков сечением диаметром

22—40 мм диском диаметром 1000 мм при скорости 97 м/с производительность составляет 90—120 см²/мин, а при резке трубы 60×5 мм диском диаметром 600 мм при скорости 140 м/с производительность достигает 500 см²/мин. Способ применяют преимущественно для резки труб и фасонного проката, когда надо избежать деформации сечения.

Недостатки способа — наплывы на торцах, шум при работе пилы, ограничивают его применение в заготовительном производстве.

Резка электро-механической пилой. Способ электроконтактной обработки, отличающийся от резки пилой трения тем, что металл в зоне реза не только разогревается трением, но и расплавляется электрической дугой. Схема резки приведена на рис. 33. Электроэнергия подводится к диску 1 и к заготовке 2 от трансформатора 3. Расплавленный металл выносятся из прорези вращающимся диском. В применяемых на производстве установках для этого способа резки диск вращается с частотой 2200 об/мин, сила тока до 1000 А, рабочее напряжение до 20 В. Производительность резки электро-механической дисковой пилой в несколько раз выше, чем резки обычной пилой трения, шум при работе меньше. Ширина прорези не превышает 3 мм. К преимуществам способа относятся применение дешевого и несложного инструмента, работа на переменном токе невысокого напряжения, низкие удельные усилия на инструменте (30—50 МПа).

Недостатки способа: низкая частота поверхности реза, изменение структуры металла в широкой зоне теплового влияния, необходимость защитного устройства от брызг металла и светового излучения.

Способ применяется для резки сортового проката из легированных сталей до диаметра 240 мм, труб и толстых алюминиевых листов. При диаметре диска 1000 мм применяют скорость 30 м/с.

Электроэрозионная (электроискровая) резка (рис. 34). Осуществляется дисковым или ленточным инструментом в ванне с жидким диэлектриком (керосин, вода и др.). В зазоре между инструментом — катодом 1 и резаемой заготовкой 2 возникают часто

повторяющиеся импульсы электрического разряда. Источник постоянного тока 5 заряжает через сопротивление 4 конденсатор 3, который несколько сотен раз в секунду разряжается через искровой промежуток между прутком и инструментом. В зоне реза, в микрообъемах резаемого металла плотность тока достигает сотен тысяч ампер на 1 мм², температура повышается до 10 000 °С, и происходит плавление, сгорание и испарение металла.

Способ пригоден для разрезания труднодеформируемых металлов. Обеспечивает возможность отрезки очень коротких заготовок и высокого качества резки. Недостатком способа являются малая стойкость инструмента, большой расход энергии.

В последние годы получает развитие электроэрозионно-химическая резка, при которой одновременно происходит анодное растворение и электроэрозионное микроразрушение металла. На современных станках при электроэрозионно-химической резке высокопрочных сплавов на основе титана, вольфрама, молибдена достигается производительность 25—27 см²/мин при рабочей подаче 25—30 мм/мин, ширине прорези 3,8—4 мм, шероховатости поверхности среза $Rz = 70$ мкм. Область структурных изменений металла не превышает 0,25—0,3 мм.

Диаметр сечения резаемого проката
Наружный диаметр диска
Толщина диска

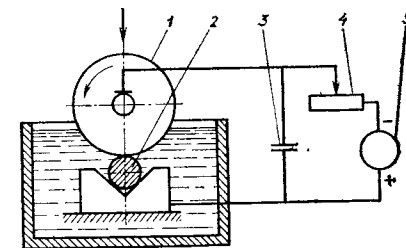


Рис. 34. Принципиальная схема электро-искровой резки

удалением движущимся инструментом частиц резаемого металла в поле постоянного электрического тока силой 45—80 А, напряжением 20—30 В. В зону пропила подается электролит — водный раствор жидкого стекла, расход которого при скорости подачи диска 10—27 мм/мин составляет 5—25 л/мин.

В практике применяют две схемы анодно-механической резки:

вращающимся тонким гладким диском и поступательно перемещающейся «бесконечной» лентой или проволокой.

Резущие диски изготавливают из низкоуглеродистой стали марок 08, 10, 20 или меди. Размеры их устанавливают в зависимости от размеров резаемого металла (мм).

До 30	30—100	100—200	200—300
До 200	200—400	500—700	800—1100
0,5	0,8—1	1,2—1,75	1,75—2,0

При резке лентой размеры ее поперечного сечения определяют из условия допустимой плотности тока 15 А/мм². Толщину ленты выбирают в пределах 0,5÷1,0 мм, ширину — в пределах 15÷40 мм. Концы ленты соединяют сваркой или пайкой.

Режим анодно-механической резки определяется электрическими (напряжение, сила тока) и механическими (скорость, давление инструмента) параметрами (табл. 36).

Количество рабочей жидкости, подаваемой в зону реза при разрезании дисковым инструментом, зависит от размеров проката.

Диаметр сечения разрезаемого проката, мм
Количество подаваемой жидкости, л/мин

До 30	30—100	100—200	200—300
5—10	10—15	15—20	25—30

36. Параметры режима анодно-механической резки стали

Диаметр сечения разрезаемого проката, мм	Напряжение, В	Сила тока, А
10—50	20—22	20—80
50—100	20—22	80—150
100—150	22—24	150—250
150—200	24—26	250—350
200—250	24—26	350—450
250—300	26—28	450—500

При резке ленточным инструментом количество подаваемой в зону реза жидкости на 40—50 % меньше, чем при резке диском.

Параметр шероховатости поверхности среза $Rz = 40 \div 160$ мкм. Глубина подкаленного слоя 0,05—0,08 мм. С увеличением скорости диска высота неровностей на поверхности среза и глубина подкаленного слоя убывают.

Ширина прорези в 1,3—2 раза больше толщины инструмента. Так, при разрезании прутков диаметром 50 мм диском ширина прорези в 2 раза больше толщины диска, а при разрезании лентой — в 1,5 раза. Скорость резания диском 15÷25 м/с, лентой — 20 м/с. Оптимальное давление инструмента на разрезаемый металл 0,05÷0,2 МПа. Производительность анодно-механической резки обычных конструкционных сталей равна производительности при резке их дисковыми пилами, а при резке труднодеформируемых сталей в 2—4 раза выше. Наибольшая производительность достигается при оптимальной скорости инструмента 16—20 м/с. Машинное время анодно-механической резки приведено ниже.

Диаметр, мм	60	80	100	150	200	250	300
Машинное время, мин	2,5	3,7	5,0	12,0	16,0	23,0	35,0

При квадратном сечении:

Сторона квадрата, мм	100	150	220
Машинное время, мин	6,0	14,0	23,0

Преимуществами анодно-механической резки являются возможность резки любых токопроводящих материалов; низкая стоимость инструмента и простота изготовления; малое силовое воздействие на разрезаемую заготовку, что позволяет резать нежесткие профили; малая ширина прорези.

Недостатки способа: высокая стоимость оборудования; необходимость применения специального электролита; необходимость промывки станка и деталей горячей водой; невысокая производительность; низкое качество поверхности среза; сложность защиты направляющих и других частей станка от жидкого стекла. Применение анодно-механической резки целесообразно в тех случаях, когда механическая разрезка невозможна или затруднена.

Газопламенная резка. Осуществляется сжиганием металла в струе кислорода, которая одновременно служит для удаления продуктов сгорания. Подогрев металла до температуры его воспламенения производится с помощью горючего газа (ацетилен, пропана, метана, паров бензина, керосина и др.), который пропускается через подогревающий наружный мундштук резака. Высокое качество резки обеспечивается только при горении металла в твердом состоянии.

Применяют два вида газопламенной резки: кислородную и кислородно-флюсовую.

Кислородная резка (рис. 35) применяется для низко- и среднеуглеродистых сталей, низколегированных сталей, титановых сплавов при толщине заготовки до 1500 мм. Ее используют также для зачистки металла от поверхностных дефектов.

Кислородная резка стали влияет на структуру металла в зоне резки

37. Глубина (мм) зоны термического влияния при кислородной резке углеродистой стали

Толщина разрезаемого металла, мм	Скорость резки, м/ч	Содержание в стали углерода, %	
		До 0,3	Св. 0,3
10	20	0,2—0,5	0,5—1,0
25	15	0,4—0,7	0,8—1,5
50	11	0,6—1,0	1,0—2,0
100	9	0,8—1,5	1,5—2,5
250	6	1,5—3,0	3,0—5,0

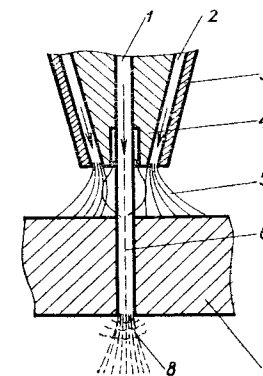


Рис. 35. Кислородная резка:

1 — канал для кислорода; 2 — канал для ацетилена; 3 — наружный мундштук; 4 — внутренний мундштук; 5 — подогревающий газовое пламя; 6 — струя режущего кислорода; 7 — разрезаемый металл; 8 — шлак

(табл. 37). У низкоуглеродистых сталей это влияние невелико. У высокоуглеродистых и легированных сталей в зоне термического влияния наблюдается существенное повышение твердости вследствие закалки, для уменьшения которого применяют подогрев перед резкой и замедленное охлаждение металла после резки.

Кислородная резка может быть ручной и машинной. Для ручной резки применяют резаки «Маяк», «Факел», «Пламя», РЗР-62, РУА-70, РУЗ-70 и другие, имеющие комплекты сменных мундштуков для получения пламени разной мощности. Для машинной резки используют переносные и

стационарные машины. На этих машинах можно выполнять резку по прямой линии, по окружности или сложному криволинейному контуру. Машины изготовляют с механическим, фотоэлектрическим, программным управлением.

Ширина прорези при кислородной резке зависит от толщины разрезаемого металла и составляет 2,5—10 мм. Она неравномерна по высоте. На выходной стороне ширина больше на 10—50 %, чем на входе. Ориентировочно ширину прорези можно определить по формуле $b = 2 + 0,035s$, где s — толщина разрезаемого металла. Значительная ширина прорези обуславливает большую потерю металла, достигающую 1—2 %.

38. Параметры кислородной резки стали универсальными резаками

Толщина, мм	Давление кислорода, МПа	Скорость резки, мм/мин	Ширина прорези, мм	Расход газа, м³/ч	
				кислорода	ацетилена
До 25	0,2—0,4	До 370	До 3	До 5,5	До 0,9
25—50	0,4—0,6	370—260	3—4	5,5—8,5	0,9—1,0
50—100	0,6—0,8	260—165	4—6	8,5—18,5	1,0
100—200	1,0—1,2	165—105	6—7	18,5—33,5	1,0—1,1
200—300	1,2—1,4	105—80	7—10	33,5—42	1,1—1,2

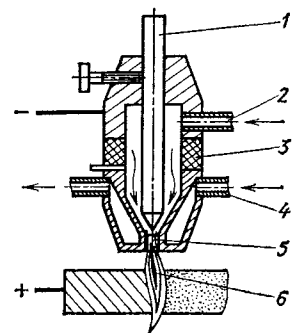


Рис. 36. Схема плазменно-дуговой резки; 1 — катод; 2 — подача газа; 3 — изолятор; 4 — система охлаждения; 5 — сопло; 6 — дуга и струя плазмы

Высота неровностей на поверхности раздела также зависит от толщины разрезаемого металла и достигает 1—4 мм при ручной резке и 0,25—2,5 мм при машинной.

К недостаткам кислородной резки наряду со значительной потерей металла следует отнести также большой расход кислорода (табл. 38) и загазованность помещения.

НИИПТМАШем разработана установка переносного типа УОПП-1 для резки заготовок толщиной 300—1200 мм со скоростью перемещения резака 33—330 мм/мин и машина для резки поковок на мерные части, отрезки прибыльных частей слитков и фигурной вырезки заготовок из плоских плит, которые могут быть эффективно использованы в кузнечно-заготовительном производстве.

Кислородно-флюсовая резка. Отличается от кислородной тем, что в зону раздела вместе с кислородом вводится флюс (железный порошок), который, сгорая, повышает температуру в зоне разрезки. Образующиеся шлаки разжижаются и легко удаляются кислородной струей. Способ применяется для резки заготовок из высоколегированных, хромистых, хромоникелевых сталей, сталей, содержащих вольфрам, меди и алюминиевых сплавов.

Для кислородно-флюсовой резки используют установки УРХС-5, УРХС-6, УРР-700 и другие, состоящие из флюсопитателя и резака с устройством для подвода флюса в зону разрезки. Установка УРХС-5 обеспечивает скорость прямолинейной резки 230—760 мм/мин

при давлении кислорода 0,5—1,0 МПа, расходе кислорода 4—38 м³/ч, расходе флюса 9—18 кг/ч, ацетилен 0,6—1,8 м³/ч.

Воздушно-дуговая резка. При этом способе резки металл расплавляется дугой, образующейся между заготовкой и неплавящимся угольным или графитовым электродом, и выдувается из полости реза сжатым воздухом, подаваемым под давлением 0,5—0,7 МПа. Способ находит ограниченное применение для резки низкоуглеродистой и низколегированной стали и широко используется для поверхностной обработки металла — заделки трещин, удаления дефектных участков.

Электроды имеют диаметр 6—12 мм, длину 300—350 мм. Нормальный расход воздуха составляет 20—40 м³/ч. Лучшие результаты дает резка на постоянном токе обратной полярности (минус на разрезаемом металле, плюс — на электроде). Наибольшая производительность — 600 мм²/с. Скорость резки углеродистых и низколегированных сталей толщиной до 30 мм составляет 0,4—0,5 м/мин.

После воздушно-дуговой резки остается зона термического влияния глубиной 0,8—2,0 мм с закалочной структурой металла. Зона термического влияния устраняется подогревом металла перед резкой. Дефектом резки является грат на кромках поверхности среза. Способ используют в том случае, если нельзя применить кислородную резку.

Плазменно-дуговая резка. Резка проводится струей плазмы. Плазма — вещество в состоянии сильно ионизированного газа. Вдоль электрической дуги по каналу плазмотрона подается газ (азот, аргон, водород или их смеси), который сжимает дугу и выходит в виде плазмы, имеющей температуру 10 000—30 000 °С (рис. 36).

Способ пригоден для резки любых металлов толщиной до 300 мм, но наиболее эффективен при резке высокопрочных тугоплавких сталей и сплавов, меди, алюминия. Ширина прорези при плазменно-дуговой резке непостоянна, что объясняется неодинаковой активностью разных участков режущей дуги. Глубина зоны термического влияния не превышает 0,8 мм.

Производительность способа зависит от толщины разрезаемого проката. Так, при резке коррозионно-стойкой стали толщиной 100 мм производительность 280 см²/мин, а при толщине 300 мм — 150 см²/мин.

Плазменная резка более экономична, чем разрезка пилами. Перспективны конструкции установок и полуавтоматических линий для плазменно-дуговой резки, в которых полностью автоматизированы вспомогательные операции — поштучная выдача проката из связки, штабелирование отрезаемых заготовок, уборка отходов, а управление механизмом перемещения плазмотрона осуществляется с помощью ЧПУ.

Лазерная резка. В последние годы получает развитие разрезание лазерным лучом, при котором невидимый мощный луч когерентного монохроматического света расплавляет, испаряет металл и разрезает его в экзотермической реакции с использованием кислорода в качестве режущего газа.

Резку лазером, работающем на углекислом газе, применяют для многих металлов, которые поглощают (абсорбируют) лазерное излучение и имеют относительно невысокую теплопроводность (стали, титановые сплавы и др.). Скорость резки обратно пропорциональна толщине материала, прямо пропорциональна мощности лазерного излучения. Применение лазерной резки наиболее эффективно для получения заготовок с контуром сложной формы из листов толщиной до 10 мм, резки труднообрабатываемых металлов. Возможны вырезы по контурам с малыми радиусами скругления, острыми углами, узкими перемычками.

Лазерная резка относится к числу прогрессивных, развивающихся способов благодаря следующим преимуществам перед другими видами резки: не требуется изготавливать инструмент; отсутствует силовое воздействие на разрезаемый металл; возможна вырезка сложных контуров с острыми углами и малыми радиусами, с точностью размеров до 0,05 мм; низкий уровень шума; узкая прорезь (0,13—0,38 мм); малая зона термического влияния (0,1—0,2 мм); отсутствуют утяжина, скругление кромок и заусенцы; высокая скорость резания (до 15 м/мин); гладкая поверхность реза

($Ra = 20$ мкм); малое подготовительное-заключительное время; простота программирования вырезки контуров с помощью ЧПУ. Эффективно применение лазерной резки в комплексе со штамповкой на специализированных прессах с ЧПУ.

Отходы металла при резке. Радио нальй раскрой. Отходы металла при раскросе проката следующие: концевые обрезки, прорезка, некрatность, опорные концы.

Концевые обрезки — отходы при удалении дефектных концов прутка. При резке в штампах и на ножницах длина концевых обрезков составляет $l_{обр} \geq 0,5a$ (a — высота сечения). Меньшая длина обрезка может привести к образованию дефектов на торце мерной заготовки.

Прорезка — отход, зависящий от толщины инструмента (резца, фрезы, полотна пилы). При резке в штампах и на ножницах он равен нулю.

Некратность — отход, вызванный колебанием длины прутка и немерностью последней заготовки. Средневероятная (расчетная) длина некрatности определяется по формуле $l_n = 0,5l$.

Длина проката, поставляемого металлургическими заводами, бывает кратной мерной, мерной с остатками (образующимися при раскросе), кратной мерной с остатками и немерной. Прокат кратной и мерной длины поставляется с доплатой к оптовой цене. Прокат немерной длины будет рациональной формой заказа, если стоимость потерь металла при раскросе не превышает доплаты за прокат кратной длины (с учетом возможности использования концевых остатков для другого изделия или реализации его как отхода).

Длина немерного проката колеблется в интервале, регламентированном стандартами (L_6 — наибольшая, L_m — наименьшая длина). В партии допускается Π % укороченных (маломерных) штанг длиной не меньше $L_{ук}$.

Расчетную длину проката определяют по формуле

$$L_p = \frac{L_6 + L_m}{2 + K},$$

39. Припуски (мм) на отрезку заготовок от сортового проката

Диаметр заготовки или наибольшая высота сечения, мм	Способ резки								
	на ножовочном отрезном станке	пилой круглой сегментной	пилой дисковой фрикционной	анодно-механической резкой	абразивным кругом	кислородной резкой	отрезным резцом		
							прямым	изогнутым	дисковым
До 18	2,5	—	3,0	1,0	4,0	2,5	2,5	—	3,5
Св. 18 до 30	2,5	4	4,0	1,0	4,0	3,0	3,5	—	4,0
Св. 30 до 50	2,5	4	5,0	1,5	5,0	3,5—4,5	4,0	—	—
Св. 50 до 80	2,5	5,5	6,0	2,0	5,0	4,5—5,5	—	5,5	—
Св. 80 до 120	3,0	6,5	8,0	2,0	5,0	5,5—6,5	—	6,5	—
Св. 120 до 180	3,0	7,5	8,0	3,0	5,0	6,5—7,5	—	—	—
Св. 180	3,0	8,5	10,0	3,0	—	—	—	—	—

где K — коэффициент, учитывающий влияние укороченных штанг в партии:

$$K = \frac{P}{100} \frac{L_6 - L_{ук}}{L_m + L_{ук}}$$

При расчетах значение L_p округляют (унифицируют) до стандартных значений. Отход по некратности резко возрастает при $L_p/l < 10$.

Опорный конец — отход, равный концевому отрезку штанги, необходимому для поперечного зажима при отрезке последней заготовки. Его длина $l_{ок} \approx (0,8+1,0) d$. Если этот отрезок оказывается меньше длины $l_{пз}$ участка, необходимого для поперечного зажима, то его приходится увеличивать на длину заготовки, и отход металла в опорный конец возрастает.

Для заказа проката диаметр сечения заготовки определяют по формуле

$$d_3 = d_{max} + \Delta d,$$

где d_{max} — максимальный диаметр детали по чертежу; Δd — припуск на обработку, зависящий от требуемой чистоты и точности обработки, устанавливается по отраслевым нормативам.

При заказе принимают диаметр сечения прутка $d \geq d_3$. Размер заготовки по длине определяют по формуле $l_3 = l_{max} + 2\Delta l$, где l_{max} — максимальная длина детали по чертежу; Δl — припуск на обработку торцов (по отраслевым нормативам).

Исходную длину сортового проката устанавливают исходя из фактического размера заготовки детали l_3 по длине, принятого метода раскроя; минимальных потерь на отрезку, на отходы по некратности и экономически целесообразного сокращения заказа различных сортразмеров проката.

Рациональный раскрой заключается в подборе экономически целесообразного варианта расположения загото-

40. Припуски на отрезку заготовок из труб, мм

Диаметр трубы, мм	Способ резки	
	на ножовочном отрезном станке	дисковой пилой
До 25	2,5	—
26—50	2,5	—
51—100	2,5	5,0
101—150	3,0	5,0
151—200	3,0	6,0
201—250	3,0	6,0
251—300	—	7,0
301—350	—	7,0
Св. 351	—	8,0

вок в прокате с учетом имеющегося оборудования. Цель решения задачи раскроя заключается в определении наименьшего расхода металла на заданный комплект заготовок. Показателем экономичности раскроя явля-

ется коэффициент раскроя, определенный по формуле

$$K_p = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{L} \cdot 100,$$

где l_i — полезная длина i -й заготовки, мм; L — средняя расчетная длина прутка, мм.

Раскрой прутковых материалов выполняют индивидуальным или комбинированным методом. При индивидуальном раскрое штангу раскраивают на заготовки одного размера. Этот метод наиболее удобен для серийного и массового производств. Сущность группового метода заключается в предварительном расчете и планировании вариантов резки проката комплектно на разные заготовки. Задача решается путем математического программирования с использованием ЭВМ. Применение экономико-математических методов и электронно-вычислительных машин для оптимального рас-

41. Допуски на длину заготовок при некоторых способах резки

Диаметр или сторона квадрата, мм	Допуск (\pm) при длине заготовки, мм			
	До 300	300—600	600—1000	Св. 1000
В штампах				
До 10	До 0,6	0,6—0,7	0,7—0,8	0,8—0,9
10—20	0,6—0,7	0,7—0,8	0,8—0,9	0,9—1,0
20—30	0,7—0,8	0,8—0,9	0,9—1,0	1,0—1,1
30—40	0,8—0,9	0,9—1,0	1,0—1,1	1,1—1,3
40—50	0,9—1,0	1,0—1,1	1,1—1,2	1,3—1,6
На сортовых ножницах				
До 25	До 0,8	0,8—1,0	1,0—1,5	1,5—2,0
25—40	0,8—1,0	1,0—1,5	1,5—2,0	2,0—2,5
40—70	1,0—1,5	1,5—2,0	2,0—2,5	2,5—3,0
70—100	1,5—2,0	2,0—2,5	2,5—3,0	3,0—3,5
100—150	2,0—2,5	2,5—3,0	3,0—3,5	3,5—4,0
150—200	2,5—3,0	3,0—3,5	3,5—4,0	4,0—4,5
На ножовочно-отрезных станках				
До 50	До 0,8	0,8—1,0	1,0—1,3	1,3—1,5
50—70	0,8—1,0	1,0—1,3	1,4—1,5	1,5—1,8
70—100	1,0—1,3	1,3—1,5	1,5—1,8	1,8—2,0
100—130	1,2—1,4	1,4—1,6	1,6—1,9	1,9—2,1
130—160	1,3—1,5	1,5—1,8	1,8—2,0	2,0—2,2
160—200	1,4—1,6	1,6—2,0	1,9—2,1	2,2—2,6

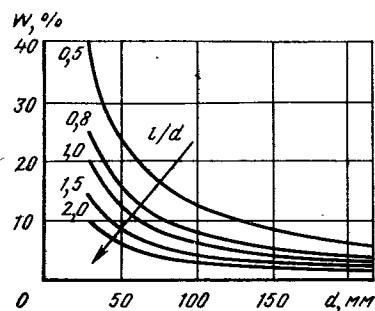


Рис. 37. Отходы w металла при разрезке дисковыми пилами или резаками в зависимости от диаметра d прутка и относительной длины l/d заготовки

кроя позволяет повысить коэффициент использования пруткового металла на 2—6 %.

Выбор способа разделения металла на заготовки. Заготовки требуемого качества могут быть получены разными способами отрезки. При выборе наиболее рационального способа надо учитывать вид и свойства разрезаемого металла, форму и размеры сечения, относительную длину заготовок, требования к ним, отходы металла

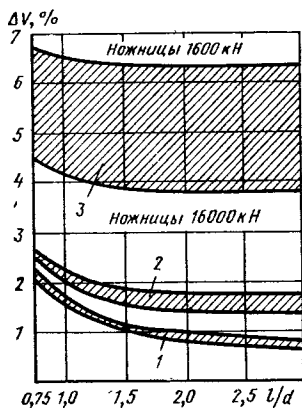


Рис. 38. Погрешность объема ΔV заготовок среднего размера сечения при отрезке на сортовых ножницах усилием 1600—16 000 кН:
1 — дозирование взвешиванием первой заготовки; 2 — дозирование взвешиванием прутка; 3 — без дозирования

(табл. 39—41). На выбор способа разрезки влияет годовой объем производства заготовок. Рациональным способом разрезки будет тот, который, обеспечивая получение заготовок необходимого качества, наиболее экономичен при заданном объеме производства. Самым производительным, металлосберегающим и экономичным способом разделения проката на точные заготовки является разрезка в штампах и на ножницах. Разрезка проката в штампах и на современных сортовых ножницах обеспечивает существенную экономию металла по сравнению с разрезкой на пилах или с отрезкой на токарных станках (рис. 37). Поэтому при выборе способа разрезки надо прежде всего рассмотреть возможность использования этого способа. Целесообразность применения дозатора при разрезке на ножницах можно ориентировочно оценить по графику, приведенному на рис. 38.

При организации заготовительного производства целесообразность приобретения сортовых ножниц можно определить расчетом технико-экономической эффективности по методике и нормативам, разработанным ЭНИК-МШем.

Если нельзя использовать разрезку в штампе или на ножницах, то надо рассмотреть возможность применения холодной ломки. Разрезку на пилах и других отрезных станках следует применять в единичном и мелкосерийном производстве, а в серийном и массовом производстве лишь в том случае, если к заготовкам предъявляют очень высокие требования по качеству поверхности реза или при отсутствии необходимого оборудования для разрезки проката большого сечения.

Для труднообрабатываемых, термически упрочненных металлов приходится применять разрезание абразивными дисками, плазменно-дуговую, анодно-механическую, лазерную резку. Для разрезки проката сложных профилей, отрезки литников и прибылей применяют ленточные пилы. Рациональные области применения разных способов разрезки приведены в табл. 42.

42. Области применения способов разрезки

Способ разрезки	Ширина прорези, мм	Область применения	
Отрубка	0	Разделение проката в скоростных машинах «МИР»	
	2—25	Отделение заготовок под ковку и штамповку	
Обкатка клиновым инструментом	0	Разделение прутков и труб диаметром до 60 мм из металлов средней и высокой твердости на заготовки длиной более 0,8 диаметра	
Ломка холодная	0	Разделение сортового проката из твердых металлов на заготовки длиной более 0,8 диаметра	
Разрезка в штампах и на ножницах	0	Основной способ разрезки сортового проката из разных металлов на мерные заготовки длиной более 0,6 диаметра. Разрезка алюминиевых и медных прутков диаметром до 60 мм на точные короткие заготовки длиной менее 0,8 диаметра	
Разрезка кручением	0	Ограниченное применение для разрезки толстостенных труб из среднеуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей на заготовки длиной более 0,8 диаметра	
Разрезка зубчатыми пилами	Дисковыми	4—14	Разрезка профилей, проката, труб диаметром до 600 мм на точные заготовки любой длины
	Ленточными	0,8—2,2	Разрезка сложных фасонных профилей, отрезка литников и прибылей
	Ножовочными	2,5—4	Разрезка проката, профилей, труб в единичном, мелкосерийном и серийном производствах
Разрезка на токарно-отрезных станках	2—10	Разрезка круглого проката и труб диаметром до 120 мм при высоких требованиях к точности заготовок в единичном и мелкосерийном производствах	

Продолжение табл. 42

Способ резки	Ширина прорези, мм	Область применения
Разрезка абразивными кругами	1—2,5	Высокопроизводительная резка проката и труб любого профиля из труднообрабатываемых и закаленных металлов на точные заготовки
Резка фрикционными пилами	4—8	Разрезка труб и фасонного проката при допустимости шероховатой поверхности среза и наплывов на торцах, преимущественно в металлургическом производстве
Резка электромеханической пилой	2—3	Вместо резки фрикционной пилой
Резка электроэрозионная	2—5	Разрезка труднодеформируемых металлов и сплавов
Анодно-механическая резка	0,5—2,0	Разрезка металлов любой твердости и любых форм сечения в тех случаях, когда механическая резка затруднена
Кислородная резка	2,5—10	Зачистка и разрезка низко- и среднеуглеродистых сталей, титановых сплавов при толщине 50—2000 мм в основном и мелкосерийном производстве
Кислородно-флюсовая резка	2,5—10	Разрезка высоколегированных, хромистых, хромоникелевых, вольфрамовых сталей и медных сплавов толщиной до 500 мм
Воздушно-дуговая резка	6—12	Разрезка низкоуглеродистой и низколегированной стали, поверхностная обработка — разделка трещин, зачистка дефектных участков
Плазменно-дуговая резка	4—12	Разрезка труднообрабатываемых сталей, цветных металлов, тугоплавких металлов толщиной до 300 мм
Лазерная резка	0,13—0,38	Разрезка и вырезка заготовок сложного контура из листового труднообрабатываемого металла толщиной до 10 мм с высокой точностью

Глава 5 ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ КОВКИ И ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ

1. ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ИНТЕРВАЛЫ КОВКИ СТАЛИ И СПЛАВОВ

Температурный интервалковки является одним из основных термомеханических параметров, без знания которого невозможна разработка технологического процессаковки. Под термином «температурный интервалковки» подразумевается максимальная температура нагрева металла в печи и температура окончанияковки поковки. Температурный интервалковки имеет верхний и нижний пределы. Для одной и той же стали (сплава) температурные интервалыковки и штамповки могут иметь разные значения. Объясняется это тем, чтоковка проводится за несколько ударов молота или ходов прессы (дробная деформация), а штамповка на механических прессах или на автоматах (кроме молотов), как правило, за один ход. Тепловой эффект деформации и потеря тепла при ковке и штамповке разные.

Максимальная температура нагрева металла в печи перед ковкой, т. е. верхний предел температурного интервалаковки, не совпадает с температурой началаковки, а всегда выше последней. Объясняется это тем, что при переносе металла из печи к кузнечному агрегату температура поверхностных слоев нагретого тела снижается из-за потери тепла излучением в окружающую среду, а также теплопроводностью через инструмент и конвективными потоками. Температура внутренних слоев массивных слитков и заготовок остается на том же уровне, что была в печи. Нижний предел температурного интервалаковки — это температура поверхности поковки в момент последнего хода прессы или удара молота.

Температурный интервалковки зависит от химического состава стали (сплава), металлургической технологии, структуры (литая или деформированная), скорости деформирования

(молот, пресс), степени деформации (дробная или единичная, частная и суммарная), схемы напряженного состояния (осадка, протяжка, отрубка) и массы поковки.

Чем сложнее химический состав, тем уже температурный интервалковки. Так, например, у стали 20 температурный интервалковки 1280—700 °С, т. е. составляет 580°, а у сплава ХН35ВТЮ — 1170—900 °С, т. е. только 270°. Слитки в зависимости от химического состава в ряде случаев имеют более узкий или более широкий температурный интервалковки, чем заготовки. Однако возможность перегрева металла с литой структурой исключена, а с деформированной вполне реальна. При ковке на молоте температурный интервал деформирования уже, потеря тепла в инструмент и окружающую среду меньше, чем на прессе, благодаря менее продолжительному контакту.

Требуемая степень деформации или объем ковочных работ оказывают влияние на максимальную температуру нагрева. Если нагрев ведется для интенсивных обжатий, т. е. для больших деформаций, то максимальная температура нагрева должна быть выше, чем, например, для последнего прохода или отрубки. Нагрев перед первым выносом должен отличаться от нагрева перед последним, который формирует и предопределяет структуру и механические свойства поковки до и после термической обработки. В случае интенсивных обжатий ковку надо заканчивать при более высокой температуре, чем проглаживание. Схема напряженного состояния также влияет на температурный интервалковки. Для протяжки, где преобладают растягивающие напряжения, температура нагрева должна быть выше, чем для осадки, где преобладают сжимающие напряжения. Масса поковки влияет на сохранение температуры металла и на тепловой эффект. При ковке крупных поволоков тепловой эффект выше,

чем при ковке мелких заготовок, так как с увеличением массы металла отношение площади O свободной поверхности к объему V уменьшается. В то же время работа деформации A с увеличением размеров слитка (поковки) растет. Например, для куба длиной ребра a отношение $O/V = 6/a$. Во сколько раз увеличилось a , во столько раз уменьшилось отношение O/V . Уменьшение отношения O/V влечет за собой снижение потерь тепла через инструмент и излучением в окружающей среде. С другой стороны, благодаря увеличению работы деформации A при ковке крупных поковок тепловыделение внутри поковки за счет теплового эффекта возрастает. Очаг деформации у крупных поковок более удален от контактных и свободной поверхностей, чем у мелких заготовок. Оба фактора — большее тепловыделение и меньшая удельная потеря тепла — обуславливают у крупных поковок температуру осевой зоны более высокую, чем у мелких заготовок.

Повышение температуры нагрева слитка перед ковкой и снижение температуры поверхности в конце ковки в сочетании с тепловым эффектом за счет работы деформации повышают градиент температур между поверхностью и осевой зоной. Благодаря этому увеличивается доля сжимающих напряжений, действующих на осевую зону в процессе протяжки.

Повышение температуры нагрева слитка способствует росту пластичности, интенсифицирует диффузионные процессы: гомогенизацию химического состава и структуры, рекристаллизацию и, как следствие, разупрочнение и «залечивание» дефектов. Все это позволяет вести ковку с большими обжатиями за ход прессы, сократить число подогревов, повысить качество поковок и производительность ковки. Понижение температуры конца ковки в ряде случаев действует в этом же направлении.

Учитывая все перечисленное, следует различать *допустимый* и *рациональный температурные интервалы ковки*. *Допустимый интервал* является универсальной характеристикой данной стали (сплава) для обработки давлением. Он не зависит от размеров и формы поковки, процесса, операции, оборудования и др. *Допустимый тем-*

пературный интервал ковки устанавливается по результатам исследования на образцах механических свойств (пластичности, сопротивления деформации и упрочнения), а также рекристаллизации (первичной, собирательной и вторичной) металла, подлежащего деформации. *Рациональный интервал* устанавливается на основе допустимого интервала и опыта освоения технологического процесса изготовления конкретной поковки в конкретных условиях данного кузнечного цеха (кузнечно-прессовое оборудование, печь, расстояние от печи до машины, инструмент и т. п.) и последующей термической обработки с учетом требований к металлу поковки по ТУ. Если нет ТУ, температурный интервал должен быть таким, чтобы обеспечивалась наилучшая структура и свойства металла поковки.

Методика установления допустимого температурного интервала ковки следующая. Из слитка, если требуется установить температурный интервал ковки литого металла, в трех взаимно перпендикулярных направлениях (аксиальном, радиальном и тангенциальном) вырезают образцы для механических испытаний из различных зон слитка: столбчатой, равноосной и осевой. Механические испытания проводят на растяжение, кручение и ударный изгиб при 20—1300 °С. Столь широкий диапазон температур вызван необходимостью выявить зоны пониженной пластичности или хрупкости и учесть их при назначении режимов нагрева и охлаждения.

По зависимости показателей пластичности $\delta_b, \delta, \psi, \gamma$, прочности $\sigma_{0,2}, \sigma_b, \sigma_{ш}, \tau_{0,2}, \tau_b$, ударной вязкости KCV и ковкости K_f от температуры строят *диаграммы пластичности*. По ним находят область температур наиболее высокой пластичности и наиболее низкого сопротивления деформации. С учетом необходимости создания резерва температуры (на ошибку пирометрии, существующий неуправляемый перепад температур по высоте, длине и ширине печи др.) устанавливают допустимый температурный интервал ковки. Это температуры, при которых металл имеет наиболее высокие значения пластичности, ударной вязкости и наиболее низкие значения прочности. По кривым прочности устанавливают

1. Температурные интервалы ковки, °С

Сталь (сплав)	Максимальная температура нагрева металла перед ковкой		Минимальная температура окончания ковки			
	Слиток	Заготовка	Интенсивное обжатие		Проглаживание	
			Слиток	Заготовка	Слиток	Заготовка
Ст0	1280	1300	750	700	700	700
Ст2сп, Ст2пс, Ст2кп, Ст3сп, Ст3пс, Ст3кп	1280	1300	750	750	700	700
Ст5сп, Ст5пс	1260	1260	750	750	700	700
Ст6сп, Ст6пс	1250	1250	780	780	700	700
10, 10кп, 15, 15кп	1280	1300	750	700	700	700
20, 25, 30, 35	1280	1280	750	750	700	700
40	1250	1250	780	800	700	700
45	1250	1250	780	750	700	700
50	1250	1250	800	800	700	700
55	1240	1240	800	800	730	730
60	1220	1220	800	800	700	700
15X, 20X, 15K, 20K, 22K	1260	1260	800	750	700	700
35X, 40X	1250	1250	800	800	700	700
45X, 50X	1220	1250	800	780	700	760
20Г	1260	1260	800	750	700	700
30Г, 40Г	1220	1250	800	800	750	760
50Г	1220	1250	800	780	750	760
10Г2	1200	1250	750	800	750	780
45Г2	1200	1200	800	800	750	750
50Г2	1200	1200	830	800	760	750
65Г	1200	1250	800	780	750	760
20ХН	1200	1250	850	860	780	800
40ХН	1220	1250	800	860	700	800
45ХН	1220	1200	800	800	750	700
50ХН, 60ХН	1220	1200	800	800	700	700
12ХН2	1230	1250	820	860	760	800

Продолжение табл. 1

Сталь (сплав)	Максимальная температура нагрева металла перед ковкой		Минимальная температура окончанияковки			
			Интенсивное обжатие		Проглаживание	
	Слиток	Заготовка	Слиток	Заготовка	Слиток	Заготовка
12ХН3А, 20ХН3А, 30ХН3А	1220	1220	800	800	750	750
12Х2Н4А	1220	1200	850	800	850	750
20Х2Н4А	1200	1200	800	800	700	700
38ХС	1200	1200	800	800	700	700
15ХМ	1260	1260	800	750	700	700
20ХМ	1220	1220	800	800	700	700
30ХМ, 30ХМА	1220	1260	800	800	700	760
34Х1МА	1240	1220	800	800	700	700
35ХМ	1220	1260	800	800	700	760
75ХМ	1220	1200	800	800	700	700
40ХФА	1220	1250	800	860	750	800
50ХФА	1200	1180	800	800	800	800
12Х1МФ, 20Х3МВФ	1240	1240	800	780	700	700
25Х1МФ	1220	1180	850	850	850	850
15Х5М (Х5М)	1200	1200	800	800	750	750
36Х2Н2МФА	1180	1240	780	780	700	700
38ХН3МФА	1180	1180	780	780	780	780
18ХГТ	1220	1200	800	800	750	700
30ХГС, 30ХГСА	1240	1240	800	800	700	700
35ХГСА	1200	1250	800	860	700	800
38ХГН	1200	1200	800	800	700	700
34ХН3МА, 34ХН1М, 34ХН3М	1240	1240	800	780	700	700
38Х2Н2МА, 40ХН2МА, 18Х2Н4МА	1200	1200	800	800	700	700

Продолжение табл. 1

Сталь (сплав)	Максимальная температура нагрева металла перед ковкой		Минимальная температура окончанияковки			
			Интенсивное обжатие		Проглаживание	
	Слиток	Заготовка	Слиток	Заготовка	Слиток	Заготовка
40ХН2МА	1220	1220	800	800	750	750
45ХНМ	1220	1200	800	800	700	700
60ХГ	1220	1220	800	800	750	750
40Х13	1200	1200	850	850	800	800
14Х17Н2	1250	1230	900	900	800	800
12Х17	1220	1250	900	900	800	800
08Х17Т	1220	1220	900	900	800	800
15Х25Т	1160	1160	800	800	800	800
08Х22Н6Т	1200	1180	800	800	800	800
12Х21Н5Т	1180	1180	800	800	800	800
P18	1200	1200	850	850	850	850
55С2, 60С2, 60С2А	1200	1200	800	800	700	700
ШХ15, ШХ15СГ	1150	1150	800	800	720	720
9Х1, 9Х2, 9ХФ, 9Х2МФ	1180	1180	800	800	750	750
90ХМФ	1180	1180	800	800	760	760
9ХС	1180	1180	800	800	800	800
95Х18	1180	1180	850	850	850	850
У7, У7А	1150	1180	800	800	700	750
У8, У8А, У10, У10А	1150	1180	800	800	720	750
У12, У12А	1150	1160	800	800	700	700
Х12М	1170	1170	850	850	800	800
Х12Ф1	1160	1160	850	850	850	850
ХВГ	1150	1180	800	800	750	750
7Х3	1180	1180	800	800	800	750
5ХГМ	1200	1200	800	800	700	700
5ХНМ	1240	1240	800	800	700	700
4Х2В2МФС	1220	1220	850	850	850	850
6Х6В3МФС, 8Х4В3М3Ф2	1180	1180	800	800	800	800
08Х13	1220	1200	850	850	850	850
12Х13	1230	1230	850	850	800	800
20Х13, 30Х13, 13Х11Н2В2МФ	1250	1250	850	850	750	750
10Х14Г14Н4Т, 12Х17Г9АН4	1160 1170	1160 1170	800 900	800 900	800 900	800 900

Продолжение табл. 1

Сталь (сплав)	Максимальная температура нагрева металла перед ковкой		Минимальная температура окончанияковки			
			Интенсивное обжатие		Проглаживание	
	Слиток	Заготовка	Слиток	Заготовка	Слиток	Заготовка
10X17H13M2T, 08X15H24B4TP	1180	1180	850	850	850	850
10X17H13M3T, 09X14H19B2BP1, 45X14H14B2M	1160	1160	850	850	850	850
12X18H9, 17X18H9, 12X18H12T	1200	1200	850	850	800	800
12X18H9T, 08X18H10, 12X18H10T	1200	1200	850	850	850	850
08X18H10T	1180	1220	900	950	850	900
40X9C2, 36X18H25C2, 18X12BMБФР	1200	1200	850	850	850	850
15X12BHMФ, 20X12BHMФ	1230	1230	900	900	850	850
18X11MHФБ	1200	1180	800	800	800	800
37X12H8Г8MФБ	1170	1220	850	950	800	900
09X14H19B2BP1	1180	1160	800	800	800	800
08X16H13M2Б, 31X19H9MBТ	1220 1230	1220 1230	880 900	880 900	850 850	850 850
20X20H14C2, 20X25H20C2	1170	1170	850	850	800	800
20X23H13, 20X23H18	1220	1220	900	900	800	800

Продолжение табл. 1

Сталь (сплав)	Максимальная температура нагрева металла перед ковкой		Минимальная температура окончанияковки			
			Интенсивное обжатие		Проглаживание	
	Слиток	Заготовка	Слиток	Заготовка	Слиток	Заготовка
XH35BT	1170	1170	850	850	850	850
XH35BTЮ XH78T	1110 1220	1110 1220	900 850	900 850	900 850	900 850
XH67BMTЮ	1180	1180	950	950	950	950
XH77TЮP, XH80TБЮ, XH70BMTЮT	1180	1180	900	900	900	900
XH70BMTЮ XH65BMTЮ XH75BMTЮ	1170 1180 1180	1180 1180 1180	950 950 1040	950 950 1040	950 950 1040	950 950 1040

температуру резкого падения прочностных характеристик, т. е. температуру начала разупрочнения.

Склонность металла к рекристаллизации, и в частности к образованию крупного зерна и грубой разнородности, выявляют путем построения диаграмм рекристаллизации III рода, на которых отражают размеры зерен и особенности микроструктуры в состоянии после деформации, а также после стандартной для данного сплава термической обработки. По диаграмме рекристаллизации III рода выбирают температурную зону деформации, при которой после термической обработки прошла первичная или собирательная рекристаллизация, и структура состоит из однородных без разнородности зерен требуемого номера. Таким образом, по диаграммам пластичности и рекристаллизации устанавливают допустимый температурный интервалковки.

Особое значение имеет установление температуры нагрева перед последним (или последними) выносом при ковке крупных поковок. Когда деформация

невелика, производится проглаживание, правка, отрубка и т. п. Известно, что после нагрева в печи крупных заготовок температура внутренних слоев не успевает снизиться за время переноса из печи к прессу, а также в процессе самойковки. В этом случае высокая температура нагрева, способная вызвать образование очень крупных зерен в сочетании с критическими степенями деформации, может привести к нежелательной структуре как микро, так и макро. Поэтому для обеспечения требуемого размера зерна и свойств металла температура нагрева для последних выносов должна быть ниже, чем для первых.

При разработке технологического процесса и освоенииковки конкретной поковки из заданной стали по допустимому температурному интервалуковки устанавливают рациональный температурный интервалковки. Эти два параметра могут различаться между собой. Рациональный учитывает и отражает конкретные условия данного кузнечного цеха, форму и раз-

меры данной поковки, принятый технологический процесс, режим дальнейшей термической обработки и требования ТУ на поковку.

В табл. 1 приведены допустимые температурные интервалыковки слитков и заготовок стали и сплавов. При пользовании таблицей необходимо учитывать, что указанные пределы являются рекомендуемыми и могут быть откорректированы в зависимости от назначения и требований, предъявляемых к выпускаемому поковкам, и возможностей оборудования. Температурные интервалыковки составлены в результате обобщения, систематизации и методической обработки заводских инструкций и нормалей по нагреву слитков и заготовок перед ковкой. Эти интервалы являются наиболее широкими, но уже достигнуты отдельными заводами. Следует иметь в виду, что использование на других заводах рекомендуемых параметров и назначение рациональных температур нагрева и концаковки возможны только после предварительного опробования их и корректировки с учетом местных условий: металлургической технологии, объемаковочных работ, размеров поковки, величины садки, состояния печного оборудования, пирометрии и др.

Зная максимальную температуру нагрева металла перед ковкой и учитывая специфику конкретной печи, можно установить максимальную температуру ее нагрева. Для этого необходимо экспериментально выявить для конкретных печей существующие перепады температур и разность между показаниями печных термопар и температурой металла.

2. НАГРЕВ СТАЛИ ПОД КОВКУ И ОБЪЕМНУЮ ШТАМПОВКУ

При нагреве стальных слитков и заготовок под ковку и штамповку должны быть обеспечены требуемая температура, равномерное распределение температуры по поверхности и по сечению, минимальное окисление и обезуглероживание поверхности, сохранение целостности нагреваемого материала, т. е. отсутствие микро- и макротрещин. Различают технически возможную и допустимую скорость нагрева. Техни-

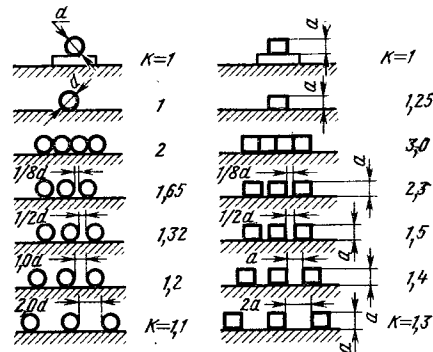


Рис. 1. Значения коэффициента *K*, учитывающего влияние взаимного расположения заготовок на лоду печи во время нагрева

чески возможная скорость нагрева зависит в основном от разности температуры печи и конечной температуры нагрева поверхности заготовки или слитка. С такой скоростью можно нагревать катаные и кованные заготовки диаметром или стороной квадрата до 200 мм. Продолжительность нагрева таких заготовок из углеродистой конструкционной стали при одиночном расположении их в печи приведена в табл. 2.

В табл. 3 приведена продолжительность нагрева заготовок от 700—до 1250 °С в печи с температурой 1300—1350 °С. Здесь же даны формулы для определения продолжительности нагрева до 700—750 °С.

Нагрев заготовок с размером сечения (диаметр или сторона квадрата) более 200 мм приходится вести не с технической возможной, а с допустимой скоростью, которая обусловлена термическими напряжениями и механическими свойствами (пластичностью) нагреваемого металла.

В табл. 4 приведены режимы нагрева заготовок с размером сечения 200—350 мм. При определении продолжительности нагрева (*t*) заготовок и слитков небольшого сечения (до диаметра или стороны квадрата 300—350 мм) в методических и полуметодических печах можно пользоваться приближенной формулой

$$t_{нагр} = Kd,$$

где *d* — диаметр или меньшая сторона сечения нагреваемого тела; коэф-

2. Продолжительность (мин) нагрева кованных и катаных заготовок из углеродистой конструкционной стали при одиночном расположении в печи (данные ЦНИИТМАШа)

Диаметр или сторона квадрата, мм	Температура рабочего пространства, °С											
	1200		1300		1400							
	Конечная температура нагрева заготовки, °С, не более											
	1100	1150	1200	1250	1200	1250						
	Профиль заготовки											
	круглый	квадратный	круглый	квадратный	круглый	квадратный	круглый	квадратный	круглый	квадратный	круглый	квадратный
10	2,5	3,0	3,0	3,5	2,0	2,5	2,0	3,0	1,0	1,5	1,0	1,5
20	4,5	5,5	6,0	7,5	3,0	4,5	4,0	5,0	1,5	2,0	1,5	2,0
30	7,0	9,0	8,5	11,0	5,0	6,0	6,0	8,0	2,5	3,0	2,5	3,0
40	10,0	13,0	11,5	14,5	6,5	8,0	8,0	10,5	3,5	4,5	3,5	4,5
50	12,5	16,0	15,0	19,5	8,0	10,5	10,5	13,5	4,5	5,5	4,5	5,5
60	15,0	19,5	18,0	23,0	10,0	13,0	12,5	16,0	5,0	6,5	5,5	7,0
70	17,0	22,5	21,0	27,0	12,0	15,0	14,5	19,0	6,0	7,5	6,5	8,0
80	20,5	26,5	24,5	31,5	14,0	17,5	16,5	22,0	7,0	9,0	7,5	9,5
90	23,5	30,5	27,5	35,5	16,0	20,0	19,0	24,5	8,0	10,5	8,5	11,0
100	26,0	33,5	31,0	40,0	18,0	23,0	21,0	27,5	9,0	11,5	10,5	13,0
110	29,5	38,0	35,0	45,5	20,0	26,0	23,5	30,5	10,5	13,5	11,5	15,0
120	32,5	41,5	38,5	50,0	22,5	29,5	26,0	33,5	12,0	15,0	13,0	17,0
130	36,0	46,5	42,5	55,0	25,0	32,5	29,0	38,0	13,0	16,5	14,0	18,0
140	39,0	50,5	46,0	59,5	27,5	36,0	32,0	41,5	14,0	18,0	15,5	19,5
150	42,5	55,0	50,0	65,0	30,0	32,0	35,0	45,5	15,5	20,0	17,0	22,0
160	46,0	59,9	54,5	71,0	33,0	43,0	38,5	50,5	16,5	21,5	18,0	23,5
170	50,0	64,5	58,5	76,0	36,0	47,0	42,0	54,5	18,0	23,0	19,5	25,0
180	54,0	70,0	63,0	81,5	39,5	51,5	46,0	59,5	19,5	25,0	21,0	27,0
190	58,0	75,0	68,0	88,0	42,5	55,5	49,5	64,0	21,0	27,0	23,0	29,5
200	62,5	81,0	72,5	94,0	46,0	60,0	53,5	69,0	22,5	29,0	24,5	32,0

Примечания: 1. Различное расположение заготовок на полу учитывается коэффициентами, приведенными на рис. 1.

2. Для инструментальной углеродистой и среднелегированной стали продолжительность нагрева увеличивается на 25—30%. Для высоколегированных сталей на 30—50%.

3. Для учета влияния длины заготовки продолжительность нагрева умножают на коэффициент *K* в зависимости от отношения длины *l* заготовки к размеру сечения *d* (или *a*):

$\frac{l}{d} \left(\frac{l}{a} \right)$, не менее	3	2	1,5	1
<i>K</i>	1	0,98	0,92	0,71

3. Продолжительность (мин) нагрева от 700—750 °С до 1200—1250 °С кузнечных заготовок из конструкционной углеродистой и низколегированной стали при температуре рабочего пространства 1300—1350 °С

Диаметр или сторона квадрата, мм	Профиль заготовки							
	круглый				квадратный			
	Расположение заготовок на поду печи							
	однорядное	на расстоянии <i>d</i>	на расстоянии <i>d/2</i>	вплотную	однорядное	на расстоянии <i>a</i>	на расстоянии <i>a/2</i>	вплотную
10	1,0	1,2	1,3	2,0	1,5	2,0	2,2	4,5
20	2,0	2,4	2,6	4,0	3,0	4,0	4,5	9,0
30	3,0	3,6	4,0	6,0	4,0	5,5	6,0	12,0
40	4,0	4,8	5,2	8,0	5,0	7,0	7,5	15,0
50	5,0	6,0	6,0	10,0	6,5	9,0	10,0	20,0
60	6,0	7,0	8,0	12,0	8,0	11,0	12,0	24,0
70	7,5	9,0	10,0	15,0	10,0	14,0	15,0	30,0
80	9,0	10,5	12,0	18,0	12,0	16,5	18,0	36,0
90	11,0	13,0	14,5	22,0	14,0	19,5	21,0	42,0
100	13,0	15,5	17,0	26,0	17,0	23,0	25,5	51,0
110	14,5	17,4	19,5	29,0	19,0	26,5	29,0	57,0
120	16,5	19,8	22,0	33,0	21,5	30,0	33,0	63,0
140	20,0	24,0	26,0	40,0	26,0	36,5	40,0	78,0
160	24,0	29,0	32,0	48,0	31,0	43,5	48,0	95,0
180	28,5	34,0	38,0	57,0	37,0	52,0	57,0	112,0
200	33,5	40,0	44,0	67,0	43,0	60,0	66,0	132,0

Примечания: 1. Для заготовок высоколегированных и инструментальных сталей продолжительность нагрева увеличивается на 25—30%.
2. Продолжительность нагрева до 700—750 °С может быть определена при одиночном расположении заготовок по формулам для сталей: углеродистой конструкционной и низколегированной
 $t_{нагр} = 0,3d^{1,5}$ и $t_{нагр} = 0,4a^{1,5}$; высоколегированной и инструментальной
 $t_{нагр} = 0,8d^{1,5}$ и $t_{нагр} = 1,0a^{1,5}$, где *d* и *a* — в см.

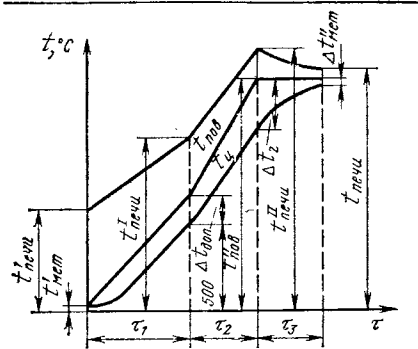


Рис. 2. Схема трехступенчатого режима нагрева слитка углеродистой стали; температура в печи в конце I и II периодов: $t_{печи}^I$, $t_{печи}^{II}$; $t_{пов}$ — поверхности слитка; $t_{ц}$ — в центре слитка; $t_{печи}$, $t_{мет}$ — начальная температура печи и металла

коэффициент $K = 0,1 \div 0,15$ для углеродистых и слаболегированных сталей; $K = 0,15 \div 0,2$ для легированных сталей; $K = 0,3 \div 0,4$ для высоколегированных и инструментальных сталей.

Время нагрева средне- и высокоуглеродистых сталей подразделяют на три периода. Первый период — возникновение температурных напряжений; второй период — форсированный нагрев, когда металл перешел в пластичное состояние, и третий период — выдержка, т. е. выравнивание температур по сечению слитка. Схема такого режима приведена на рис. 2.

Допустимый перепад температур в первом периоде: для пластины

$$\Delta t_{доп} = \frac{1,05\sigma_{доп}}{\alpha E};$$

4. Продолжительность (ч) нагрева холодных стальных заготовок до ковочной температуры в пламенных печах

Размер сечения, мм	Температура печи при посадке, °С	Выдержка при температуре посадки	Нагрев до температуры ковки	Выдержка при температуре ковки	Общая
Низкоуглеродистые и низколегированные					
201—250	1250	$\frac{—}{0,5}$	$\frac{1,0}{2,0}$	$\frac{0,5}{1,0}$	$\frac{1,5}{3,5}$
251—300	1250	$\frac{—}{0,5}$	$\frac{1,5}{2,5}$	$\frac{0,5}{1,0}$	$\frac{2,0}{4,0}$
301—350	1250	$\frac{—}{1,0}$	$\frac{2,0}{3,5}$	$\frac{0,7}{1,5}$	$\frac{2,7}{6,0}$
Среднеуглеродистые и легированные					
201—250	1150	$\frac{0,5}{1,0}$	$\frac{1,5}{3,0}$	$\frac{0,5}{1,0}$	$\frac{2,5}{5,0}$
251—300	1150	$\frac{0,5}{1,0}$	$\frac{2,0}{3,5}$	$\frac{0,5}{1,5}$	$\frac{3,0}{6,0}$
301—350	1150	$\frac{0,5}{1,0}$	$\frac{2,5}{4,0}$	$\frac{0,5}{2,0}$	$\frac{3,5}{7,0}$
Высокоуглеродистые, высоколегированные, жаропрочные					
201—250	700	$\frac{0,5}{1,0}$	$\frac{2,5}{5,0}$	$\frac{0,5}{1,0}$	$\frac{3,5}{7,0}$
251—300	700	$\frac{0,5}{1,0}$	$\frac{3,0}{5,0}$	$\frac{0,5}{2,0}$	$\frac{4,0}{8,0}$
301—350	700	$\frac{0,5}{1,0}$	$\frac{3,0}{5,0}$	$\frac{1,0}{3,0}$	$\frac{4,5}{9,0}$

Примечание. В числителе — продолжительность нагрева одной заготовки, в знаменателе — при полной загрузке печи.

для цилиндра

$$\Delta t_{доп} = \frac{1,9\sigma_{доп}}{\alpha E},$$

где $\sigma_{доп}$ — допустимое напряжение, берут с запасом прочности $\sigma_b / (1,5—2,0)$ при 500—550 °С; α — коэффициент линейного расширения; E — модуль упругости при $t = 500$ °С. Продолжительность первого периода

$$\tau_1 = \frac{K_{\phi} s^2}{a_1 \Delta t_{доп}} \times$$

$$\times [t + (1 - r) \Delta t_{доп} - t'_{мет}],$$

где K_{ϕ} — коэффициент формы, $K_{\phi} = 0,25 = 0,5$ — для пластины; $K_{\phi} = 0,25$ — для цилиндра; $K_{\phi} = 0,295$ — для квадрата; s — половина толщины пластины или радиус цилиндра, равномерно обогреваемых со всех сторон; a_1 — температуропроводность металла при средней температуре в первом периоде; r — поправочный коэффициент, равный 0,5 для цилиндра и 0,33 для пластины; $t'_{мет}$ — начальная температура нагреваемого металла.

Перепад температур в конце второго периода

$$\Delta t_2 = (1,25 \div 1,5) \Delta t_{доп}.$$

5. Режимы* нагрева «горячих» и «теплых» слитков** (заготовок) из сталей всех марок и групп

Параметр	Масса (справочная), т						
	—	3,2—6,5	7,5—12,3	11,6—24,6	23,15—49	44—83,3	78,9—200
	Средний диаметр, мм						
	305—510	515—755	760—930	935—1200	1225—1500	1555—1820	1825—2250
Выдержка при температурековки, ч	$\frac{0,5-2}{1-2,5}$	$\frac{1-2,5}{2-3,5}$	$\frac{2-4,5}{3-5,5}$	$\frac{3-6,5}{4-7}$	$\frac{4-7,5}{5-9}$	$\frac{5-10}{7-12}$	$\frac{7-12,5}{9-15}$
Ориентировочная общая продолжительностьнагрева, ч	$\frac{1,5-2,5}{2-3}$	$\frac{2,5-3,5}{3,5-4,5}$	$\frac{3,5-5}{5-6,5}$	$\frac{5,5-7}{7-8,5}$	$\frac{7-8,5}{9-11}$	$\frac{9-11}{12-14,5}$	$\frac{11,5-14}{15-18}$

* Максимальная температура печи при посадке и скорость нагрева до температурыковки не ограничиваются.
 ** В числителе приведены значения для горячих слитков, в знаменателе — для теплых.

6. Режимы* горячей консервации «захоженных» слитков (температура консервации в печи $800 \pm 30^\circ\text{C}$)

Сталь	Параметр	Масса, т						
		—	3,6—6,5	7,5—12,3	11,6—24,6	23,15—49,0	44—83	79—200
		Средний диаметр, мм						
		305—510	515—755	760—930	935—1200	1225—1500	1555—1820	1825—2250
Группа М1 — углеродистая и низколегированная	Максимальная температурапечи при посадке, $^\circ\text{C}$		1100 ± 30	1100 ± 30	800 ± 30			
	Минимальная продолжительностьподогрева при температурекопежа, ч		1,5	2,5	3,5	4,5	6,0	8,0

Продолжение табл. 6

Сталь	Параметр	Масса, т						
		—	3,6—6,5	7,5—12,3	11,6—24,6	23,15—49,0	44—83	79—200
		Средний диаметр, мм						
		305—510	515—755	760—930	935—1200	1225—1500	1555—1820	1825—2250
Группа М2 — легированная и высоколегированная	Максимальная температурапечи при посадке, $^\circ\text{C}$	800 ± 30						
	Минимальная продолжительностьнагрева при температурекопежа, ч	2,0	3,5	4,5	6,5	9,0	12,0	17,0
Группа М3 — жаропрочная и высокоуглеродистая	Максимальная температурапечи при посадке, $^\circ\text{C}$	800 ± 30						
	Минимальная продолжительностьподогрева до температурыкопежа, ч	3,5	4,5	5,5	8,0	11,0	14,0	19,0

* Скорость нагрева садки до температурыкопежа всех сталей не ограничивается.

Продолжительность второго периода

$$\tau_2 = \frac{K_{\Phi} s^2}{a_2 \Delta t_2} \times$$

$$\times [t''_{\text{пов}} - r \Delta t_2 - t - (1-r) \Delta t_{\text{доп}}].$$

Продолжительность третьего периода:

$$\tau_3 = \frac{s^2}{2,47 a_3} \ln 1,03 \frac{\Delta t_2}{\Delta t''};$$

для цилиндра радиусом сечения R

$$\tau_3 = \frac{R^2}{5,78 a_3} \ln 1,11 \frac{\Delta t_2}{\Delta t''},$$

здесь $\Delta t''$ — конечная разность температур между поверхностью и центром, $\Delta t'' = 25 \div 70^\circ\text{C}$ при нагреве под ковку и штамповку; $\Delta t'' = 5 \div 20^\circ\text{C}$ при нагреве под термообработку; a_2 и a_3 — значения температуропровод-

ности при средней температуре металла во втором и третьем периодах. Общее время нагрева

$$\tau_{\text{общ}} = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3.$$

Наиболее эффективным способом борьбы с температурными, структурными и остаточными напряжениями является нагрев слитков до $750-850^\circ\text{C}$, не остывших полностью после отливки или предварительный нагрев их до этих температур в специальных печах.

Слитки по начальному состоянию делят на четыре группы:

1) «горячие» слитки и заготовки, поступающие на повторные нагревы ($t_{\text{пов}} = 700 \div 800^\circ\text{C}$; $t_{\text{п}} = 900 \div 1100^\circ\text{C}$; $t_{\text{ср}} \geq 800^\circ\text{C}$);

2) «теплые» слитки и заготовки ($t_{\text{пов}} = 450 \div 750^\circ\text{C}$; $t_{\text{п}} = 800 \div 950^\circ\text{C}$; $t_{\text{ср}} = 600 \div 800^\circ\text{C}$);

7. Режимы* горячей кошерации «холодных» слитков (заготовок) (температура кошерации в печи $800 \pm 30^\circ\text{C}$)

Сталь	Параметр	Масса, т						
		—	3,2—6,5	7,5—12,3	11,6—24,6	23,15—40,0	44,0—83,3	78,9—200
		Средний диаметр, мм						
		305—510	515—755	760—930	935—1200	1225—1500	1555—1820	1825—2250
Группа М1 — углеродистая низколегированная	Максимальная температура печи при посадке, $^\circ\text{C}$	1000 ± 30		900 ± 30		800 ± 30		
	Минимальная продолжительность подогрева* при температуре копежа, ч	2,0	3,5	5,0	7,0	9,0	12,0	17,0
Группа М2 — легированная и высоколегированная	Максимальная температура печи при посадке, $^\circ\text{C}$	900 ± 30		650 ± 30		500 ± 30		
	Скорость нагрева садки до температуры копежа, в град/ч	Не ограничена		75		50		
	Минимальная продолжительность подогрева при температуре копежа ч	3,0	5,0	7,0	9,5	13,0	17,0	23,0
Группа М3 — коррозионно-стойкая, жаропрочная и высокоуглеродистая	Максимальная температура печи при посадке, $^\circ\text{C}$	630 ± 30		500 ± 30		400 ± 30		
	Скорость нагрева садки до температуры копежа, в град/ч	50		40				
	Минимальная продолжительность подогрева при температуре копежа, ч	5,0	8,0	11,0	15,0	20,0	25,0	31,0

* Скорость нагрева садки до температуры копежа не ограничена.

8. Коэффициенты увеличения продолжительности нагрева в зависимости от схемы загрузки слитков (заготовок) в печи

Средний диаметр слитка (заготовки), мм	Масса, т	Схема		
		I	II	III
150—755	3,2—6,5	1	1,1	1,2
760—930	7,5—12,3	1	1,15	1,2
935—1200	11,6—24,6	1	1,20	1,25
1225—1550	23,15—49,0	1	1,25	1,30
1555—1740	44,0—83,3	1	—	—
1845—2250	78,9—200,0	1	—	—

Примечания: 1. Схема I — загрузка одного или нескольких слитков (заготовок) друг за другом по длине печи. 2. Схема II — загрузка слитков (заготовок) в несколько продольных рядов. При зазоре между слитками более $0,5d$ коэффициент принимать равным 1,0 (d — меньший диаметр слитка при заготовке). 3. Схема III — загрузка слитков (заготовок) в два яруса. Приведенный коэффициент применяются только для нижнего яруса.

9. Продолжительность (ч) и режим нагрева под ковку быстрорежущих сталей Р9, Р18, Р6М5, Р9М4К8 и др.

Средний диаметр слитка (заготовки), мм	Масса слитка, т	Температура печи при посадке, $^\circ\text{C}$	Выдержка при температуре посадки	Нагрев до $850-900^\circ\text{C}$	Выдержка при $850-900^\circ\text{C}$	Нагрев до температуры ковки	Выдержка при температуре ковки	Общее время
50	—	450	0,5	1,0	0,5	0,2	—	2,2
70	—	450	0,5	1,2	0,8	0,3	0,1	3,0
100	—	450	0,8	1,6	1,4	0,5	0,2	4,5
150	—	450	1,2	2,0	2,0	0,8	0,5	6,5
200	0,2	450	1,5	2,8	2,6	1,0	0,6	8,5
300	0,6	400	2,5	4,0	4,0	1,2	0,8	12,5
400	1,0	350	3,0	5,5	5,0	1,6	1,4	16,5

Примечание. Данные приведены для случая расположения на поду нескольких слитков или заготовок вплотную друг к другу или с небольшим зазором (до $d/2$).

3) «захоленные» слитки $t_{cp} = 300 \div 600^\circ\text{C}$;

4) «холодные» слитки $t_{cp} \leq 300^\circ\text{C}$. По размеру (диаметру) и массе слитки делят на семь групп ($d = 395 \div 2250$ мм; $m = 2,5 \div 200$ т).

По маркам стали «горячие» и «теплые» слитки не подразделяют, «захоленные» и «холодные» слитки по маркам делят на три группы:

М1 — углеродистые и слаболегированные;

М2 — легированные и высоколегированные;

М3 — коррозионно-стойкие, жаропрочные и высокоуглеродистые.

Слитки помещают в печь для горячей кошерации и нагревают до

$700-750^\circ\text{C}$, после чего переносят в нагревательную печь и нагревают по режиму «теплых» или «горячих» слитков. Нормы времени и режима нагрева «горячих», «теплых», «холодных» и «захоленных» слитков приведены в табл. 57. Они действительны для случая, когда на поду печи по ширине лежит один слиток. В случае загрузки на поду рядом нескольких слитков с расстоянием между ними меньше $0,5d$ или при загрузке слитков в два ряда по высоте, вводят коэффициенты, приведенные в табл. 8.

В табл. 9 приведены продолжительность и режим нагрева под ковку заготовок и слитков из быстрорежущих сталей Р9, Р18 и др.

10. Характеристика теплоизолирующих материалов

Материал	Преимущества	Недостатки
Трепел	Низкая теплопроводность, малая плотность	Гигроскопичность, способность обезуглероживать сталь при температурах выше 600 °С
Доменный шлак	Низкая теплопроводность	После продолжительного использования превращается в пыль; дефицитность в районах, где отсутствует доменное производство
Минеральная вата	Очень низкая теплопроводность	Измельченная минеральная вата раздражающе действует на слизистую оболочку носа и горла, пыль ее канцерогенна
Каменноугольная зола	Низкая теплопроводность, широкая распространенность	Легко превращается в пыль и загрязняет помещение
Песок и гравий	Широкая распространенность, возможность использования без больших затрат	Более высокая теплопроводность

3. ОХЛАЖДЕНИЕ СТАЛЬНЫХ ПОКОВОК

Охлаждение слитков и заготовок начинается сразу после выдачи их из печи и продолжается как при транспортировании их к штамповочному агрегату, так и в процессе ковки, штамповки и прокатки. Процесс охлаждения заканчивается после обработки давлением, когда температура металла постепенно снижается до температуры окружающего пространства.

Охлаждение цилиндрических заготовок из углеродистых сталей Ст3, 10, 20, 45, 50 при транспортировании их от печи к молоту или прессу можно рассчитать по данным графика (рис. 3). Здесь $t_{\text{охл}}$ — средняя температура по массе заготовки в конце

охлаждения, °С; $t_{\text{н}}$ — средняя по массе температура нагрева, °С; R и l — радиус и длина заготовки; $F_0 = a\tau/R^2$ — критерий Фурье, где a — температуропроводность; τ — время транспортирования.

Охлаждение металла под бойками молота или пресса происходит быстрее, чем на воздухе (рис. 4). Продолжительность охлаждения от начала до конца ковки обуславливает возможную продолжительность процесса обработки давлением. Объем кузнечных работ, выполняемых за один нагрев, можно увеличить путем теплоизоляции частей заготовки, отковываемых в последнюю очередь, а также уже откованных частей поковки. Теплоизоляцию выполняют покрытием кожей или листовой стали с асбестом.

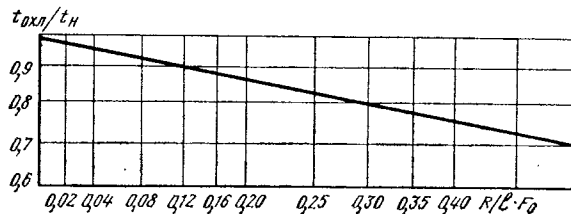


Рис. 3. Зависимость относительной температуры $t_{\text{охл}}/t_{\text{н}}$ от произведения критерия Фурье $F_0 = a\tau/R^2$ на относительную толщину заготовки R/l

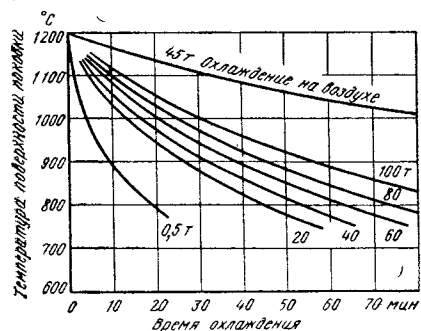
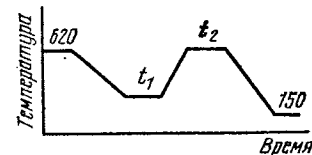


Рис. 4. Изменение температуры поверхности поковки при ковке в зависимости от массы слитков и заготовок (статистические данные)

Применяют следующие способы охлаждения поковок в зависимости от их размеров сечения: на воздухе; в теплоизолирующих материалах

(табл. 10); в термосах и неотапливаемых колодцах; в подогреваемых колодцах; в специальных печах.

Конструкция неотапливаемого колодца для медленного охлаждения поковок показана на рис. 5. Поковки из флокеночувствительной стали после ковки подвергают специальной термообработке. Примеры режимов такой термообработки для разных марок стали и различного сечения поковок приведены в табл. 11.



11. Режим охлаждения крупных поковок из легированных сталей

Режим	43Н, 34ХМ, 25ХМ, 30ХМА, 35ХМА, 30ХНЗ, 37ХНЗ, 38ХМЮА, 2Х13, 3Х13, 4Х13, 12ХН3А, 12Х2Н4А			5ХНМ, 5ХГМ, 5ХНВ, 5ХНТ, 45ХНМФА			35ХНМ, 34ХН1М, 34ХН3М, 34ХН3МФА									
	Максимальный размер сечения поковки, мм															
	300	301—400	401—500	501—600	601—750	300	301—400	401—500	501—600	300	301—400	401—500	501—600			
Выдержка при температуре $t_1 \pm 20^\circ\text{C}$, ч	2	3	4	5	6	3	4	5	6	3	3	4	4			
Нагрев до температуры t_2 со скоростью 80—100 °С/ч	610—650			610—650			640—660									
Выдержка при температуре t_2 , ч	8	12	16	20	26	12	18	24	30	20	30	40	50			

Примечания: 1. Температура в печи — 620 °С. 2. Охлаждение садки в закрытой печи без подогрева до $t_1 = 370-470^\circ\text{C}$. 3. Выравнивание температуры в печи, а также охлаждение в печи без подогрева до температуры 400 °С и со скоростью 25 °С/ч до температуры 150 °С выполняют в зависимости от величины садки (массы).

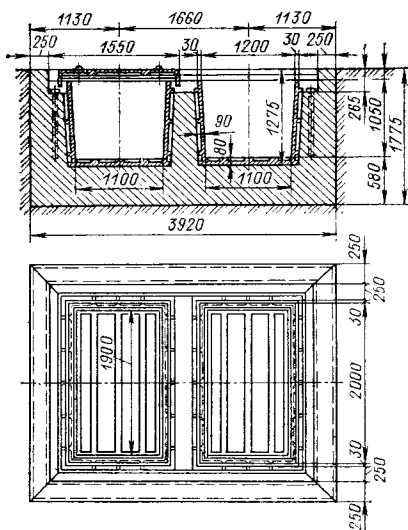


Рис. 5. Конструкция неотапливаемого колода для охлаждения заготовок послековки и прокатки

4. УГАР И ОБЕЗУГЛЕРОЖИВАНИЕ СТАЛИ ПРИ НАГРЕВЕ

При нагреве стали в пламенных печах, когда сжигание топлива происходит с коэффициентом расхода воздуха $\alpha > 1$, продукты горения содержат CO_2 , H_2O , O_2 , N_2 и незначительное количество CO , H_2 и SO_2 (если в топливе имеется сера). В условиях высоких температур (выше $700\text{--}800^\circ\text{C}$) окисляющими являются не только O_2 , но и CO_2 , H_2O и особенно SO_2 , а CO и H_2 являются восстановителями.

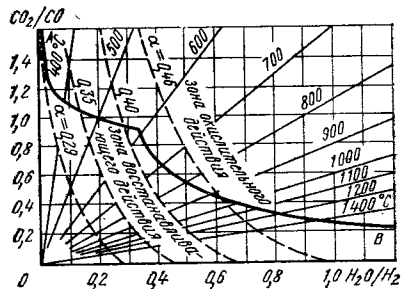


Рис. 6. Диаграмма равновесия системы «атмосфера печи — нагреваемый металл (сталь)»; АВ — пограничная линия

12. Поверхностный угар при нагреве крупных стальных слитков перед ковкой в зависимости от продолжительности нагрева

Средний диаметр, мм	Ориентировочная масса, т	Продолжительность нагрева, ч	Поверхностный угар, г/см ²	Толщина окалины, мм
900	8	10—11	1,22—1,28	4,25—4,45
1000	12	12	1,34	4,65
1100	15	15—19	1,5—1,7	5,2—5,85
1200	25	18—21	1,64—1,8	5,7—6,25

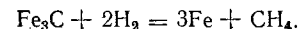
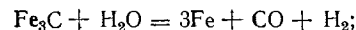
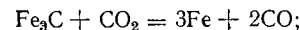
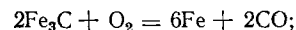
13. Угар при нагреве стальных слитков и заготовок в методических печах в зависимости от продолжительности нагрева

Диаметр или сторона квадрата, мм	Продолжительность, ч	Угар	
		Поверхностный, г/см ²	По массе, %
100	3	0,180	0,9
	1,3	0,13	0,65
150	4,4	0,445	1,53
	2,2	0,316	1,07
200	5,7	0,93	2,1
	2,9	0,6	1,52
250	7,5	1,13	2,35
	3,6	0,8	1,65
300	8,5	1,36	2,5
	4,3	0,97	1,8

Примечание. В числителе приведены параметры при одностороннем нагреве, в знаменателе — при двустороннем

При горении с более или менее значительным избытком воздуха окисление идет быстрее, чем обезуглероживание, и после удаления окисленного слоя на поверхности поковки не будет обезуглероженного слоя. Если в печи создана атмосфера, слабо окисляющая железо, то под слоем окалины образуется обезуглероженный слой (при нагреве средне- и высокоуглеродистых сталей).

Газы, содержащиеся в печной атмосфере, взаимодействуют с углеродом, находящимся в стали в виде карбида железа, по следующим реакциям:



Из этих реакций видно, что обезуглероживающими газами являются кислород, двуокись углерода, водяные пары и водород, а науглероживающими — окись углерода и метан.

Количественные показатели потерь железа от окисления (угара) следующие:

1) угар по массе (%) — количество металла, окисленного при нагреве, от первоначальной массы;

2) поверхностный угар (г/см²) — количество окисленного металла, отнесенное к поверхности нагреваемого слитка или заготовки;

3) скорость окисления — отношение поверхностного угара ко времени нагрева [г/(см²·ч)];

4) толщина окалины (см); связана с поверхностным угаром выражением

$$s = \alpha / (\rho \varphi \text{Fe}),$$

где α — поверхностный угар; ρ — плотность окалины; $\rho = 3,9\text{--}4,0$ г/см³; φ — среднее содержание железа в окалине, $\varphi_{\text{Fe}} = 0,715\text{--}0,765$ %.

На угар металла в печах оказывают влияние следующие факторы: состав газовой атмосферы — соотношение CO_2/CO и $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$ (рис. 6); температура и продолжительность нагрева, соотношение между площадью поверхности и массой, а также химический состав нагреваемого металла.

Для стали при температурах ниже $600\text{--}650^\circ\text{C}$ окисление практического значения не имеет, хотя светлая по-

14. Потери металла от угара (%) при нагреве стальных заготовок и слитков под ковку и штамповку в пламенных печах (печи методические, полуметодические и камерные; загрузка и выгрузка по одной заготовке)

Размеры слитков и заготовок	При работе печей на природном газе	При работе печей на мазуте
Мелкие заготовки, диаметр или сторона квадрата до 50 мм	0,4—0,7	0,5—1,0
Средние заготовки, диаметр или сторона квадрата 50—100 мм	0,5—1,5	0,7—2,0
Крупные заготовки и мелкие слитки, диаметр или толщина 100—300 мм	1,0—3,0	1,5—4,0
Слитки и очень крупные заготовки, диаметр или толщина 300—600 мм	2,0—4,0	2,5—4,5
Крупные слитки, диаметр более 600 мм	3,0—5,0	3,5—5,5

Примечание. Потери относятся к одному нагреву холодных слитков или заготовок до $1200\text{--}1250^\circ\text{C}$.

верхность темнеет. С повышением температуры угар резко возрастает. Если при температуре 900°C интенсивность образования окалины принять за единицу, то при нагреве до 1100°C она увеличивается в 3 раза, а при нагреве до 1300°C в 7 раз.

Совместная зависимость поверхностного угара от температуры (при $600\text{--}1150^\circ\text{C}$) и времени для среднеуглеродистой стали выражается уравнением

$$\alpha = 6,3 \sqrt{\tau} e^{-\frac{9000}{t}},$$

где τ — время, мин; t — температура, $^\circ\text{C}$.

Влияние на угар времени нагрева для слитков и заготовок приведено в табл. 12 и 13. Влияние формы ва-

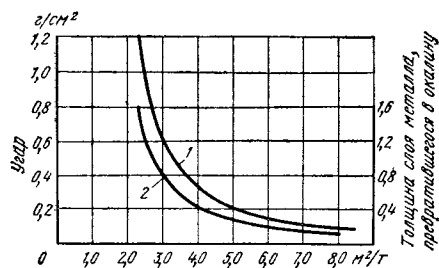


Рис. 7. Зависимость поверхностного угара и толщины слоя металла, превратившегося в окалину, от отношения площади поверхности слитка к его массе:
1 — поверхностный угар; 2 — толщина окисленного слоя металла

греваемого тела, характеризуемое отношением площади его поверхности к массе, на поверхностный угар и толщину окисленного слоя металла показано на рис. 7. Ориентировочные значения угара для среднеуглеродистых сталей приведены в табл. 14. С увеличением содержания углерода скорость окисления понижается, а с уменьшением — возрастает. Легирующие примеси (Al, Cr, Si, Mo, Co и др.) значительно снижают скорость окисления. Никель в составе стали не окисляется, но способствует окислению железа. Никелевые стали обычно окисляются сильнее, чем углеродистые, однако в присутствии хрома и других элементов никель повышает сопротивляемость стали окислению.

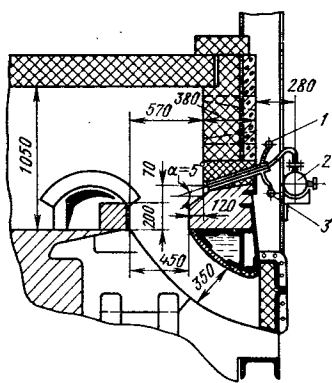


Рис. 8. Схема образования защитного слоя методической печи с торцевой выдачкой:
1 — отвод воды; 2 — подвод защитного газа; 3 — подвод воды

15. Влияние на угар продолжительности и способа нагрева до 1200 °С стальных заготовок ($d = 50$ мм)

Способ	Продолжительность, мин	Потери от окисления, г/см ²
Нагрев в пламенной печи с температурой: 1250 °С 1500 °С	13,5	0,0460
	3,5	0,0216
Электронагрев: индукционным способом контактным способом	2,5	0,0200
	1,0	0,0125
Способ	Толщина слоя окалины, мм	Соотношение потерь от окисления, %
Нагрев в пламенной печи с температурой: 1250 °С 1500 °С	0,16	100,0
	0,075	47,0
Электронагрев: индукционным способом контактным способом	0,070	43,5
	0,045	27,0

Борьба с окислением стали при нагреве. Уменьшение окисления металла при нагреве достигается сокращением продолжительности нагрева (табл. 15), применением защитного слоя газа на поду печи (рис. 8), что позволяет уменьшить угар в 1,5—2,0 раза.

Полную или почти полную ликвидацию угара можно достичь следующими способами: нагревом металла в специальных контролируемых атмосферах; нагревом в продуктах неполного горения газообразного топлива — в печах так называемого малоокислительного или безокислительного нагрева; в расплавленных солях или расплавлении

стекле и применением специальных образков.

Борьба с обезуглероживанием заключается также в ускорении нагрева, применении специальных контролируемых атмосфер, в нагреве в расплавленных средах и нанесении защитных покрытий.

Нагрев стальных заготовок под обработку давлением в муфельных печах используется очень редко (для заготовок небольших размеров), что связано с недостаточной высокой стойкостью муфелей. Значительно чаще используют нагрев заготовок в продуктах неполного сгорания газообразного топлива. На рис. 9 показана зависимость поверхностного угара от коэффициента расхода воздуха в печи, отапливаемой коксовым газом. На рис. 10 приведена конструкция камерной печи с карборундовым сводом для безокислительного нагрева. Применяют также печи с аэродинамическим разделением камер неполного горения и дожигания продуктов горения.

Для получения в рабочей камере таких печей достаточно высокой температуры (1250—1300 °С) для нагрева стали под ковку и штамповку, необходимо воздух подогревать до 800—1000 °С, а если возможно, то подогревать и газообразное топливо или обогащать первичный воздух кислородом.

Нагрев заготовок под ковку и штамповку в расплавленных солях и стекле позволяет полностью или почти полностью ликвидировать окисление и обезуглероживание при нагреве. В качестве нагревающей среды применяют обычно смесь солей $BaCl_2$ и $NaCl$ в соотношении (30—70) % $BaCl_2$ и (70—30) % $NaCl$. Расплавленное стекло растворяет окалину, имеющуюся на поверхности заготовки, и становится более вязким, поэтому в расплавленном стекле следует нагревать стальные заготовки, очищенные от окалины. При этом расплавленное стекло обеспечивает смазывание штампов при штамповке.

В целях защиты металла от окисления и обезуглероживания применяют также нагрев с применением защитных покрытий и образков. Для приготовления образков используют смесь двух, трех и более марок стекол и стекловидных шлаков, к которым добавляют до 30 % тонкомолотого оконного стекла, а

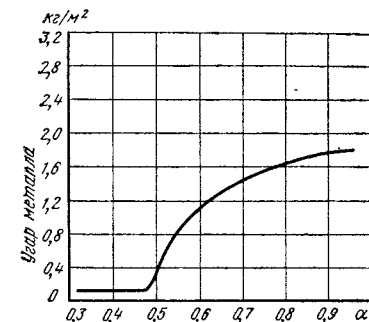


Рис. 9. Зависимость поверхностного угара от коэффициента расхода воздуха α при нагреве стальных заготовок до температурыковки в печи, отапливаемой коксовым газом

также небольшое количество сульфатного щелока и огнеупорной глины, которые обеспечивают хорошее прилипание образки к поверхности холодного металла. Другой состав образки: 20—30 % алюминиевого порошка АПВ и 70—80 % этилсиликата. Образки наносят на поверхность нагреваемых слитков и заготовок кистью или окутанием.

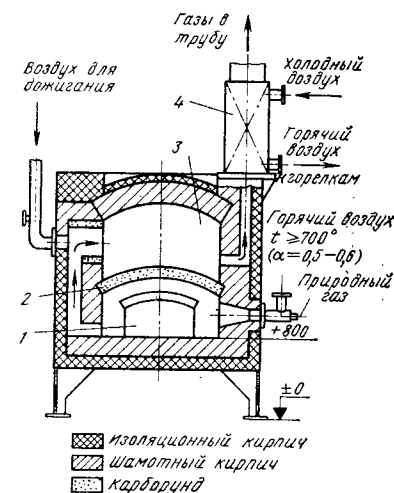


Рис. 10. Малая рекуперативная печь для безокислительного нагрева заготовок открытым пламенем:

1 — нижняя рабочая камера; 2 — карборундовый свод; 3 — камера дожигания; 4 — жароупорный рекуператор

Глава 6 ПЛАМЕННЫЕ ПЕЧИ ДЛЯ НАГРЕВА ПОД КОВКУ И ШТАМПОВКУ

Пламенные печи широко используют в кузнечно-штамповочном производстве. По способу загрузки их разделяют на печи с периодической и непрерывной загрузкой. Печи с непрерывной загрузкой обеспечивают определенный режим производства, более высокую производительность и лучшее использование топлива (более высокий КПД). При мелкосерийном и единичном производстве (крупные поковки) применяют камерные печи с периодической загрузкой. В крупносерийном и массовом производстве, когда за определенным агрегатом (молотом, прессом, ковочной машиной) закреплено небольшое количество однотипных заготовок, широко используют автоматизированные печи с непрерывной загрузкой.

По технологическому назначению пламенные печи, используемые в кузнечно-штамповочном производстве, можно также разделить на печи для нагрева под ковку и первичную термообработку и на печи для нагрева под объемную штамповку.

Пламенные печи для нагрева под ковку и первичную термообработку

Типы печей, применяемых для нагрева заготовок под ковку поковок и первичную термообработку, а также условия их применения приведены в табл. 1.

Пламенные печи для нагрева под объемную штамповку

Типы пламенных печей для нагрева проката перед резкой на заготовки и заготовок под штамповку приведены в табл. 2.

Производительность и размеры пода печей. Приняты следующие обозначения:

G — производительность печи, кг/ч;

g — масса нагреваемого слитка или заготовки, кг;

$N = G/g$ — производительность печи, шт/ч;

τ — продолжительность нагрева слитка или заготовки, ч;

f — площадь проекции одного слитка или заготовки на под, м²;

$F_{мет}nf$ — площадь пода (м²), занятая металлом, где n — число слитков или заготовок, находящихся одновременно в печи;

$K = F_{мет}/F_{пода}$ — коэффициент загрузки пода (для камерных печей с периодической загрузкой $K = 0,35 \div 0,5$; для печей с непрерывной загрузкой $K = 0,6 \div 0,85$);

$X = G/F_{пода}$ — напряженность (удельная производительность) пода печи, кг(м²·ч).

Число n слитков или заготовок, которые должны одновременно находиться в печи, для получения производительности N :

$$n = N\tau = \frac{G}{g} \tau.$$

Площадь пода печи, м²

$$F_{пода} = \frac{F_{мет}}{K} = \frac{nf}{K} = \frac{G}{g} \tau \frac{f}{K}.$$

Производительность (кг/ч) печи

$$G = \frac{F_{пода}Kg}{f}.$$

1. Типы пламенных печей для нагрева под ковку и первичную термообработку, а также область их применения

Печи	Область применения	Использование тепла отходящих газов
Щелевые одно- и двухкамерные (рис. 1)	В двухкамерных печах возможен нагрев с подогревом, особенно при нагреве легированных и высоколегированных сталей	Рекуператор панельного типа
Одно- и двухкамерные с закрывающимися окнами (рис. 2)	При переменной нагрузке и нагреве легированных и высоколегированных сталей	Рекуператор или использование тепла на подогрев металла (двухкамерные печи с переменной работой камер)
Крупные камерные с несколькими закрывающимися окнами	Нагрев небольших слитков и заготовок разных размеров под ковку	Рекуператор или регенератор
Печи-колодцы для нагрева под прокатку и ковку слитков (рис. 3)	Нагрев слитков средней массы при небольшой производительности участка	То же
С выдвижным подом (рис. 4, 5)	Нагрев слитков под обработку давлением, а также под термообработку поковок	Рекуператор, редкорегенератор
Камерная малоокислительного нагрева с решетчатым сводом (рис. 6)	Нагрев небольших слитков и заготовок углеродистых и легированных сталей	
Методическая трехзонная для нагрева под ковку слитков высоколегированной стали (рис. 7)	Нагрев слитков при крупносерийном и массовом производстве	Рекуператор

2. Типы пламенных печей для нагрева проката перед резкой заготовок под штамповку

Печи	Область применения	Использование тепла отходящих газов
Для нагрева проката перед резкой (рис. 8)	Заготовительные цеха или отделения кузнечно-штамповочного производства	Как правило не используется

Продолжение табл. 2

Печи	Область применения	Использование тепла отходящих газов
Очковая для нагрева концов заготовок (рис. 9)	Нагрев концов заготовок под штамповку болтов и гаек	То же
Щелевые одно- и двухкамерные (рис. 10)	Нагрев небольших и средних заготовок под штамповку при крупносерийном производстве	Рекуператоры панельного типа
Полуметодическая толкательная (рис. 11)	Нагрев заготовок под штамповку при крупносерийном и массовом производстве	Рекуператор
С наклонным подом для нагрева цилиндрических заготовок (рис. 12)	Нагрев цилиндрических заготовок при крупносерийном и массовом производстве	
С вращающимся подом и вращающимися стенками (рис. 13)	Нагрев заготовок различных сечений, а также нагрев конца крупных заготовок (печи с вращающимися стенками)	
С шагающими балками (рис. 14)	Нагрев заготовок разных сечений и листового материала	
Конвейерные (рис. 15)	Нагрев конца заготовки при крупносерийном и массовом производстве	
С роликовым подом	Нагрев листового материала	
Скоростного конвективного нагрева (рис. 16)	Нагрев небольших заготовок при массовом производстве	Рекуператор или регенератор, обеспечивающий подогрев воздуха до 800—1000 °С, или работа на воздухе с обогащением кислородом
Малоокислительного нагрева, камерные и полуметодические (рис. 17)	Нагрев небольших и средних заготовок как при единичном, так и при массовом производстве	

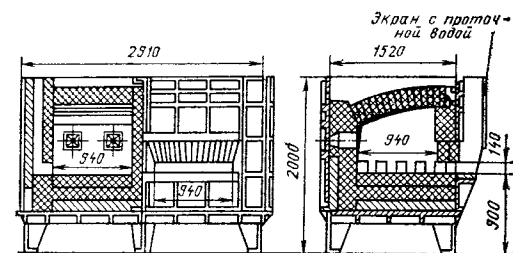


Рис. 1. Двухкамерная кузнечная печь целевого типа (производительность до 1000 кг/ч)

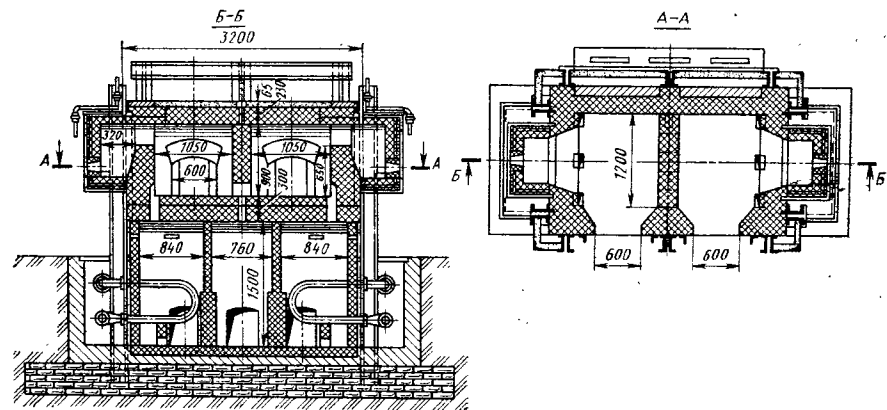


Рис. 2. Двухкамерная печь на жидком и газообразном топливе [камеры могут работать одновременно; поочередно (одна камера — для окончательного нагрева, другая — для подогрева металла); одна камера все время служит подогревательной, и материалы после подогрева переносятся в другую камеру]

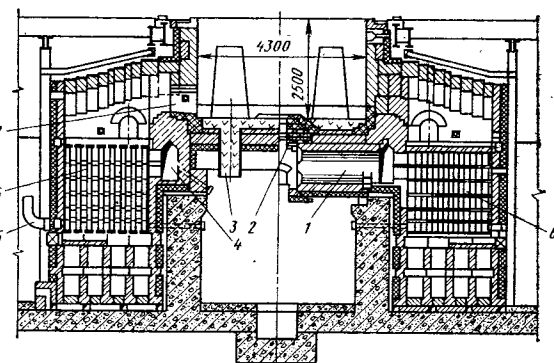


Рис. 3. Рекуперативный нагревательный колодец с отоплением из центра подины (крышка снята);

1 — каналы для подвода подогретого воздуха к горелке; 2 — горелка; 3 — люки для удаления кокса и окалины; 4 — сборные каналы для подогретого воздуха; 5 — подвод воздуха; 6 — рекуператор; 7 — окна для удаления дымовых газов

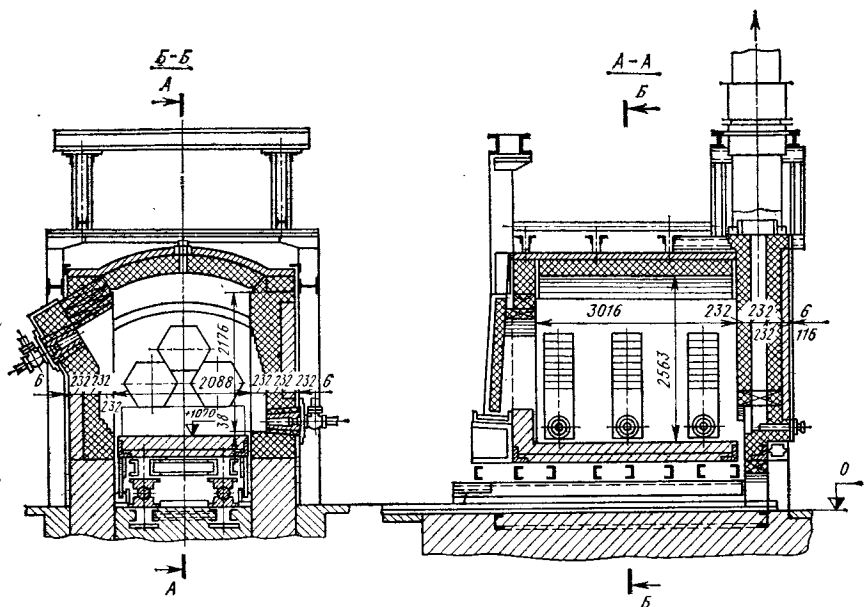


Рис. 4. Рециркуляционная нагревательная печь с выдвижным подом для нагрева под ковку стальных слитков ($F_{\text{пода}} = 6 \text{ м}^2$; печь оборудована рекуператором и автоматическим управлением теплового режима)

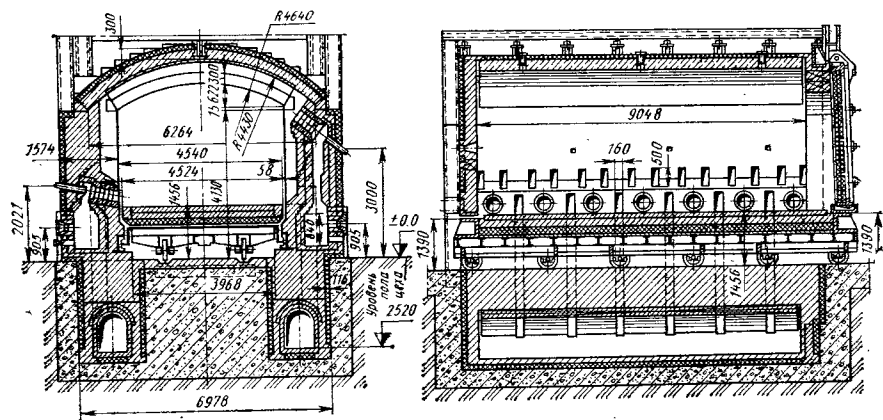


Рис. 5. Термическая рециркуляционная печь с выдвижным подом ($F_{\text{пода}} = 41 \text{ м}^2$) с отдельными закрытыми топками. Масса садки 90—120 т

Рис. 6. Камерная печь малоокислительного нагрева с решетчатым сводом ($F_{\text{пода}} = 2,6 \text{ м}^2$)

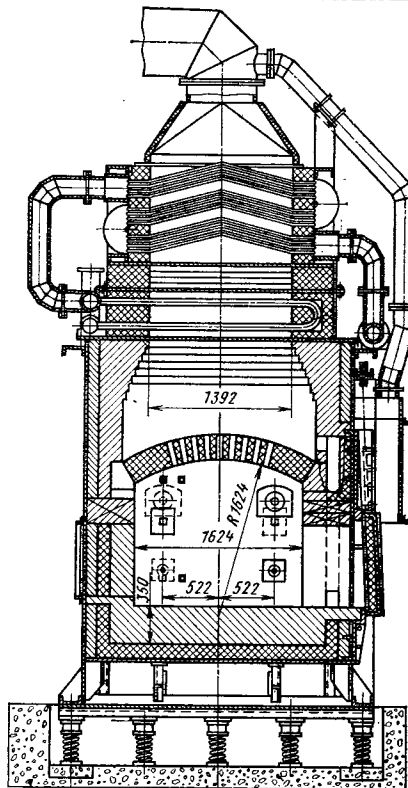
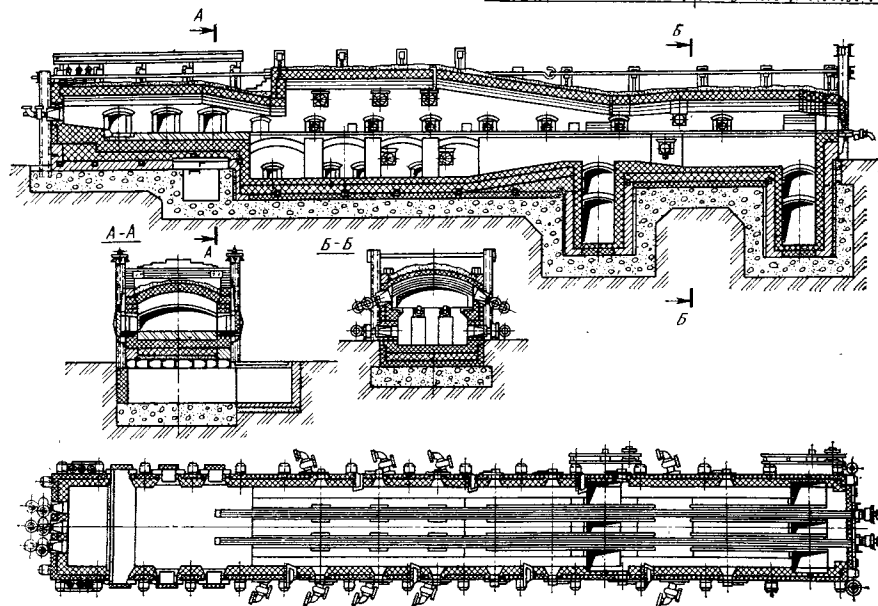


Рис. 7. Трехзональная одиорядная методическая печь для нагрева под ковку слитков из легированной и высоколегированной стали



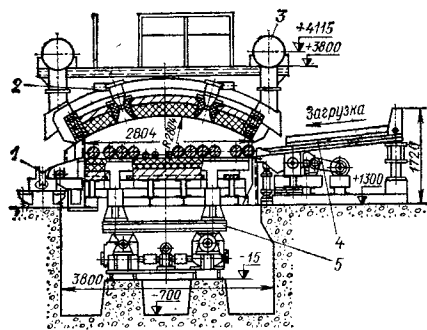


Рис. 8. Печь для нагрева металла перед резкой с подъемно-шагающими балками
1 — роликовый конвейер к прессу; 2 — плоскопламенная горелка; 3 — дымоотвод; 4 — стеллаж загрузки; 5 — механизм подъемно-шагающих балок

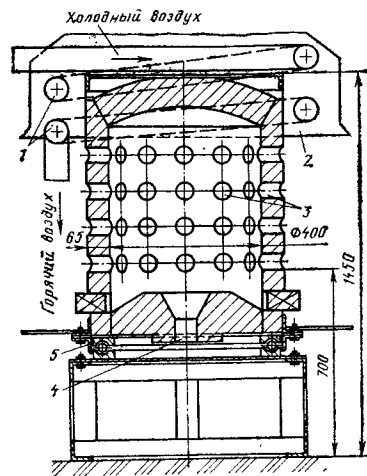


Рис. 9. Очковая вращающаяся печь для нагрева концов заготовок при штамповке гаек и высадке головок болтов и заклепок:
1 — трубы рекуператора; 2 — зонт для отвода газов; 3 — отверстия для загрузки нагреваемого металла; 4 — горелка или форсунка; 5 — шариковая опора

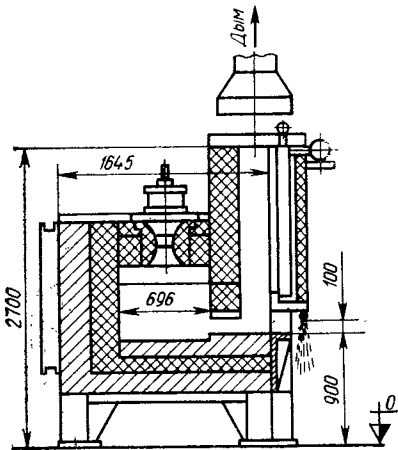


Рис. 10. Камерная щелевая нагревательная печь с обогревом плоскопламенной горелкой

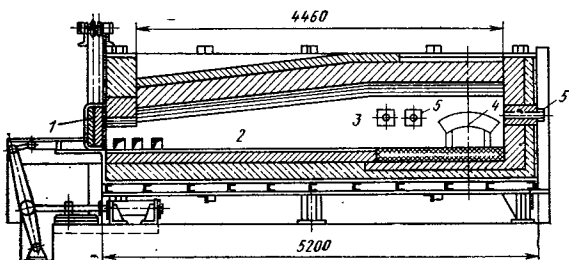


Рис. 11. Полуметодическая толкательная печь для нагрева заготовок под штамповку:
1 — окно загрузки; 2 — подогретельная камера; 3 — камера высокой температуры; 4 — окно выдачи; 5 — горелка

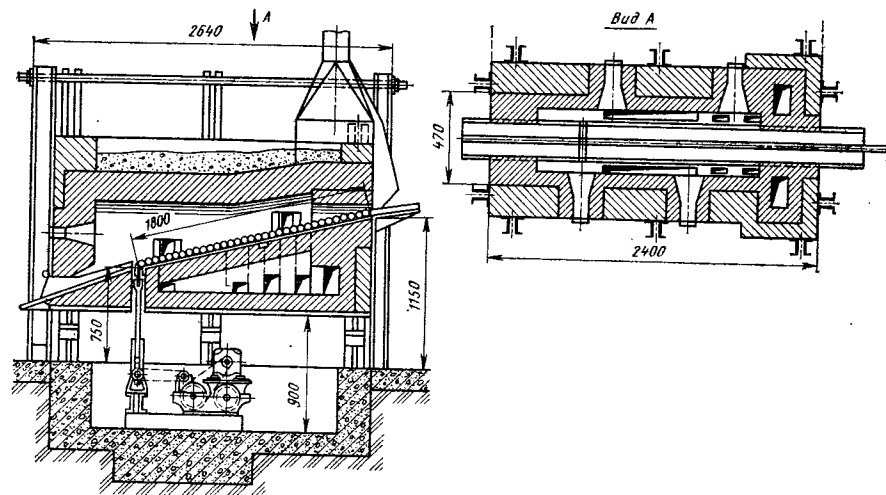


Рис. 12. Печь с наклонным подом и пульсатором для выдачи заготовок

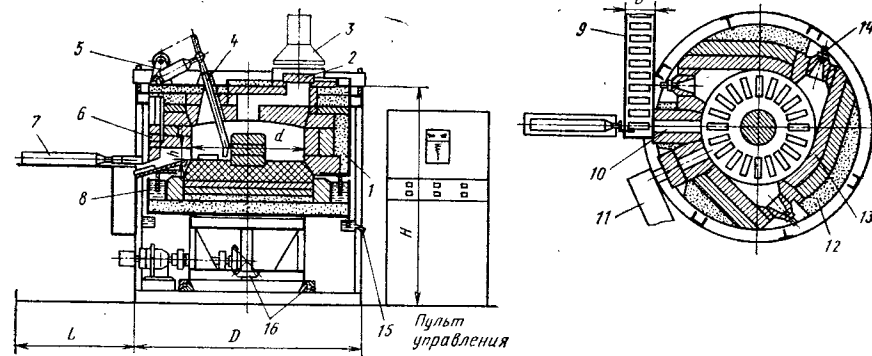


Рис. 13. Кузнечная печь с вращающимся подом:
1 — жароупорное несущее кольцо; 2 — шибер; 3 — зонт для отвода газов; 4 — балка для выдачи заготовок; 5 — пневматический цилиндр; 6 — крышка; 7 — пневматический цилиндр для загрузки заготовок; 8 — волюной затвор; 9 — роликовый конвейер; 10 — загрузочное окно; 11 — склиз к молоту; 12 — шариковая опора и привод ($d = 1100 \pm 1900$ мм; $D = 2100 \pm 3000$ мм; $H = 2000 \pm 2100$ мм, $H_2 = 1300$ мм; $L = 200 \pm 300$ мм; производительность 750—1250 кг/ч)

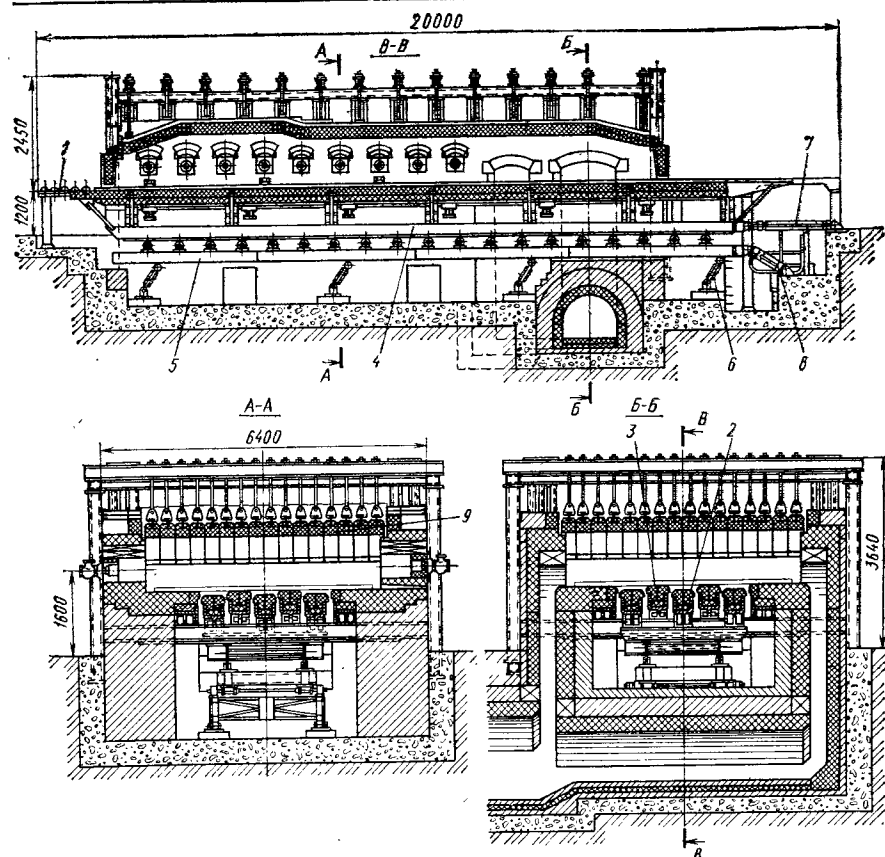


Рис. 14. Крупная печь с шагающими балками для нагрева листового материала перед штамповкой:
1 — стол выгрузки; 2 — подвижная шагающая балка; 3 — неподвижная балка; 4 — основание шагающих балок; 5 — опора шагающих балок; 6 — рычаг; 7, 8 — гидроцилиндры для перемещения пода в горизонтальном и вертикальном направлениях; 9 — подвесной свод

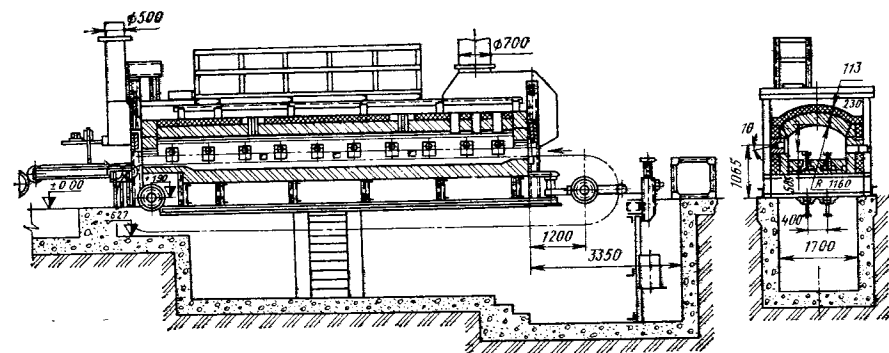


Рис. 15. Конвейерная печь с подподовым конвейером для нагрева перед штамповкой листовой заготовки [напряженность пода 200—400 кг/(м²·ч)]

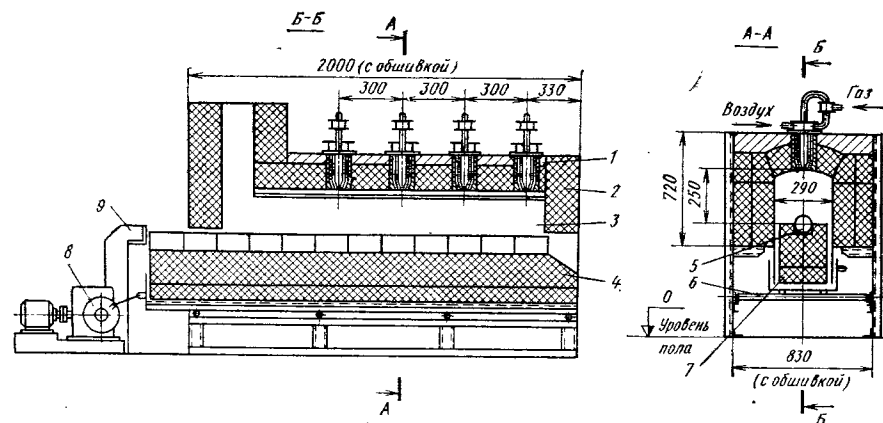


Рис. 16. Печь скоростного конвейерного нагрева:
1 — горелка; 2 — футеровка; 3 — рабочее пространство; 4 — футеровка пода; 5 — нагреваемая заготовка; 6 — каркас печи; 7 — движущийся под; 8 — механизм движения пода; 9 — упор

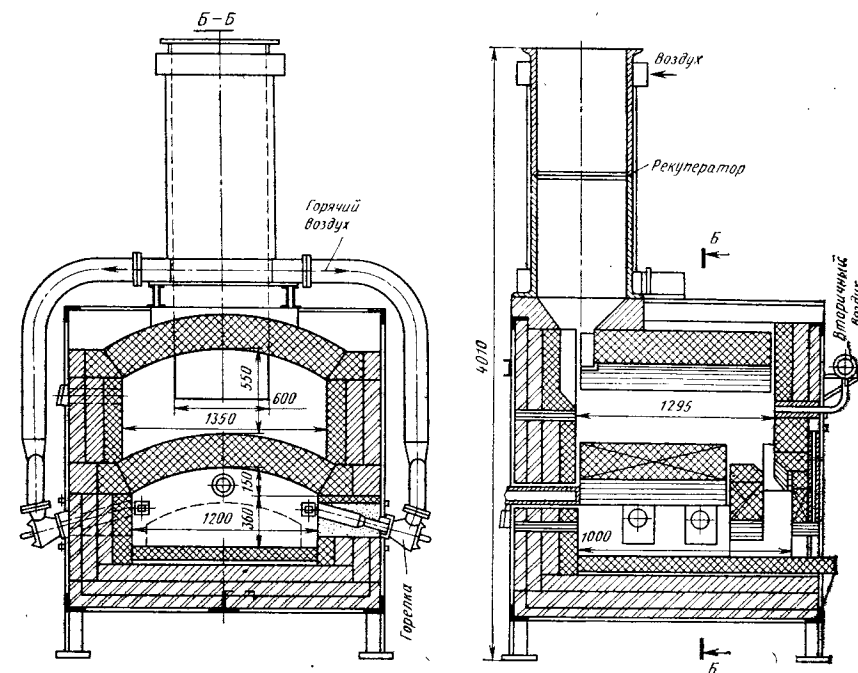


Рис. 17. Кузнечная камерная печь двухстадийного сжигания для безокислительного или малоокислительного нагрева открытым пламенем

3. Напряженность пода (удельная производительность) для кузнечных печей различных типов

Печь	Природный газ	Сменный газ	Генераторный газ
	$Q_H = 33\ 600\ \text{кДж/м}^3$ мазут $Q_H = 40\ 000\ \text{кДж/кг}$		
Щелевые	450—500	350—450	200—350
Камерные с закрывающимися окнами	450—600	400—500	250—350
С выдвигаемым подом	120—300	100—250	100—200
Полуметодические	350—450	300—400	200—300
Механизированные конвейерные, роликовые, с шагающими балками	250—400	200—350	150—250
Методические толкательные и роликовые	250—400	200—350	150—300
Кольцевые с вращающимся подом	250—300	150—300	100—250
Скоростного нагрева	600—800	500—700	—

Примечание. Q_H — теплотворная способность топлива.

Напряженность пода $[\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})]$

$$X = \frac{G}{F_{\text{пода}}} = \frac{g}{l} \frac{K}{\tau}$$

Значения напряженности пода для различных типов кузнечных печей приведены в табл. 3.

Расход топлива

Правильное, технически обоснованное определение расхода топлива печами имеет большое значение с точки

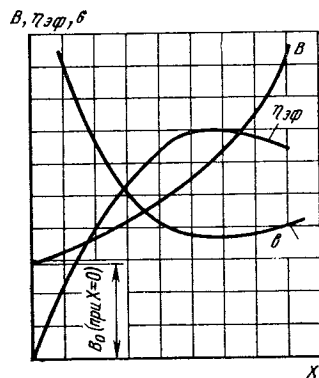


Рис. 18. Тепловая характеристика нагревательной печи

зрения экономии топлива, сжигаемого в печах кузнечных цехов.

Характер зависимости часового расхода B топлива, эффективного КПД $\eta_{\text{эф}}$ и удельного расхода b топлива от напряженности пода $X = G/F_{\text{пода}}$ $[\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})]$ (тепловой характеристики печи) приведен на рис. 18. Из графика видно, что расход топлива B возрастает с увеличением напряженности пода; $\eta_{\text{эф}}$ сначала возрастает до максимума, затем снижается; удельный расход b топлива сначала снижается до минимума, а затем увеличивается. Обычно печи работают в режиме, соответствующем части характеристики до максимального КПД, и увеличение производительности (напряженности пода) приводит к повышению КПД и снижению удельного расхода топлива.

Средний КПД печи за год (или другой промежуток времени) может быть рассчитан по следующей формуле:

$$\eta_{\text{ср}} = \eta_{\text{печи}} \left(\frac{G_{\text{м}}}{G_{\text{печи}} \tau_{\text{д}} K_{\text{ср}}} \right) 0,7;$$

здесь $G_{\text{м}}$ — масса выпускаемых поковок обслуживаемого пещью агрегата в год или за другой период времени, кг; $G_{\text{печи}}$ — паспортная производительность печи или производительность во время испытания, кг/ч; $\tau_{\text{д}}$ — действительный фонд рабочего времени за год или за другой промежуток времени, ч; $K_{\text{ср}}$ — средний коэффициент выхода годных поковок или штампованных заготовок от нагретого металла; $\eta_{\text{печи}}$ — КПД печи при паспортной производительности или полученный при ее испытании при определенной производительности.

4. КПД печей при паспортной производительности

Печь	Нагрев	$\eta_{\text{печи}}$
Камерная: очковая щелевая	Концов заготовки перед штамповкой	0,15
	Концов или всей заготовки перед штамповкой	0,20
с неподвижным подом с выдвигаемым подом	Заготовок перед ковкой и штамповкой	0,2—0,25
	Холодных слитков под ковку	0,18—0,22
Проходная	Штанг перед резкой	0,30—0,4
	Заготовок перед ковкой и штамповкой	0,3—0,35
Полуметодическая	С тарельчатым подом	0,18—0,22
	С кольцевым вращающимся подом	0,35—0,4
Скоростного конвективного нагрева	Под ковку и штамповку	0,18—0,22
	То же	0,35—0,4
Скоростного конвективного нагрева	Перед штамповкой	0,25—0,3
	То же	0,35—0,4

Примечание. Большие значения КПД относятся к печам, оборудованным рекуператорами.

Здесь $\Delta i_{\text{мет}} = c_{\text{т}}'' (t - t')$ кДж/кг — увеличение теплосодержания 1 кг металла; $c_{\text{т}}''$ — средняя удельная теплоемкость металла, кДж/(кг·град); t' , t'' — начальная и конечная температуры нагрева, °С; $Q_{\text{усл}}$ — теплота сгорания условного топлива, $Q_{\text{усл}} = 29\ 310$ кДж/кг.

Норму удельного расхода условного топлива на нагрев слитков или заготовок (кг усл. топл./т годных поковок) определяют по следующей формуле:

$$b_2 = \frac{1000 \Delta i_{\text{мет}}}{Q_{\text{усл}} \eta_{\text{ср}} K_{\text{ср}}};$$

здесь $\Delta i_{\text{мет}} = c_{\text{т}}'' (t - t')$ кДж/кг — увеличение теплосодержания 1 кг металла; $c_{\text{т}}''$ — средняя удельная теплоемкость металла, кДж/(кг·град); t' , t'' — начальная и конечная температуры нагрева, °С; $Q_{\text{усл}}$ — теплота сгорания условного топлива, $Q_{\text{усл}} = 29\ 310$ кДж/кг.

Если печи работают в одну, две или три смены, то приходится затрачивать топливо перед рабочей сменой, а также на разогрев ее после ремонтов, и норма удельного расхода топлива увеличивается на величину b_3 , кг усл. топл./т годных поковок:

$$b_3 = \frac{b_2 \tau_{\text{раз}}}{\tau_{\text{д}}}$$

здесь $\tau_{\text{раз}}$ — время разогрева за год или другой планируемый промежуток времени, ч; $\tau_{\text{д}}$ — действительный фонд рабочего времени за год (или другой планируемый промежуток времени), ч.

Если в цехе имеется участок резки штанг на мерные заготовки, то норму удельного расхода топлива на нагрев штанг перед разрезкой и $\eta_{\text{печи}}$ рассчитывают по тем же формулам, что и при нагреве заготовок перед ковкой или штамповкой. КПД печей при паспортной производительности приведены в табл. 4.

5. Основные свойства важнейших огнеупорных изделий

Группа изделий	Вид изделия	Кажущаяся плотность, г/см ³	Теплопроводность, Вт/(м·°C)	Огнеупорность, °C	Максимальная рабочая температура, °C	Область применения
Динасовые Электродинасовые	Кирпичи, блоки	1,8—2,0 2,0	$1,58 + 0,00038t_{cp}$	1720	1650	Своды, арки, стены дуговых электропечей
Магнезитовые Хромомагнезитовые	Фасонные кирпичи и прямоугловые набивки	2,6—2,8 2,6—3,2	$4,30 - 0,00051t_{cp}$ $1,97 - 0,000215t_{cp}$ (в интервале температур 0—700 °C) То же	2000 2000	1500—1600 1700	Стены, своды дуговых электропечей
Плавящие магнезитовые		2,7—2,8		2800	1800	
Шамотные: марки ША марки ШБ, марки ШВ		2,0—2,1 1,9—2,0 1,8—1,9	$0,7 + 0,00064t_{cp}$	1730 1670 1630	1400 1350 1250	Кладка огнеупорного слоя печей сопротивления
Легковесные: ШЛ-1,3 ШЛ-1,0 ШЛ-0,4 ШТЛ-0,6	Прямоугловые кирпичи	1,3 1,0 0,4 0,6	$0,47 + 0,00035t_{cp}$ $0,35 + 0,00035t_{cp}$ $0,1 + 0,00021t_{cp}$ $0,13 + 0,00023t_{cp}$	1670	1300 1150 1150	Тепловая изоляция дуговых печей
Корундовые		2,6—2,9	$2,18 - 0,00081t_{cp}$	1900	1800	Детали высокотемпературных печей
Графитированные	Фасонные изделия	1,6—1,7	$55 - 25$ (в интервале температур 1700—2000 °C)	3000	2800	Тигли, муфели печей

6. Основные свойства некоторых теплоизоляционных изделий

Изделие	Плотность (объемная масса), кг/м ³	Теплопроводность, Вт/(м·°C)	Максимальная температура применения, °C
Диатомитовый кирпич марок: Д-500 Д-600	500 600	$0,105 + 0,233 \cdot 10^{-3} t_{cp}$ $0,132 + 0,233 \cdot 10^{-3} t_{cp}$	900
Пенодиатомитовый кирпич: ПД-400 ПД-350	400 350	$0,078 + 0,314 \cdot 10^{-3} t_{cp}$ $0,08 + 0,19 \cdot 10^{-3} t_{cp}$	900 920
Шлаковата марок: 150 200 250	150 200 250	$0,06 + 0,19 \cdot 10^{-3} t_{cp}$ $0,06 + 0,197 \cdot 10^{-3} t_{cp}$ $0,07 + 0,198 \cdot 10^{-3} t_{cp}$	750
Вермикулит вспученный	150	$0,072 + 0,255 \cdot 10^{-3} t_{cp}$	1100
Перлитокерамические плиты ПК-350	350	$0,087 + 0,185 \cdot 10^{-3} t_{cp}$	900
Стекловата	200	$0,037 + 0,256 \cdot 10^{-3} t_{cp}$	600
Плиты: из минеральной ваты асбестоцементные	200—600 300—500	$(0,075 + 0,23 \cdot 10^{-3}) t_{cp}$ $(0,085 + 0,198 \cdot 10^{-3}) t_{cp}$	600 450
Полотно асбестовое армированное	900—1000	$(0,157 + 0,221 \cdot 10^{-3}) t_{cp}$	500

7. Нормы расхода огнеупорных изделий на текущий ремонт и эксплуатацию печей (кг на 1 т продукции)

Печи	Виды огнеупорных изделий			
	шамотные	динасовые	хромомагнезитовые	трепельные или диатомовые
Камерные для нагрева под ковку или штамповку слитков и заготовок	8—20	—	10—30	0,3—1,0
Методические и полуметодические для нагрева под ковку, штамповку и прокатку слитков и заготовок *	3—8	3	0,5—1,0	0,3—1
Для термообработки **	5—15	—	—	0,5—1,5

* Меньшие значения — для цехов производительностью 50 000 т в год и выше; большие — для цехов производительностью 10 000 т в год и ниже.

** Меньшие значения для цехов производительностью 20 000 т в год и выше; большие — для цехов производительностью 5000 т в год и ниже.

8. Продолжительность эксплуатации различных элементов кладки

Элементы	Продолжительность, мес
Нагрев до 1000 °С	
Своды	12—18
Стенки печей	12—24
Перевальные стенки, облицовка окон и другие наиболее изнашиваемые части	6—12
Нагрев св. 1100 °С	
Своды печей ¹ и камер ²	3—6
Стенки печей ¹ и камер ²	4—8
Поды печей и камер ²	1—3*
Своды, стенки и поды подогривательных камер ²	12—36

¹ Камерных.
² Методических печей.
* Чистка пода от шлака каждую неделю или раз в две недели.

Характеристика и расход материалов для постройки печей

Характеристики огнеупорных материалов, легковесных огнеупоров и теплоизоляционных материалов, которые используют при постройке печей, а также жароупорных сплавов для металлических частей арматуры и гарнитуры печей, поддонов, конвейеров и т. д. приведены в табл. 5—6.

Данные по расходу огнеупорных изделий на текущий ремонт и эксплуатацию печей, а также продолжительность эксплуатации отдельных элементов печей показаны в табл. 7—8.

Глава 7 ЭЛЕКТРОНАГРЕВ И ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

1. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОНАГРЕВА МЕТАЛЛА ПОД КОВКУ И ШТАМПОВКУ

В кузнечно-штамповочном производстве для нагрева заготовок из различных сталей, цветных металлов и сплавов в интервале 800—1300 °С применяют электрические печи сопротивления, индукционные нагревательные установки, установки электроконтактного нагрева и ванны с расплавами сталей, стекла и электролитов.

Электронагрев по расходу энергии на тонну заготовок менее экономичен, чем нагрев в пламенных печах. Однако его широко применяют, так как он повышает производительность труда, позволяет провести полную автоматизацию и обеспечить высокую стабильность процесса, улучшить условия труда и сократить потери металла на окиснообразование.

Потери металла в виде окалины при индукционном и электроконтактном нагреве составляют 0,2—0,4 % массы нагреваемого металла, что почти в 10 раз меньше, чем при нагреве в пламенных печах. Уменьшение окалины повышает качество поковок и увеличивает стойкость штампов кузнечно-прессового оборудования.

Технологические преимущества электронагревательных устройств особенно эффективны в серийном поточном производстве.

В машиностроении наиболее распространены металлом, обрабатываемым в кузнечно-штамповочных цехах, являются различные стали. Поэтому в дальнейшем речь будет идти о нагреве сталей, если нет особых оговорок.

Нагрев в электрических печах сопротивления

В высокотемпературных (до 1600 °С) и среднетемпературных (до 1350 °С) электрических печах сопротивления,

применяемых для нагрева заготовок из стали и цветных металлов под пластическую деформацию, обеспечивается в рабочем пространстве автоматическое регулирование температуры и высокая равномерность нагрева заготовок. Тепловая изоляция высокотемпературных и среднетемпературных печей состоит минимум из двух слоев: внутреннего огнеупорного, способного работать при рабочей температуре печи и достаточно механически прочного (этот слой воспринимает все нагрузки от нагреваемых изделий и нагревателей); наружного теплоизоляционного, освобожденного от каких-либо нагрузок, кроме собственного веса, но зато обеспечивающего уменьшение до минимума тепловых потерь. Для внутреннего огнеупорного теплоизоляционного слоя в среднетемпературных электрических печах применяют шамотно-глиняные и шамотно-каолиновые теплоизоляционные изделия, предельная рабочая температура которых 1350 °С.

Основные свойства некоторых теплоизоляционных изделий даны в гл. 6. В высокотемпературных электрических печах огнеупорная изоляция выполняется из высокоглиноземистых корундовых пенологковесов с допустимой температурой применения 1600 °С. Для наружной тепловой изоляции применяют каолиновую вату или сыпучий материал из обожженного вермикулита с максимально допустимой температурой применения 1100 °С. Основные свойства важнейших огнеупорных изделий приведены в гл. 6.

Нагревательные элементы печей сопротивления изготавливают из сплавов с высоким омическим сопротивлением. В диапазоне температур 1000—1100 °С применяют нихромовые сплавы, например, Х15Н60, а при более высоких температурах — железохромоалюминиевые сплавы.

В печах с рабочими температурами 1300—1500 °С применяют силитовые (карборундовые) и дисилицидмолибде-

1. Основные свойства материалов для нагревательных элементов

Материал	Плотность, кг/дм ³	Удельное электрическое сопротивление при 20 °Ср × 10 ⁸ , Ом·м	Температура плавления, °С	Максимальная рабочая температура, °С
<i>Сплавы</i>				
Нихромы:				
X20H80-H	8,4	1,1	1400	1100
X20H80-T3	8,2	1,27	1400	1100
X15H60-H	7,9	1,1	1390	1000
Железохромоникелевые:				
X25H20C2	7,84	0,92	1420	900
X23H18	7,8	0,9	1420	900
Нихромы с алюминием:				
XH70Ю	7,9	1,34	1400	1200
X15H60Ю3А	7,9	1,21	1390	1200
Железохромоалюминиевые:				
0X27Ю5А	7,2	1,42	1525	1300
0X23Ю5А	7,27	1,35	1525	1200
<i>Чистые тугоплавкие металлы</i>				
Молибден	10,2	0,052	2625	1700/2200 *
Тантал	16,6	0,15	3000	2500/2800 *
Вольфрам	19,34	0,05	3400	2500/2800 *
Ниобий	8,5	0,17	2470	1700/2200 *
<i>Неметаллические материалы</i>				
Карборунд	2,3	800—1900	—	1500
Графит	1,6	8—13	—	2300/2800 *
Уголь	1,6	40—60	—	2300/2800 *
Дисилид молибдена	5,6	0,2—0,4	—	1700

* Числитель — в вакууме, знаменатель — в защитной атмосфере.

новые нагреватели, имеющие форму стержней различных размеров. Основные материалы для нагревательных элементов приведены в табл. 1.

В кузнечно-штамповочном производстве применяют камерные и карусельные электрические печи.

Типовая конструкция камерной печи сопротивления показана на рис. 1. В ней применены дисилицидные нагреватели с рабочей температурой 1500—1600 °С. Металлический защитный кожух 2 печи футерован огнеупорным кирпичом 7 и теплоизоляционным материалом 9. В верхней части печи смонтированы токоподвод 1 и асбестовый уплотнитель 3. Внутри камеры расположены нагреватель 5,

термопара 6 и карборундовая подовая плита 8. Печь снабжена экраном 10, кожухом 4, кронштейном дверцы 11 и ручкой 12 дверцы 13. В камерной электрической печи можно поддерживать температуру с точностью ±5 °С и создавать любую рабочую атмосферу, используя защитные газы и безокислительную среду. При нагреве заготовок до 1300 °С расходуются примерно 430 МДж электроэнергии на тонну нагретого металла. Крупные заготовки, которые невозможно загрузить в обычную камерную печь, нагревают в камерных печах с выдвижным подом (рис. 2).

Для нагрева большого количества однотипных заготовок часто в куз-

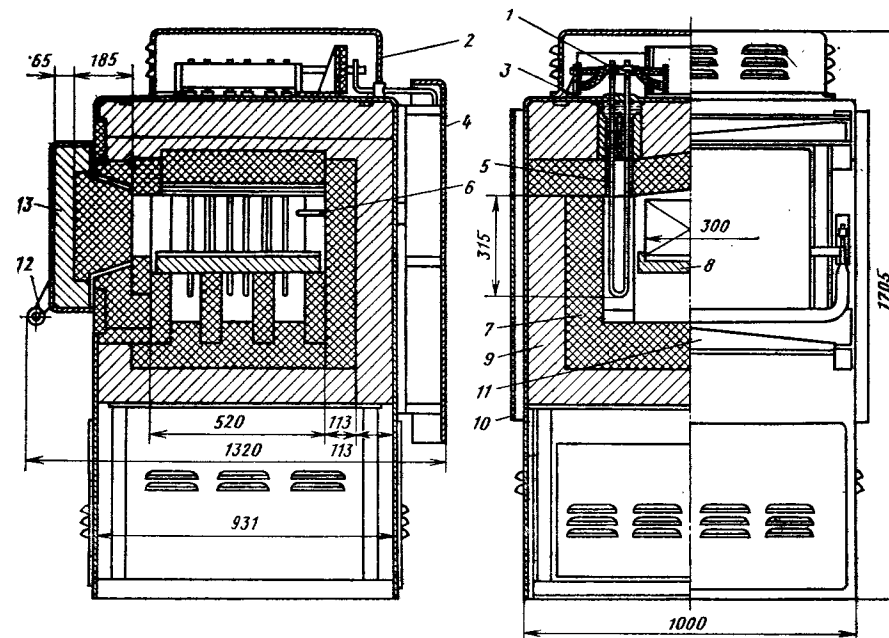


Рис. 1. Конструкция камерной высокотемпературной печи с нагревателями из дисилицид-молибдена

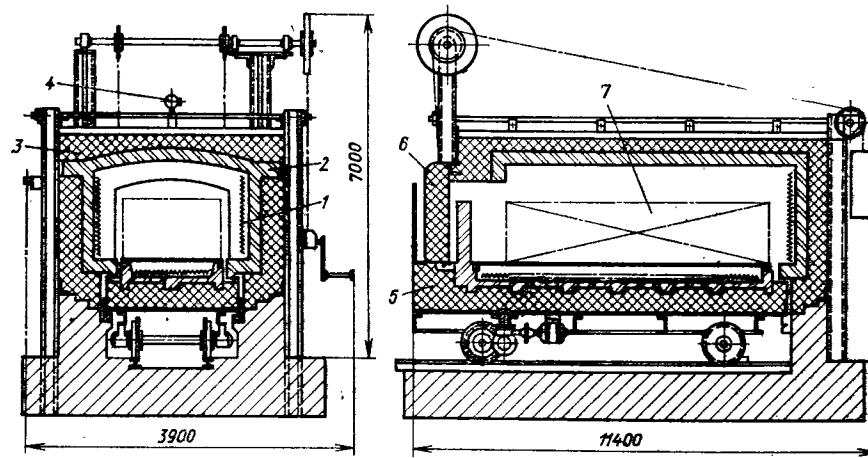


Рис. 2. Камерная печь с выдвижным подом:

1 — нагреватели; 2 — огнеупорная кладка; 3 — теплоизоляция; 4 — термопара; 5 — выдвижной под; 6 — дверца; 7 — заготовка

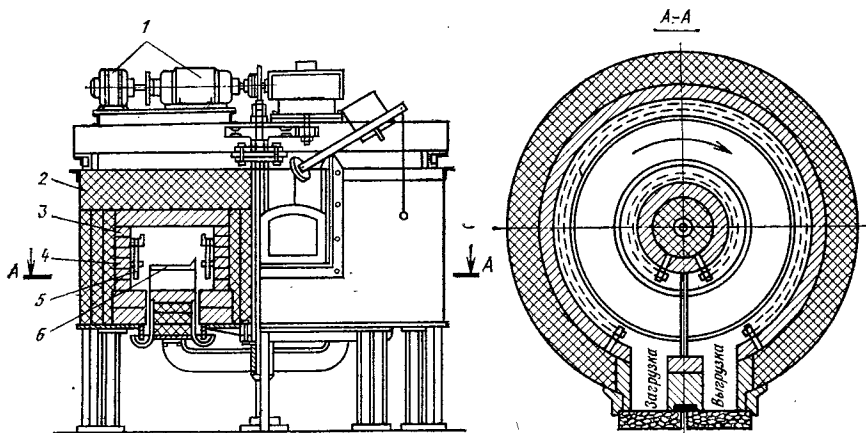


Рис. 3. Карусельная электрическая печь: 1 — привод с редуктором; 2 — каркас печи; 3 — теплоизоляция; 4 — огнеупорная кладка; 5 — нагреватель; 6 — жароупорная плита

нечных цехах применяют карусельные электрические печи (рис. 3). Печь имеет кольцеобразную форму. Стены и свод ее неподвижны, а под печи вращается вокруг вертикальной оси. Заготовки через загрузочное окно укладываются в печь на движущийся под, который в печи делает полный круг, затем вынимают их из печи через окно для выгрузки. Электрические печи легко могут быть механизированы и автоматизированы, что позволяет встраивать их в автоматические поточные линии.

Индукционный нагрев

Индукционный нагрев основан на передаче на малые расстояния специально сформированного потока электромагнитной энергии и превращении ее в тепловую в заготовке. Формирование направленного потока электромагнитной энергии осуществляется с помощью индуктирующих катушек-индукторов плоской или цилиндрической формы, выполненных из водоохлаждаемой медной трубки.

Индукторы подключают к специальным генераторам переменного напряжения различных стандартных частот.

Если внутрь индуктора поместить металлическую заготовку, то по закону электромагнитной индукции в ней возникает переменный электрический

ток, под действием которого в заготовке будет выделяться тепловая энергия. Метод нагрева проводящих тел индуктированными токами получил название индукционного.

Вследствие поверхностного эффекта — известного явления неравномерного распределения переменного тока в проводниках — плотности тока в индуктирующем проводнике и протекающего по заготовке неодинаковы по их сечению. Наибольшие значения плотностей тока наблюдается на поверхностях индуктирующего проводника и нагреваемой заготовки. Плотности тока постепенно уменьшаются по экспоненциальному закону по мере удаления от этих поверхностей по следующей зависимости:

$$\delta_x = \delta_0 e^{-\frac{x}{\Delta}}, \quad (1)$$

где δ_x — действующее значение плотности тока на расстоянии x от поверхности проводника, A/m^2 ; δ_0 — действующее значение плотности тока на поверхности проводника, A/m^2 ; e — основание натуральных логарифмов, равное 2,718; Δ — расстояние, м, от поверхности проводника по направлению к его центру, на котором плотность тока убывает в e раз по сравнению с плотностью тока на поверхности, называемое в технике индукционного нагрева глубиной проникновения тока.

2. Глубина проникновения (мм) тока в металл

Материал	Температура, °С	Удельное электрическое сопротивление $\rho \cdot 10^8$, Ом·м	Относительная магнитная проницаемость	Глубина проникновения тока в металл при различных частотах, Гц						
				50	1000	2500	8000	70 000	150 000	250 000
Сталь	20	10	60	2,8	0,64	0,40	0,22	0,07	0,05	0,04
	1000	130	1	85,5	19,0	12,0	6,7	2,21	1,55	1,20
Медь	20	2	1	9,5	2,1	1,34	0,75	0,35	0,16	0,13
	1000	10	1	23,5	5,1	3,3	1,8	0,55	0,39	0,32
Латунь	20	7	1	18,7	4,2	2,57	1,48	0,45	0,32	0,26
	850	14,7	1	27,4	6,1	3,86	2,16	0,66	0,47	0,39
Алюминий	20	2,9	1	12,0	2,7	1,7	0,95	0,31	0,21	0,17
	600	11,3	1	24,0	5,4	3,4	1,7	0,60	0,42	0,34

Глубина проникновения тока

$$\Delta = \sqrt{\frac{2}{\omega \mu \sigma}}, \quad (2)$$

где $\omega = 2\pi f$ (f — частота тока, Гц); μ — магнитная проницаемость материала проводника, Гн/м; $\mu = \mu_{отн} \mu_0$ ($\mu_{отн}$ — относительная магнитная проницаемость, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м); σ — удельная электрическая проводимость среды, См.

В практике индукционного нагрева кузнечных заготовок встречается понятие сквозного нагрева, под которым подразумевается высокопроизводительный равномерный нагрев металла внутренними источниками тепловой энергии.

Существенное влияние на производительность и КПД индукционных нагревателей оказывает отношение диаметров нагреваемых заготовок к глубине проникновения тока в металл.

В табл. 2 представлены значения глубины проникновения тока в некоторых

металлах при различных частотах и температурах.

Выбор частоты тока. При выборе преобразователей частоты для индукционного нагрева заготовок необходимо учитывать следующее. Если отношение диаметра нагреваемой заготовки к глубине проникновения тока больше 10, то передача энергии происходит с высоким КПД. Однако при этом объемная удельная мощность ($Вт/м^3$), выделяемая в металле заготовки, более чем в 2 раза ниже максимально возможной, получаемой при отношении диаметра заготовки к глубине проникновения приблизительно равном 4. Поэтому при сквозном нагреве с целью повышения производительности процесса желательно обеспечивать указанное выше соотношение, при котором в нагреваемой заготовке выделяется максимальное значение удельной объемной мощности. Это достигается рациональным выбором частоты источника питания индукционного нагревателя.

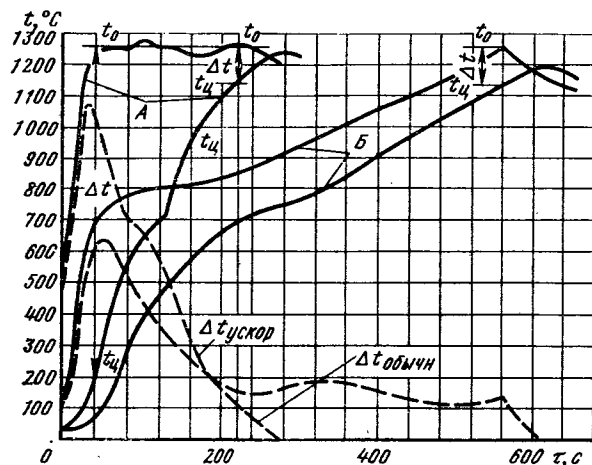


Рис. 4. Зависимость температуры от времени нагрева заготовок:

А — при ускоренном нагреве; Б — при обычном нагреве; $\Delta t_{\text{ускор}}$, $\Delta t_{\text{обыч}}$ — температурные перепады между поверхностью и центром заготовки соответственно при ускоренном и обычном нагреве

Для сквозного нагрева стальных заготовок различного диаметра рекомендуется применять следующую частоту.

Частота тока индуктора, Гц 500 1000 2500 4000 8000 66·10³ и более
Диаметр нагреваемой заготовки, мм 90—180 60—120 40—80 30—60 20—40 20 и менее

3. Предельные диаметры заготовок при индукционном нагреве на промышленной частоте

Материал	Температура, °С	Диаметр заготовки, см		Частота тока, Гц
		мини-малый	оптимальный	
Сталь	1200	18	33	50
Алюминий	600	7	9	50
Медь	1000	7	9	50
Никель	1200	12	21	50
Титан	1200	20	40	50

почтение следует отдавать минимально допустимым частотам.

Предельные диаметры заготовок из различных материалов в случае применения промышленной частоты 50 Гц приведены в табл. 3.

В процессе нагрева температуры металла (рис. 4) на поверхности (t_0) и в центре заготовки ($t_ц$) изменяются во времени (τ) по различным функциональным зависимостям [$t_0(\tau)$ и $t_ц(\tau)$]; разность Δt определяет степень неравномерности распределения температуры по сечению в момент окончания нагрева заготовки. При этом перепад температур Δt в 100—150 °С является практически допустимым для большинства сталей, а в 80—150 °С — для алюминия и его сплавов. За время передачи нагретой заготовки к кузнечной машине (2—3 с) эта разность температур существенно уменьшается.

Так как при индукционном нагреве превращение электрической энергии в тепловую в основном происходит в поверхностном слое заготовки, то остальная ее часть нагревается за счет теплопроводности. Поэтому равномер-

4. Время нагрева (с) до 1250 °С стальных цилиндрических заготовок током стандартных частот

Диаметр заготовки, мм	Частота, Гц											
	500		1000		2500		4000		8000		10 000	
	О	ПТП	О	ПТП	О	ПТП	О	ПТП	О	ПТП	О	ПТП
20	—	—	—	—	—	—	—	—	10	4	11	4,5
30	—	—	—	—	—	—	—	—	28	12	31	12,5
40	22	9	30	12	43	18	50	20	58	24	61	25
50	—	—	—	—	—	—	—	—	100	40	101	41
60	72	32	96	39	123	50	134	56	148	60	151	61
70	—	—	—	—	—	—	—	—	205	83	212	86
80	162	66	202	82	243	98	259	105	278	112	283	114
100	295	119	350	141	403	163	425	172	449	181	455	183
120	467	188	538	217	605	244	632	255	660	266	667	269
140	681	275	767	310	848	342	880	355	—	—	—	—
160	936	378	1038	419	1131	457	1170	472	—	—	—	—
180	1232	498	1349	545	1456	588	1500	606	—	—	—	—
200	1568	633	1700	686	1822	735	1870	755	—	—	—	—

Примечание. О — обычный нагрев; ПТП — нагрев при постоянной температуре поверхности.

ное распределение температуры по сечению для данной частоты тока можно получить только при определенной продолжительности нагрева. На общую продолжительность нагрева заготовки существенно влияет характер изменения во времени температуры поверхности нагреваемого металла. В практике сквозного электронагрева под ковку и штамповку применяются ускоренные или обычные режимы нагрева заготовок (см. рис. 4).

При ускоренном режиме нагрева температура поверхности быстро достигает конечного значения и в дальнейшем поддерживается на этом уровне. В начале нагрева температура в центре заготовки значительно ниже температуры ее поверхности. Между поверхностью и центром создается большой перепад температур, за счет которого теллота от поверхности быстро проникает к центру.

В процессе обычного нагрева температура поверхности заготовки возрастает медленно, но с такой средней скоростью, при которой в момент до-

стижения заданной температуры нагрева между поверхностью и центром устанавливается допустимый температурный перепад 100—150 °С. Общая продолжительность обычного нагрева в 2,5—3 раза больше, чем ускоренного. Дальнейшее увеличение продолжительности нагрева связано с ростом потерь теплоты и нецелесообразно из экономических соображений.

Выбор времени нагрева. Ввиду сложности точного аналитического расчета, связывающего нестационарный процесс теплообмена с существенно нелинейными характеристиками нагреваемых заготовок, на практике время нагрева заготовки из определенного материала и заданного диаметра при использовании тока той или иной частоты обычно определяют по таблицам или графикам, которые составлены по опытным данным для широкой номенклатуры заготовок и частот.

В табл. 4 приведены значения времени нагрева заготовок из углеродистой конструкционной стали различного диаметра токами стандартных ча-

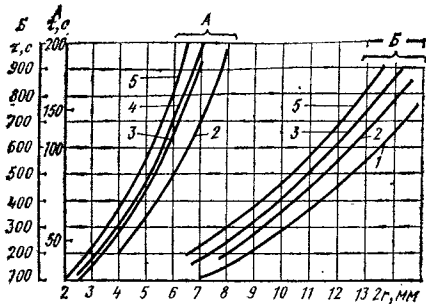


Рис. 5. Время нагрева заготовок при частоте Гц:
1 — 500; 2 — 1000; 3 — 2500; 4 — 4000; 5 — 10 000

стот при обычном и ускоренном режимах нагрева*.

Обычный режим нагрева, как правило, осуществляется при удельной мощности, близкой к постоянной, в индукторах, витки которых равномерно распределены по всей длине. Главное преимущество обычного режима нагрева в простоте индуктора и в возможности использования его для нагрева заготовок, близких по диаметру, но отличающихся по длине.

Ускоренный нагрев применяется, как правило, для заготовок одинаковой длины и требует переменной удельной мощности, передаваемой заготовке в течение всего цикла нагрева. Для этого

* В литературе иногда называют режимом с постоянной температурой поверхности (ПТП).

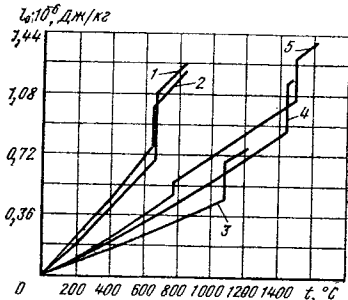


Рис. 6. Зависимость удельного количества теплоты металлов от температуры:
1 — алюминий; 2 — магний; 3 — медь; 4 — никель; 5 — сталь

применяются индукторы усложненной конструкции с неравномерной плотностью витков по длине. Главным преимуществом устройств для ускоренного режима нагрева является меньшая длина индуктора при одной и той же производительности процесса в сравнении с длиной индуктора для обычного режима нагрева.

На рис. 5 приведены графики продолжительности обычного нагрева до 1250 °С стальных заготовок разных диаметров (перепад температур между поверхностью и центром в конце нагрева $t = 100$ °С). Для квадратных заготовок со стороной a принимают эквивалентный диаметр $2R = 1,14a$.

Графики на рис. 5 дополняют табл. 5 по определению продолжительности нагрева заготовок для промежуточных значений их диаметров.

Мощность индукционного нагревателя. При выборе источника питания (преобразователя частоты) и силового электротехнического оборудования индукционной технологической установки необходимо знать мощность нагревателя. Исходными данными для расчета являются: диаметр нагреваемой заготовки, необходимая производительность (кг/ч) и температура нагрева (°С).

Мощность (кВт), выделяемая в нагреваемой заготовке,

$$P_a = \frac{ctG}{3,6 \cdot 10^3},$$

где t — температура нагрева, °С; c — удельная теплоемкость нагреваемого металла, Дж/(кг·°С); G — необходимая производительность, кг/ч.

Полезную мощность (кВт) можно также определить с помощью кривых удельного количества теплоты l_0 , показанных на рис. 6, и заданной производительности по формуле

$$P_a = l_0 G_0 \cdot 3 \cdot 10^{-6},$$

где l_0 — удельное количество теплоты, Дж/кг; G_0 — производительность, кг/ч.

Полезная P_{II} мощность индукционного нагревателя должна всегда превышать полезную мощность P_a , выделяемую в нагреваемой заготовке, на величину тепловых и электрических потерь, которые учитываются общим коэффициентом полезного действия ($\eta = 0,5 \div 0,6$): $P_{II} = P_a / \eta$.

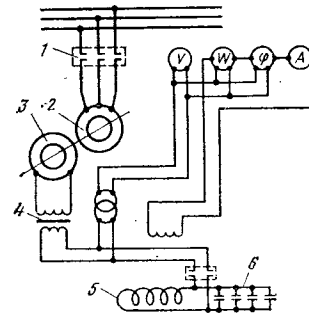


Рис. 7. Принципиальная схема индукционной нагревательной установки:
А, V, W, φ — измерительные приборы

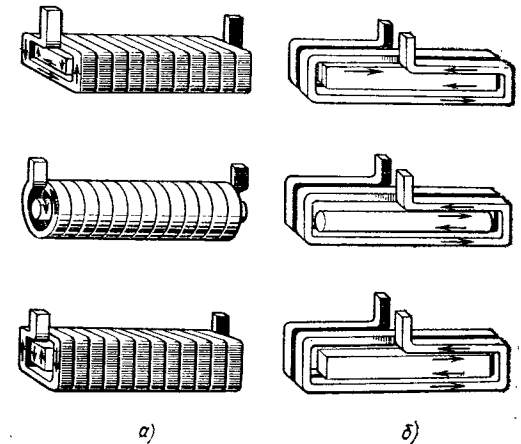


Рис. 8. Нагрев прямоугольных, круглых и квадратных заготовок (стрелками показано мгновенное направление тока в индуктирующем проводе и нагреваемых заготовках)

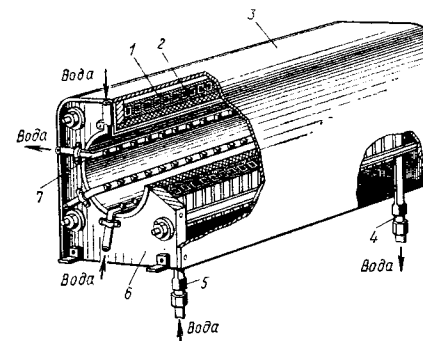


Рис. 9. Индуктор для сквозного нагрева цилиндрических заготовок

чки Кюри) — частоту 50 Гц, а в диапазоне 770—1250 °С — частоту 1000 или 2500 Гц.

Индукционная нагревательная установка (рис. 7). Она работает следующим образом. Трехфазный электродвигатель 2, подключаемый к сети 50 Гц контактором 1, приводит во вращение генератор — преобразователь частоты 3, к которому через согласующий силовой трансформатор 4 подключен индукционный нагреватель 5. Для компенсации реактивной мощности индукционного нагревателя параллельно ему подключена конденсаторная батарея 6. Наряду с электромашинными генераторами в качестве источников питания установок индукционного нагрева широко применяются тиристорные статические преобразователи частоты. Заготовки в индукторе можно нагревать как продольным (рис. 8, а), так и поперечным магнитным полем (рис. 8, б). При нагреве в поперечном магнитном поле время нагрева возрастает в 1,5—2 раза.

При использовании индукционного нагрева в конкретном технологическом процессе возникает необходимость в определении длины индуктора. Для этого вначале, зная диаметр нагреваемой заготовки, по табл. 6 или графику на рис. 5 находят время нагрева τ (с) и вычисляют массу l м длины заготовки L (кг/м). Затем по заданной производительности G (кг/ч) находят среднюю скорость (м/с) перемещения заготовки внутри индуктора

$$v = \frac{G}{L3600}.$$

Длина индуктора (м) $l_{II} = v\tau$.

Для нагрева стальных заготовок диаметром 60 мм и более под ковку и штамповку экономически целесообразно использовать комбинированный индукционный нагрев на двух частотах: до 770 °С (несколько выше то-

Индуктор. Основной элемент индукционной установки — индуктор. На рис. 9 показана конструкция индуктора для сквозного нагрева цилиндри-

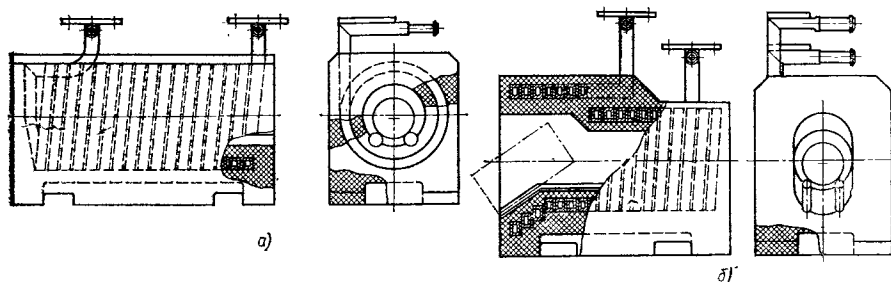


Рис. 10. Типовая секция индуктора:
а — нормальная; б — с расширением на выходе

ческих заготовок. Индуктирующий токопровод 1 выполнен в виде многовитковой катушки, изготовленной из медной водоохлаждаемой трубки прямоугольного сечения. Витки катушки изолированы друг от друга и стянуты между двумя асбоцементными плитами 6 при помощи специальных латунных шпилек с гайками. Индуктирующий токопровод 1 защищен изнутри слоем специальной тепловой изоляции 2, а снаружи — кожухом 3. Через патрубки 5 и 4 соответственно осуществляется подача и слив охлаждающей воды. Для защиты теплоизоляционного слоя от повреждения при перемещении нагреваемых заготовок внутри индуктора смонтированы водоохлаждаемые направляющие 7 из жаропрочной стали.

Типовые секционные конструкции

индукторов показаны на рис. 10, 11.

Ниже даны некоторые рекомендации для выбора, расчета и конструирования индукторов.

Удовлетворительный нагрев обеспечивается при следующих геометрических соотношениях размеров индуктора и заготовки: внутренний размер (диаметр, сторона) сечения индуктора должен быть в 1,5—2 раза больше диаметра или стороны перпендикулярного сечения заготовки, а длина катушки индуктора должна превышать длину одной заготовки или суммарную длину нескольких заготовок на один—два диаметра (стороны сечения) нагреваемого металла.

Толщина тепловой изоляции индуктора может быть выбрана в зависимости от диаметра нагреваемой заготовки.

Диаметр заготовки, мм	5	60—125	130—170	170 и более
Толщина тепловой изоляции, мм . . .	10—15	15—20	25—35	35—40

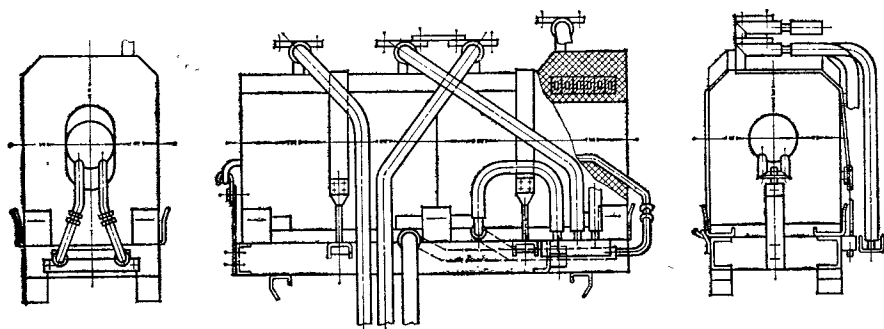


Рис. 11. Индуктор в сборе из двух секций

5. Параметры индукторов и режимы нагрева стальных заготовок

Заготовка			Индуктор				Режим					
Диаметр	Длина	Масса, кг	Внутренний диаметр	Длина обмотки	Число витков	Число заготовок в индукторе	Частота тока, кГц	Напряжение, В	Средняя мощность генератора, кВт	Темп выдачи заготовки, с	Время нагрева заготовки, с	Проводимость, кг/ч
<i>Обычный нагрев</i>												
56	230	4,4	120	1160	79	5	1	750	240	23	115	690
70	140	4,15	120	1160	79	8	1	750	350	13	104	1150
34	150	8,15	80	1400	47	1	2,5	650	150	73	73	400
48	415	20	100	1600	54	1	2,5	650	190	130	130	550
48	145	2,0	100	540	40	3	2,5	750	80	31	93	230
48	560	7,9	100	650	48	1	2,5	750	140	70	70	405
55	110	2,0	100	650	48	5	2,5	750	125	20	100	360
65	700	18,1	130	760	40	1	2,5	750	160	140	140	460
65	150	3,9	130	760	40	4	2,5	750	155	33	132	425
19	030	0,066	45	150	10	5	8	127	15	9	45	26
25	140	0,54	80	475	28	3	8	750	80	12	36	165
26	120	0,5	80	560	33	4	8	750	70	14	56	130
<i>Ускоренный нагрев</i>												
120	215	19,0	174	1880	57	8	1	860	650	33	265	2060
95	120	6,6	140	1200	61	9	1	750	465	16	144	1490
80	160	6,3	130	1680	37	10	2,5	1000	485	12	120	1510
70	140	4,2	120	1680	40	12	2,5	1000	540	9	108	1680

Витки индуктора должны быть расположены таким образом, чтобы не было встречного электромагнитного поля.

В индукционных нагревательных установках индуктор рекомендуется устанавливать горизонтально или с небольшим наклоном. Вертикальное расположение оси индуктора нежелательно из-за значительного угара металла (до 3%) вследствие большого притока воздуха из окружающего пространства в индуктор.

Безокислительный индукционный нагрев можно производить в индукторах, снабженных у входного и выходного концов камерами или полностью помещенных в камеру. Камеры заполняются защитными инертными газами.

В табл. 5 приведены параметры индукторов и режимы индукционного нагрева стальных заготовок. Эти параметры и режимы получены из практики индукционного нагрева заготовок

перед штамповкой на отечественных заводах и могут служить справочными данными при выборе, разработке и изготовлении аналогичных новых индукторов.

Для работы при напряжении 127 В индуктор подключается через понижающий трансформатор.

Конструкции индукционных нагревателей. Индукционные нагреватели, применяемые в кузнечно-штамповочном производстве, конструктивно состоят из средств нагрева — индукторов и механизмов загрузки, перемещения и выгрузки нагреваемых заготовок. На практике применяются индукционные нагреватели периодического и методического принципа действия.

Схема нагревателя периодического действия показана на рис. 12, а. В индуктор 1 толкателем 2 загружается только одна заготовка 3, которая при достижении заданной температуры нагрева выталкивается с помощью сле-

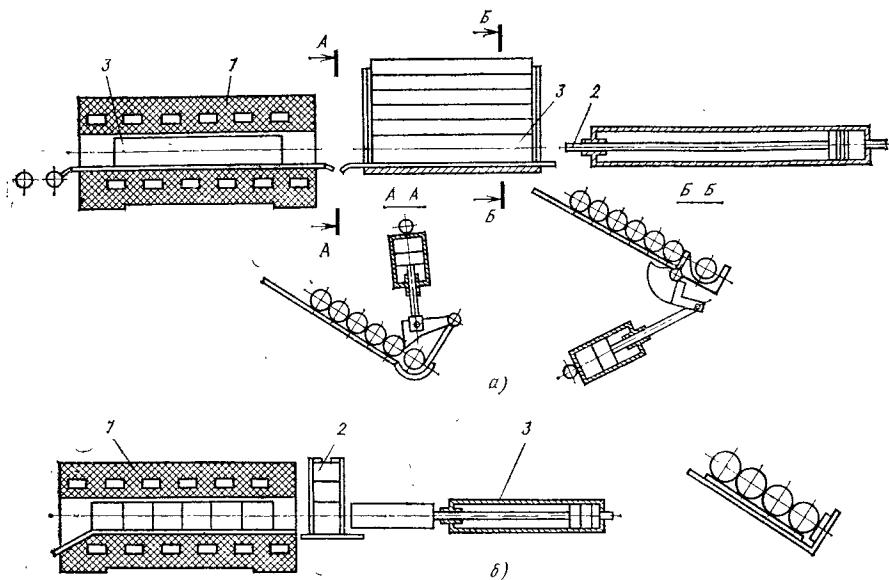


Рис. 12. Схема индукционного нагревателя: а — периодического действия; б — методического действия

дующей нагреваемой заготовки, загружаемой в индуктор. В дальнейшем процесс периодически повторяется.

На рис. 12, б изображена схема, поясняющая работу индукционного нагревателя методического действия. В таком нагревателе мерные заготовки 2 с постоянной скоростью или через интервалы времени перемещаются внутри индуктора 1 с помощью гидравлического или пневматического механизма 3. В индукторе одновременно находится несколько заготовок. Длина индуктора, число заготовок в нем и скорость их перемещения выбираются таким образом, чтобы заготовки на выходе из индуктора имели кратковременную температуру и определенный перепад температур между поверхностью заготовки и центром ее. Рекомендуется в индукторе размещать не менее трех заготовок, что обеспечит практически неизменность электрического режима работы нагревателя в момент загрузки холодной заготовки. Продолжительность (с) нагрева одной заготовки в методическом нагревателе $t = nt$ (n — число одновременно находящихся в индукторе заготовок;

t — время проталкивания одной заготовки через индуктор).

Методические нагреватели по сравнению с нагревателями периодического действия имеют более высокий КПД (на 10—15%) и производительность.

Индукторы для сквозного нагрева заготовок обладают низким коэффициентом мощности ($\cos \phi$). Для его увеличения параллельно с каждым индуктором к источнику тока подключают батарею конденсаторов, реактивная мощность которой в 10—15 раз больше активной мощности индуктора. Для методических нагревателей изменение емкости батареи конденсаторов в процессе нагрева обычно не требуется. В периодических нагревателях и в нагревателях с секционированными индукторами возникает необходимость изменения емкости конденсаторной батареи в разные периоды нагрева заготовок, что осуществляется с помощью регулятора коэффициента мощности.

Энергоснабжение нескольких индукционных нагревателей током повышенной частоты можно обеспечить одним из следующих способов:

каждый нагреватель снабдить своим преобразователем частоты (индивидуальный способ питания); все нагреватели подключают к общим шинам; к этим же шинам подключить один преобразователь большой мощности или несколько маломощных преобразователей (централизованное питание). Каждый из этих способов питания имеет преимущества и недостатки. Выбор способа питания нагревателей в конкретном случае должен быть обоснован технико-экономическим расчетом с учетом местных условий.

Нагрев мерных цилиндрических заготовок длиной до 300 мм выгодно выполнять в индукционных методических установках с цилиндрическими индукторами. В такие нагреватели заготовки могут поступать с наклонных лотков 2 (рис. 13, а) и загружаться в индуктор толкателями различных типов — пневматическими, гидравлическими, механическими (реечными и кривошипными). В отдельных случаях заготовки на лотке удерживает специальный механизм, периодически подающий и нижнюю заготовку на линию толкатель—индуктор. Для перемещения заготовок используют также шаговые механизмы, магнитные ролики с постоянными магнитами (для ферромагнитных материалов), протяжные роликовые механизмы.

Короткие заготовки, имеющие косые торцы, заусенцы, значительное искривление оси, можно греть в отдельных случаях на всю длину в карусельных нагревателях с щелевыми индукторами (рис. 13, б).

Индукционный нагрев цилиндрических заготовок длиной 300—2000 мм осуществляют в цилиндрических и овальных и (чаще) в секционированных индукторах. Секционированные индукторы применяют для нагрева заготовок длиной до 8 м, при этом заготовки перемещаются системой поддерживающих и прижимных роликов.

Индукционный нагрев концов заготовок и местный нагрев целесообразно выполнять в специальных индукторах — кольцевых, щелевых и овальных; заготовки в такие индукторы подают карусельными столами или механизмами барабанного типа.

Преобразователи частоты необходимы для получения токов повышенной

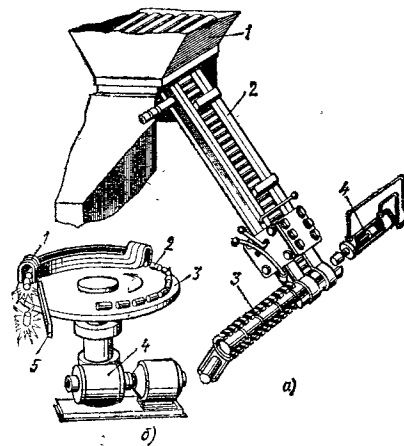


Рис. 13. Методические индукционные установки для нагрева мерных цилиндрических заготовок:

а — установка с толкателем; 1 — бункер для заготовок; 2 — наклонный лоток; 3 — индуктор; 4 — механизм загрузки; б — карусельная установка с щелевым индуктором; 1 — индуктор; 2 — заготовка; 3 — вращающийся стол; 4 — механизм привода вращения стола; 5 — выбрасыватель заготовок

ной частоты (500—8000 Гц) из тока промышленной частоты (50 Гц).

Для индукционного нагрева токами промышленной частоты преобразователи частоты не требуются; в этом случае индуктор подключают либо непосредственно к электросети промышленной частоты, либо через понижающий трансформатор.

Для получения токов повышенной частоты применяют машинные и тиристорные преобразователи.

Электроконтактный нагрев

Если через заготовку пропустить электрический ток, то в ней по закону Джоуля—Ленца будет выделяться тепловая энергия (Дж), которую можно вычислить по формуле $Q = I^2 R t$, где I — действующее значение силы тока, протекающего через заготовку, А; R — активное сопротивление нагреваемой заготовки, Ом (определяется с учетом глубины проникновения тока в металл); t — время протекания тока, с.

На этом явлении и основан электроконтактный метод нагрева или нагрев

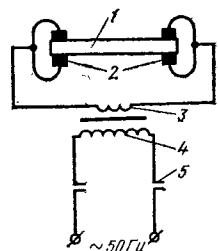


Рис. 14. Схема контактной установки

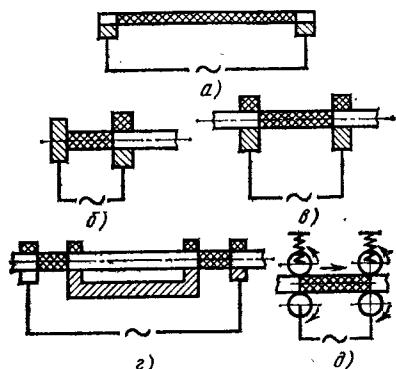


Рис. 15. Технологические схемы электроконтактного нагрева

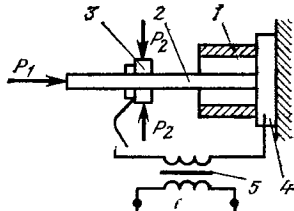
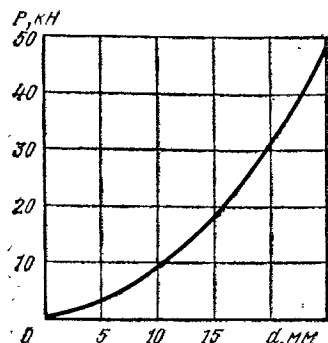


Рис. 16. Технологическая схема процесса электровысадки:

1 — матрица; 2 — высаживаемая заготовка; 3 — радиальный контакт; 4 — торцовый контакт; 5 — трансформатор; P_1 — усилие высадки; P_2 — усилие контактного зажима в радиальных контактах

сопротивлением. Электроконтактный нагрев характеризуют большие токи, пропускаемые через нагреваемые заготовки (1—40 кА), и малые подводимые напряжения (2—20 В).

Схема силовой цепи электроконтактной установки показана на рис. 14. К нагреваемой заготовке 1 с помощью контактов 2 подключена вторичная обмотка 3 понижающего трансформатора, электрическая энергия к которой поступает через контактор 5

Рис. 17. Зависимость усилия высадки P при электроконтактном нагреве от диаметра высаживаемой заготовки d

от силовой электрической сети напряжением 380 или 220 В, частотой 50 Гц, к которой подключена первичная обмотка 4 силового трансформатора.

Контактным способом рекомендуется нагревать длинномерные заготовки ($l > 1,5d^2$, где l — длина заготовки; d — диаметр заготовки), имеющие постоянное поперечное сечение по длине. Этим методом можно нагревать прутки диаметром до 100 мм и профильные заготовки. На практике применяют следующие технологические схемы нагрева (рис. 15): а — нагрев по всей длине заготовки; б — только одного конца заготовки; в — некоторого участка длинномерной заготовки; г — нескольких участков заготовки одновременно; д — непрерывный нагрев заготовки при ее движении между двумя парами роликов.

Широкое применение электроконтактный нагрев находит в высадных машинах, используемых в серийном кузнечно-штамповочном производстве.

Технологическая схема процесса электровысадки для изготовления из прутков различного диаметра (10—30 мм) поковок с утолщением на торце показана на рис. 16.

Усилие высадки p в зависимости от диаметра d высаживаемой заготовки можно выбрать по графику рис. 17.

Преимущества контактного нагрева заключаются в следующем. По сравнению с печным нагревом контактные электронагреватели обеспечивают большую скорость нагрева, лучшие условия работы обслуживающего персонала, меньший угар металла (по-

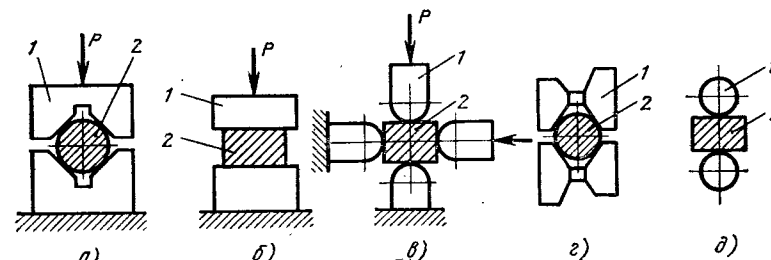


Рис. 18. Типы токоподводящих контактов зажимных головок электроконтактных установок

рядка нескольких десятых долей процента), а по сравнению с индукционным — более равномерное распределение температуры по сечению нагреваемой заготовки, возможность получить в центре сечения заготовки более высокую температуру, чем на поверхности, и обеспечить тем самым оптимальные условия деформации металла при некоторых видах обработки давлением (штамповка, прокатка), имеет высокий КПД, достигающий 93 %.

Недостатки контактного нагрева следующие: низкая стойкость контактов; неравномерность нагрева заготовки по длине из-за интенсивного теплоотвода водоохлаждаемых контактов (обычно температура заготовки в зоне, занимаемой контактом, на 100—300° С ниже, чем на участке, свободном от контактов).

Усилие контактных зажимов должно быть в пределах 9,8—49,0 кН. После разогрева заготовки это усилие следует уменьшить, что необходимо предусматривать при конструировании токоподводящих устройств электроконтактной установки.

В зависимости от диаметра нагреваемой заготовки рекомендуется применять следующее усилие сжатия контактов.

Диаметр заготовки, мм	20—30	30—50	50—70
Усилие сжатия, кН	9,8	29,4	49,4

Различные виды токоподводящих контактов зажимных головок электроконтактных установок показаны на рис. 18. По конструктивному выполнению зажимные токоподводящие контакты 1 для нагреваемых заготовок 2

можно подразделить на следующие основные типы:

призматические, применяемые в качестве радиальных контактов при нагреве цилиндрических заготовок (рис. 18, а);

плоские, применяемые в качестве радиальных контактов при нагреве прямоугольных заготовок и радиально-торцовых при нагреве цилиндрических и прямоугольных заготовок, а также используемые в качестве торцовых контактов при зажиме заготовок с торцов (рис. 18, б);

цилиндрические со сферической контактной поверхностью, применяемые в качестве радиальных и торцовых контактов, преимущественно в многоконтактных головках (рис. 18, в);

роликовые, применяемые в качестве вращающихся радиальных контактов, при движении проволоки или прутка во время нагрева (рис. 18, г); цилиндрические (рис. 18, д), применяемые в качестве радиальных контактов при нагреве цилиндрических или прямоугольных заготовок небольшого диаметра или небольших поперечных размеров (до 15 мм).

Ниже приведены рекомендации по улучшению работы и увеличению стойкости медных контактов.

В процессе работы поверхности контактов упрочняются из-за наклепа и оседания мелких частиц нагреваемого металла и окалины; это увеличивает работоспособность контактов и срок их эксплуатации.

Упрочненный слой при каждой очередной зачистке поверхностей контактов нужно сохранять.

Практика электроконтактного нагрева показывает, что деформация

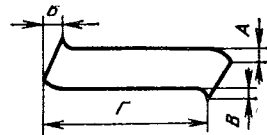


Рис. 19. Деформация концов заготовок при отрезке на пресс-ножницах

концов заготовки, полученной отрезкой на пресс-ножницах, в штампах или другими способами, не должна превышать (рис. 19) следующих значений, мм: $A = 0,3$ — для заготовок диаметром 18—45 и $A = 0,4$ — для заготовок диаметром 45—75; для всех заготовок $B = 0,5$, $V = 1$ и отклонение по длине $\Gamma = 0,4$.

При уменьшении (износе) поверхностного слоя контакта на 5 мм такой контакт следует употреблять для нагрева заготовок с большими диаметрами, чем те, на которые был первоначально рассчитан и изготовлен данный контакт.

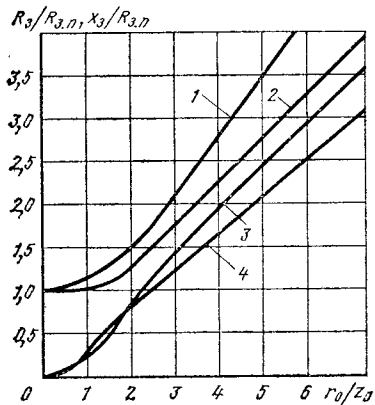


Рис. 20. График для расчета активного и внутреннего индуктивного сопротивления цилиндрических заготовок из ферромагнитных и парамагнитных материалов: 1 — $R_{3, \phi} / R_{3, \text{п}}$; 2 — $R_{3, \phi} / R_{3, \text{п}}$; 3 — $x_{3, \phi} / R_{3, \text{п}}$; 4 — $x_{3, \phi} / R_{3, \text{п}}$; R_3 — активное сопротивление заготовки из парамагнитного материала; $R_{3, \phi}$ — то же, для ферромагнитного материала; $x_{3, \phi}$ — внутреннее индуктивное сопротивление заготовки из парамагнитного материала; $x_{3, \phi}$ — то же, для ферромагнитного материала; $R_{3, \text{п}}$ — сопротивление заготовки постоянному току; r_0 — радиус заготовки; z_0 — глубина проникновения электромагнитной волны в металл

На поверхности заготовок, предназначенных для контактного электронагрева, категорически не допускаются окалина или ржавчина, разрушающие надежное электрическое соединение с контактным зажимом.

Для повышения стойкости контактов их нужно делать штампованными или наклепывать, т. е. подвергать рабочей поверхности обработке давлением в холодном состоянии.

Выбор и расчет основных параметров процесса и оборудования. Активное и внутреннее индуктивное сопротивление заготовок цилиндрической формы из ферромагнитных и парамагнитных материалов определяют по рис. 20. Для заготовок из ферромагнитных материалов в виде прямоугольников, равнобоких уголков, тавров, двутавров можно пользоваться этими же графиками, если аргумент r_0/z_0 заменить отношением $2S/\Pi z_0$, где S , Π и r_0 — соответственно площадь и периметр поперечного сечения, радиус заготовки; $z_0 = \Delta$ — глубина проникновения тока в металл (см. табл. 2).

Сопротивление заготовок постоянному току

$$R_{3, \text{п}} = \rho(t) \frac{l}{S},$$

где $\rho(t)$ — удельное сопротивление нагреваемого металла в зависимости от температуры t ; l — длина нагреваемой заготовки; S — площадь поперечного сечения нагреваемой заготовки.

Зависимость удельных тепловых потерь вследствие излучения и конвекции от температуры поверхности заготовки показана на рис. 21.

Продолжительность нагрева (с) заготовки массой m' до заданной температуры t_2 при средней удельной теплоемкости

$$\tau = \frac{m'c(t_2 - t_1)}{\eta_{\text{т}} P_{\text{ср}}},$$

где t_1 и t_2 — соответственно начальная и конечная температуры заготовки, °С; $P_{\text{ср}} = (17 - 25) 10^4$ Вт — средняя мощность, выделяющаяся на 1 м длины заготовки; c — средняя удельная теплоемкость материала заготовки в заданном интервале температур, Дж/(кг·К); m' — масса заготовки на

1 м ее длины, кг; $\eta_{\text{т}}$ — коэффициент, учитывающий тепловые потери:

$$\eta_{\text{т}} = \frac{1}{1 + \frac{\tau}{2r} \left(0,1 + \frac{10^{-2}}{l} \right) 10^{-3}}.$$

Здесь r — радиус заготовки, м; l — длина заготовки, м; τ — продолжительность нагрева, с.

Рекомендуемую минимальную продолжительность нагрева методом сопротивления в зависимости от диаметра заготовки определяют по рис. 22.

Коэффициент, учитывающий электрические потери в элементах вторичной цепи установки,

$$\eta_{\text{э}} = \frac{1}{1 + R_{\text{к}}/R_3},$$

где $R_{\text{к}}$ — сопротивление короткой токоподводящей сети, Ом (без обмотки трансформатора); R_3 — сопротивление заготовки, Ом.

Общий КПД электроконтактной установки

$$\eta = \eta_{\text{т}} \eta_{\text{т}} \eta_{\text{э}},$$

где $\eta_{\text{т}}$ — коэффициент полезного действия силового согласующего трансформатора (по паспортным данным).

Активная мощность трансформатора (кВт)

$$P_{\text{а}} = \frac{mc(t_2 - t_1)}{\eta_{\text{т}}},$$

где m — масса нагреваемой заготовки, кг.

Установленная мощность трансформатора (кВ·А)

$$P_{\text{у.т}} = P_{\text{а}} / \cos \phi,$$

где $\cos \phi$ — коэффициент мощности устройства.

Коэффициент мощности зависит от отношения длины нагреваемой заготовки к квадрату ее диаметра d . Так, при изменении l/d^2 в пределах 4—14 $\cos \phi$ изменяется от 0,68 до 0,75.

При повторно-кратковременном режиме работы показатель

$$\xi = \frac{\tau}{\tau + \tau_{\text{зв}}},$$

где $\tau_{\text{зв}}$ — время загрузки и выгрузки заготовки. Расчетная мощность трансформатора (кВ·А) для продолжительного режима его работы

$$P_{\text{ТР}} = P_{\text{у.т}} \sqrt{\xi}.$$

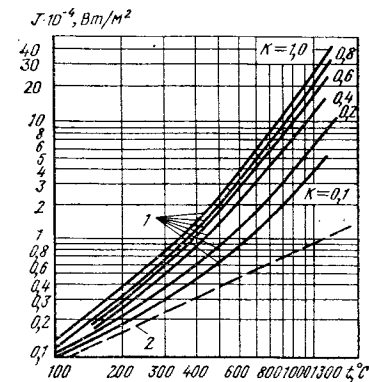


Рис. 21. Зависимость удельных потерь J вследствие излучения (1) и конвекции (2) с поверхности заготовки от температуры при различных коэффициентах излучения K

Среднее за период нагрева напряжение (В) на заготовке

$$\bar{U} = 70,7 \frac{l}{\sqrt{\tau}},$$

где l — длина нагреваемой заготовки, м (расстояние между контактными зажимами); τ — время нагрева, с; η — общий КПД.

Средний за период нагрева ток (А), протекающий через нагреваемую заготовку.

$$I = \frac{\eta P_{\text{а}}}{\bar{U}}.$$

Удельный расход электроэнергии при нагреве заготовки методом сопротивления в зависимости от соотноше-

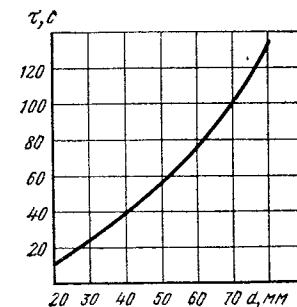


Рис. 22. Рекомендуемая минимальная продолжительность нагрева методом сопротивления в зависимости от диаметра заготовки

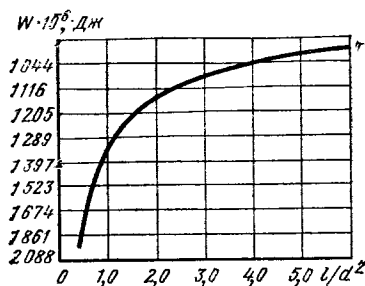


Рис. 23. Зависимость удельного расхода электроэнергии при нагреве тонны заготовок методом сопротивления в зависимости от соотношения l/d^2 заготовки

ния ее размеров l/d^2 можно определить по графику на рис. 23.

Часто на практике возникает необходимость быстро выполнить ориентировочный прикидочный расчет энергетических параметров электроконтактной установки для нагрева круглых стальных заготовок до ковочных температур. В этом случае можно пользоваться данными табл. 6, в которой приведена мощность, необходимая для нагрева заготовок длиной 0,1 м в зависимости от диаметра и продолжительности нагрева. Приведенные значения соответствуют теплосодержанию нагреваемых заготовок длиной 0,1 м, численно равному 21 кДж.

6. Мощность для нагрева (кВт) заготовок длиной 0,1 м

Продолжительность нагрева, с	Диаметр заготовки, мм								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
6	34	76,0	122	—	—	—	—	—	—
9	22,7	57,0	81	141	—	—	—	—	—
12	17,0	38,0	61	106	153	—	—	—	—
15	13,2	30,2	48,5	98	140	183	—	—	—
18	11,3	25,4	41	70	102	138	181	—	—
21	9,9	22,0	35	52	85	117	156	195	—
27	7,5	17,0	27	47	68	92	120	153	188
36	5,7	12,7	20	36	57	69	91	115	141
54	3,8	8,5	13,5	23	34	46	60	77	95
72	2,8	6,4	10,5	17,5	25,5	35	45	57	71
90	2,3	5,7	8,1	14,0	20,3	28	36	46	56
120	1,7	3,8	6,1	10,6	15,3	21	27	34	42
180	1,1	2,5	4,1	7,0	10,2	14	18	23	28

7. Вторичное напряжение на 0,1 м длины заготовки

Продолжительность нагрева, с	Вторичное напряжение, В	Продолжительность нагрева, с	Вторичное напряжение, В	Продолжительность нагрева, с	Вторичное напряжение, В
6	2,9	21	1,46	72	0,84
9	2,36	27	1,36	90	0,75
12	2,04	36	1,18	120	0,65
15	1,79	54	0,96	180	0,48
18	1,67				

От продолжительности нагрева зависит вторичное напряжение питающей сети: чем больше продолжительность нагрева, тем меньше мощность, а следовательно, ниже напряжение.

Вторичное напряжение на 0,1 м длины нагреваемой заготовки в зависимости от продолжительности нагрева можно определить по табл. 7.

При определении мощности и вторичного напряжения питающей сети для нагрева заготовок длиной более 100 мм найденные по табл. 6 и 7 значения необходимо умножить на поправочный коэффициент $K_{п}$, приведенный в табл. 8. В случае нагрева заготовок

8. Значения поправочного коэффициента $K_{п}$

Длина заготовки, мм	Диаметр заготовки, мм								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
100	1,34	—	—	—	—	—	—	—	—
150	1,89	2,12	—	—	—	—	—	—	—
200	2,42	2,7	2,9	—	—	—	—	—	—
250	3,01	3,26	3,53	—	—	—	—	—	—
300	3,5	3,84	4,1	4,55	—	—	—	—	—
350	4,03	4,41	4,73	5,11	—	—	—	—	—
400	4,68	4,93	5,36	5,65	—	—	—	—	—
450	5,22	5,49	5,88	6,21	6,78	—	—	—	—
500	5,75	6,1	6,5	6,85	7,25	—	—	—	—
550	6,43	6,61	7,04	7,43	7,85	—	—	—	—
600	7,0	7,15	7,6	8,1	8,35	9,05	—	—	—
650	7,61	7,74	8,12	8,65	8,9	9,55	10,35	—	—
700	8,2	8,25	8,6	9,0	9,6	10,1	10,8	12,0	13,1
750	8,77	8,82	9,18	9,77	10,15	10,75	11,45	12,6	13,7
800	9,28	9,35	9,75	10,4	10,8	11,3	12,0	13,2	14,3

из высоколегированных сталей продолжительность нагрева увеличивается на 10 %, а при нагреве квадратных заготовок со стороны квадрата, равной диаметру круглой заготовки, — на 25 %.

В электроконтактных нагревательных установках температуру нагрева заготовки контролируют непосредственным измерением с помощью различных термоэлектрических и цветных пирометров; измерением удлинения заготовки в процессе нагрева; дозированием с помощью ЭВМ энергии, подводимой к нагреваемой заготовке для достижения заданной температуры нагрева; отключением тока после заданной длительности нагрева (рекомендуется применять в установках, обеспечивающих стабилизацию тока, протекающего через нагреваемые изделия); программным управлением стабилизированного тока в сочетании с корректирующей обратной связью непосредственно по температуре нагреваемой заготовки.

На рис. 24 показана схема тиристорного устройства для автоматического регулирования режима нагрева заготовки при волочении. Устройство содержит силовой трансформатор $Tr1$,

тиристорный блок 2, блок 1 управления тиристорами. В процессе волочения уменьшается длина нагреваемого участка трубы 4, находящегося между контактами 3 и фильрой 6, закрепленной в фильеродержателе 7. Незаменимость режима нагрева при этом обеспечивается стабилизацией силового тока с помощью трансформатора обратной связи $Tr2$ и коррекции по температуре фотоэлектрическим пирометром 5.

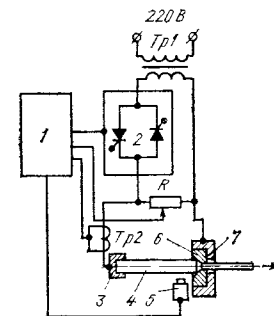


Рис. 24. Тиристорное устройство для автоматического регулирования режима нагрева заготовки трубы при волочении

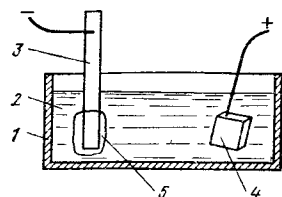


Рис. 25. Схема нагрева в электролите

Нагрев в электролите

Схема нагрева в электролите (расплаве соли металла) показана на рис. 25. В ванну 1 с электролитом 2 погружены нагреваемая заготовка 3 (отрицательный полюс — катод) и металлическая пластина (анод) 4. При пропускании постоянного тока напряжением 200—250 В и большой плотности заготовка быстро нагревается. Образуется газовая оболочка 5, отделяющая нагреваемую часть за-

готовки от электролита; это способствует быстрому нагреву заготовки. Режимы нагрева стальных заготовок приведены в табл. 9. В качестве эффективных электролитов служат растворы солей щелочных металлов и растворы кислот и щелочей, чаще всего $BaCl_2$ и $NaCl$. Одним из наиболее оптимальных электролитов является ванна из 100 %-ного $BaCl_2$.

Материалом для электролитных ванн служит винипласт или металл, облицованный винипластом.

Находят применение для нагрева металла под обработку давлением электропечи с соляной ванной (обычно $BaCl_2$ или $NaCl$), питаемые переменным током промышленной частоты (50 Гц). Температура электролита доходит до 1300 °С. Схема питания может быть одно- или трехфазной; она определяется мощностью и конструкцией печи. Однофазная печь с донным расположением электродов предста-

9. Режимы нагрева концевых участков стальных заготовок в электролите

Температура нагрева, °С	Диаметр заготовки	Глубина погружения заготовки	Длина нагреваемой части заготовки	Напряжение, В	Сила тока, А	Длительность нагрева, с
1300	15	45	42	200	60	19
1250	20	56	45	220	110	19
1200	15	45	42	200	60	16,5
1200	20	56	45	240	110	16,5
1250	15	45	42	220	65	13
1200	20	56	46	250	115	13
1150	15	45	40	220	65	10
1000	20	56	43	250	115	10
1250	30	15	15	250	—	32
1300	30	30	28	250	—	30
1300	30	45	38—40	250	—	29
1300	30	60	56	250	—	34
1300	30	75	73	245	—	41
1300	40	20	20	250	—	50
1300	40	40	40	245	—	55
1300	40	60	60	245	—	50
1300	40	80	66	230	—	55
1300	40	100	82	220	—	55
1250	50	25	27	250	—	64
1300	50	50	44	250	—	66
1100	50	75	65	225	—	65
1300	50	100	72	225	—	65

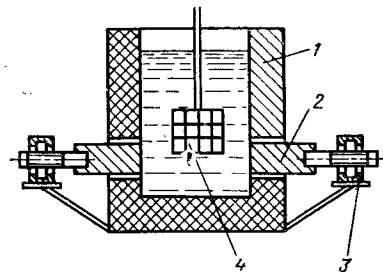


Рис. 26. Однофазная печь-ванна для нагрева заготовок в соляном растворе

влена на рис. 26. Через отверстия в футеровке ванны 1 проходят электроды 2. Подачу электродов по мере износа обеспечивает механизм 3. Нагрев заготовок происходит в контейнере 4.

Указанные способы нагрева заготовок обеспечивают практически безокислительный и равномерный нагрев с удовлетворительной скоростью; сравнительно простой контроль температуры и длительности нагрева; возможность механизации и автоматизации загрузки и выдачи заготовок; простоту в осуществлении местного нагрева (конца заготовки).

Главные недостатки электронагрева заготовок в электролите и соляных ваннах следующие: значительный расход электроэнергии (до 5400 МДж на 1 т нагретого металла); низкая стойкость электродов; сравнительно небольшие размеры нагреваемых заготовок; невозможность нагрева длинных заготовок (штанг, прутков бунтового материала).

2. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗНЫХ МЕТОДОВ ЭЛЕКТРОНАГРЕВА И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

При выборе оборудования для нагрева заготовок следует учитывать технико-экономические показатели различных методов электронагрева (табл. 10).

Индукционный нагрев. В табл. 11 приведены энергетические показатели индукционного нагрева стали под обработку давлением; в табл. 12 — расход электроэнергии при индукционном нагреве стальных заготовок $\varnothing 100 \times 500$ мм током частотой 500 Гц.

10. Техничко-экономические показатели разных методов электронагрева

Метод	Размеры заготовки, мм		Расход электроэнергии на 1 т заготовок, МДж	Относительная стоимость		
	диаметр	длина		1 кВт установленной мощности	оборудования производительностью 500 кг/ч	нагрева 1 т заготовок
В печах сопротивления	По размерам рабочей камеры		2160—4320	1	1	1
Индукционный токами частотой, Гц:	170—300	Любая	1440	0,83	1,04	0,84
	15—160		1800	1,67	1,48	0,90
Контактный	18—75	$l/d^2 \geq 1$	1440	0,95	0,42	0,70
В электролите	5—50	≤ 75	3600—5400	0,75	1,13	2

Примечание. l — длина; d — диаметр заготовки.

11. Энергетические показатели индукционного нагрева стали под обработку давлением

КПД		Расход электроэнергии на 1 т металла, МДж	Производительность установки при мощности 100 кВт, кг/ч	
генератора	индуктора		генератора (частота 1000—8000 Гц)	питающей сети (частота 50 Гц)
0,8—0,88 —	0,7—0,75 0,55—0,7	1440—1800 1260—1620	До 300 —	— До 280

Удельная мощность в печах сопротивления до 25 кВт/м² (редко больше), в индукционных нагревателях 500—1000 кВт/м².

Удельный расход электроэнергии при индукционном нагреве на частотах 1000—8000 Гц зависит от загрузки машинного генератора в процессе работы. Если загрузка генера-

12. Расход электроэнергии при индукционном нагреве током 500 Гц стальных заготовок Ø 100×500 мм

Конечная температура нагрева, °С	Продолжительность нагрева, с	Расход электроэнергии на 1 т металла, МДж
1275	600	2160
1200	540	1980
1150	490	1800
1100	440	1620

13. Продолжительность нагрева стальных заготовок в электролите *

Температура нагрева заготовки, °С	Продолжительность нагрева, с, при диаметре заготовки, мм		
	10	20	30
1000	23	47	70
1100	30	60	90
1200	56	140	160

* Разница температуры центра заготовки и ванны 50 °С.

тора (нагрев заготовок) непрерывна, расход электроэнергии равен примерно 1440 МДж на 1 т нагретого металла. При работе генератора без нагрузки в течение значительного времени этот показатель увеличивается до 1800—2160 МДж и более.

Наиболее рациональное применение индукционные нагреватели находят в специализированных полуавтоматических и автоматических линиях по изготовлению (например, подшипниковых колец) в массовом производстве.

Перед другими способами нагрева индукционный нагрев имеет бесспорные преимущества в том случае, когда требуется осуществить быстрый нагрев заготовок круглого, квадратного или прямоугольного сечения до температур выше 1000 °С при сравнительно небольших габаритах нагревательного устройства.

Нагрев в электролите. Он применим как при единичном, так и массовом производстве. Если принять стоимость оборудования на 1 кВт установленной мощности для нагрева заготовок в пламенных печах за 100 %, то при нагреве в электролите она равна приблизительно 76 %. Продолжительность нагрева заготовок в электролите зависит от разницы температур в центре заготовки и температуры электролита (табл. 13).

Время нагрева в электролите в 3 раза меньше, чем при нагреве в пламенных печах.

Нагрев стальных прутков в электролите применяется перед деформированием в высадочных автоматах. Основные параметры нагрева в электролите стальных прутков диаметром 16—25 мм до температуры 1250—1350 °С приведены в табл. 14.

14. Параметры нагрева в электролите стальных заготовок перед деформированием на высадочных автоматах *

Диаметр заготовки	Глубина погружения заготовок	Длина зоны нагрева	Сила тока, А	Продолжительность нагрева, с	Расход электроэнергии, МДж	
					на одну деталь	на 1 кг нагретого металла
	мм					
16	13	10	40	5	0,047	2,98
18	16	11	55	6	0,072	3,23
20	18	12	60	7	0,094	3,16
20	20	13	70	7	0,115	3,6
22	20	13	80	8	0,144	3,74
22	25	15	90	8	0,165	3,74
25	24	12	95	9	0,194	4,22
25	30	14	120	9	0,248	4,32
25	35	15	130	9	0,266	4,64
25	35	17	130	11	0,323	4,93

* Температура нагрева заготовки 1250—1350 °С.

Промышленные электронагревательные устройства

Отечественная промышленность выпускает сериями многие типы электротермических установок для нагрева заготовок перед обработкой давлением: камерные (табл. 15) и карусельные (табл. 16) электропечи сопротивления; оборудование для индукционного нагрева — машинные (табл. 17) и тиристорные преобразователи частоты (табл. 18), индукционные нагреватели (табл. 19) и нагревательные установки повышенных частот; кузнечные нагреватели (табл. 20); одно-, двух- и четырехпозиционные установки электроконтактного нагрева (табл. 21—23); трансформаторы для нагрева сопротивлением (контактным способом) (табл. 24); электродно-соляные нагревательные печи (табл. 25).

Номенклатура электронагревательного оборудования с каждым годом расширяется, а оборудование пополняется все более совершенными и экономичными конструкциями.

Отечественная промышленность выпускает большими сериями индукционные нагреватели и комплектные нагревательные индукционные установки мощностью до 1500 кВт для

нагрева мерных заготовок и пруткового материала перед ковкой и термообработкой (см. табл. 19). Такие нагреватели и установки могут быть заказаны на заводах в обычном порядке. Специализированные индукционные нагреватели мощностью 5000 кВт и более изготавливаются заводами по индивидуальным заказам.

Габаритные размеры установок типа ИК мощностью 250 и 500 кВт показаны на рис. 27, а, б. Каждая установка состоит из тиристорного преобразователя частоты, бункера для подачи заготовки и нагревателя.

На рис. 28 показаны габаритные размеры установки ИИ-250/10 для нагрева концов (длинной до 5 мм) заготовок. В нее входят: машинный преобразователь частоты типа ОПЧ, нагреватель с двумя индукторами и шкафы силового и автоматического управления.

Габаритные размеры нагревателя типа КИН7-500/2,4П показаны на рис. 29.

Для нагрева концов заготовок под пластическую деформацию в кузнечно-прессовом производстве применяют универсальные кузнечные нагреватели типа КИН. С их помощью можно нагревать концы заготовок из стали, цветных металлов и их сплавов ци-

Тип печи	Технические данные камерных электропечей сопротивления										
	Установленная мощность, кВт	Номинальная температура, °С	Размеры рабочего пространства, мм:			Масса заготовки с приспособлением, т	Напряжение питающей сети, В	Число фаз	Масса электропечи (комплекса), т	Масса футеровки, т	Мощность холостого хода, кВт
СНО-8.16.6/10-И2	81	1000	800	1600	500	1,35	380	—	5,7	4,2	14
СНО-6.12.4/10-И2	71	1000	600	1200	400	0,8	380	—	4,2	2,74	9,5
СНО-4.8.2.5/10-И2	25	1000	400	800	250	0,22	380	—	2,7	1,59	6,7
СНО-3.6.2/10-И2	14,6	1000	300	600	200	0,1	380	—	1,1	0,63	4,4
СНО-7.6.3.10/6-И1	26	600	700	630	1000	0,23	380/220	3	0,95	—	—
СНО-4.8.2.5/13-И1	50	1300	400	800	250	0,25	380	3	2,51	1,72	14,4
СНО-3.4.2.5/13-И1	30	1300	300	400	250	0,1	380	3	1,95	1,34	9,8
СНО-3.8.5.14.6.5/8,5	100	900	850	1400	650	3,0	380	3	8,72	—	15,4
СНО-3.2.6.2.5/15М1	235	1500	320	600	250	0,08	380; 400; 440	1	3,69	—	—

16. Карусельные электропечи сопротивления на номинальную температуру нагрева 1100 °С

Параметр	Тип печи	
	САО-60.40.7/11-И1	САО-85.65.7/11-И1
Установленная мощность, кВт	800	1239
Мощность нагревателей, кВт	795	1225
Число тепловых зон	7	10
Производительность, кг/ч	1280	1440
Время разогрева, ч	20	27
Размеры рабочего пространства, мм:		
внешний диаметр пода	6000	8500
внутренний диаметр пода	4000	6500
высота загрузочного окна	700	700
Масса, т:		
электропечи	90	150
футеровки	37,9	68
Габаритные размеры печи (ширина × длина × высота) мм	—	10 900 × 14 200 × 5 500

Примечания: 1. Напряжение цепей управления 220 В. Среда в рабочем пространстве — окислительная. 2. Питающая сеть: частота 50 Гц, напряжение 380 В, число фаз — три.

17. Машинные преобразователи частоты тока, питающие индукционные нагреватели

Параметр	Тип преобразователя		
	ОПЧ-250-2,4	ОПЧ-250-10,0	ОПЧ-320-1,0
Частота тока, кГц	2,4	10,0	1,0
Мощность полезная, кВт	250	250	320
Мощность потребляемая, кВт	291	306	364
КПД, %	86	82	88
Напряжение номинальное, В	800	800	800
Напряжение питающей сети, В	3000; 6000	3000; 6000;	3000; 6000;
Сила тока генератора, А	380	380	380
Расход охлаждающей воды, м³/ч	3,6	3,6	4,0
Масса, т	4,25	4,71	4,29
Длительность пуска, с	15—16	18—19	16
Занимаемая площадь, м²	1,56	1,56	1,56

Продолжение табл. 17

Параметр	Тип преобразователя		
	ОПЧ-500-1,0	ОПЧ-500-2,4	ОПЧ-2500-1,0
Частота тока, Гц	1,0	2,4	1,0
Мощность полезная, кВт	500	500	2500
Мощность потребляемая, кВт	556	568	2660
КПД, %	90	88	94,2
Напряжение номинальное, В	800/1600	800/1600	1000
Напряжение питающей сети, В	3000; 6000	3000; 6000	10 000
Сила тока генератора, А	625	658	2500
Расход охлаждающей воды, м³/ч	5,4	6,0	15
Масса, т	5,285	6,14	9,51
Длительность пуска, с	10	14	30
Занимаемая площадь, м²	1,7	1,7	7,64

Примечание. Перегрузка сети при пуске 150 % в течение 30 с.

18. Тиристорные преобразователи частоты тока для индукционных нагревателей

Параметр	Тип преобразователя					
	ТПЧ-1	ТПЧ-800-1,0/0,5	ТПЧ-250-2,4	ТПЧ-500-2,4	ТПЧ-800-1,0	ТПЧ-160-4,0
Номинальная выходная мощность, кВт	630	800	250	500	800	160
Номинальное выходное напряжение, В	800	800	800	800	800	2×400
Пределы отклонения выходного напряжения (от номинального), %	+25÷-50	+25÷-50	+25÷-50	+10÷-50	+25÷-50	0÷-90
Номинальная выходная частота, Гц	1,0	1,0	2,4	2,4	1,0	4,0
КПД, %, не менее	92	92	90	91	94	90
Расход охлаждающей воды (для системы прямого охлаждения во внешнем контуре), м³/ч	—	6	4	5	5	2,5

Примечания: 1. Тиристорные преобразователи должны быть расположены как можно ближе к питающим их подстанциям и нагревателям.
 2. На 1000 кВт установленной мощности тиристорного преобразователя (при частоте 1000 Гц) требуется 70 м² площади, на которой размещаются преобразователь, фильтрокомпенсирующие устройства и система принудительного водоохлаждения.
 3. Качество воды, охлаждающей тиристорные преобразователи, должно соответствовать следующим параметрам:
 на внешнем контуре: удельное электросопротивление не менее 0,4 Ом·м; общая жесткость не более 85 мг-экв/л; содержание механических примесей (нерастворимых осадков) не более 12 мг/л.
 на внутреннем контуре: температура на входе в преобразователь в пределах 20—35 °С; температура на выходе из преобразователя не выше 45 °С; удельное электросопротивление не ниже 5,0 Ом·м; общая жесткость не более 35 мг-экв/л; нерастворимые осадки в количестве не более 10 мг/л.
 4. Для преобразователей мощностью 500—800 кВт расход охлаждающей воды составляет 4—5 м³/ч.

19. Параметры серийных индукционных нагревателей

Тип нагревателя или установки	Мощность, кВт	Частота, Гц	Расход, м³		Длина индуктора, мм	Размеры заготовки, мм		Пронзительность, кг/ч
			воды	воздуха		пределный	рекомендуемый	
КИН9-250/2,4П	250	2,4	4	6,5	1000	25—65	40—60	600
КИН8-250/4П	250	4	4	6,5	1000	20—60	30—60	550
КИН10-250/10П	250	10	4	6,5	1000	15—45	25—35	500
ИК1-250/2,4	250	2,4	8	6,5	1000	25—65	40—60	600
ИК2-250/8	250	8	8	6,5	1000	15—45	25—35	500
КИН10-500/1П	500	1	7	21	2000	60—135	65—95	1200
КИН9-500/2,4П	500	2,4	7	21	2000	30—80	40—60	1200
КИН11-500/4П	500	4	7	21	2000	30—80	30—50	1000
КИН12-500/10П	500	10	7	10	2000	15—45	25—35	1000
ИК-500/1,0	500	1	12	10	2000	60—135	65—95	1200
ИК-500/2,4	500	2,4	12	10	2000	30—80	40—60	1200
КИН4-750/1П	750	1	12	10	3000	80—160	65—95	1800
КИН5-750/1П	750	1	12	10	3000	80—160	65—95	1800
КИН6-750/2,4П	750	2,4	12	10	3000	45—160	45—60	1800
КИН7-750/2,4П	750	2,4	12	10	3000	45—160	45—60	1800
КИН8-750/4П	750	4	12	10	3000	45—80	45—50	1800
КИН9-750/4П	750	4	12	10	3000	45—80	45—50	1800
ИК-750/1	750	1	12	10	3000	80—160	85—95	1800
КИН2-1500/1П	1500	1	25	20	3000×2	80—160	85—95	3600
КИН2-1500/2,4П	1500	2,4	25	20	3000×2	45—160	45—60	3600
ИК1-1500/1	1500	1	35	20	3000×2	80—160	85—95	3600
ИК1-1500/2,4	1500	2,4	35	20	3000×2	45—160	45—60	3600
ИН5-250/10	250	10	12	5	600	15—45	25—35	600
КИН7-500/2,4П	500	2,4	6,5	8	500	35—80	40—60	1200
ИН2-250/10	250	10	4	—	2×500	10—100	25—35	600

Примечание. Принятые обозначения: КИН — кузнецкий индукционный нагреватель; следующая цифра за аббревиатурой — порядковый номер нагревателя; цифра перед косой чертой — мощность, после черты — частота (кГц); механизм передвижения заготовки: П — пневматический, Ш — шаговый; ИК — комплексная установка на индукционного нагревателя КИН и тиристорного преобразователя частоты типа ТПЧ; ИН — комплексная установка типа КИН в одного или нескольких машинных преобразователей частоты типа ОПЧ.

20. Кузнечные нагреватели

Параметр	Тип кузнечного нагревателя					
	КИН3-250/1	КИН4-250/1	КИН1-250/2,4	КИН2-250/2,4	КИН1-150/8	КИН2-150/8
Исполнение кузнечного нагревателя	Правое	Левое	Правое	Левое	Правое	Левое
Мощность высокой частоты, кВт	250	250	250	250	150	150
Частота тока, Гц	1000	1000	2400	2400	8000	8000
Напряжение, В: высокочастотной сети	800	800	800	800	800	800
цепей управления	220; 380	220; 380	220; 380	220; 380	220; 380	220; 380
Производительность, шт/ч, для заготовки диаметром, мм:						
50	72	72	42	42	212 *	212 *
120	7	7	6	6	30 **	30 **
Мощность конденсаторной батареи, квар	1740	1740	2640	2640	2700	2700
Расход охлаждающей воды, м ³ /ч	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Давление охлаждающей воды, кПа	350±±50	350±±50	350±±50	350±±50	350±±50	350±±50
Расход воздуха, м ³ /ч	2	2	2	2	2	2
Давление воздуха, кПа	400—600	400—600	400—600	400—600	400—600	400—600
Количество ручьев	—	1	1	1	1	1
Размеры нагреваемых заготовок, мм:						
диаметр	50—120	50—120	50—120	50—120	15—50	15—50
сторона квадрата	50—120	50—120	50—120	50—120	15—50	15—50
длина	100—500	100—500	100—500	100—500	100—500	100—500
Масса, кг	2077	2077	2077	2077	2002	2002

* Для диаметра заготовок 15 мм.

** Для диаметра заготовок 50 мм.

21. Однопозиционные установки электроконтактного нагрева

Параметр	Тип нагревательной установки				
	Однозонная ЭУ-150	Для нагрева грабельного зуба под отпуск	Двухзонная ЭУ-150	Спаренная для нагрева заготовок грабельного зуба под гибку	Двухпозиционная
Конструктивная группа (число позиций)	1	1	1	1	2
Конструктивная подгруппа (число зон)	1	1	2	1	1
Напряжение питания в сети, В	380	380	380	380	380
Мощность трансформатора, кВт·А	150	95	150	2×95	250
Пределы изменения вторичного напряжения, В	8—16	16—24	12—18	30×36	10—18
Размеры нагреваемых зон заготовок, мм:					
диаметр	40—50	10	40—50	10	45—70
длина	300—600	1500	250—300 (для каждой зоны)	1500	400—800
Расход энергии на 1 кг металла при нагреве до 1100 °С, кВт·ч	0,3—0,4	0,1	0,4—0,55	0,22	0,27—0,37
Средний КПД для указанных зон заготовок	0,4—0,6	0,96	0,35—0,5	0,97	0,55—0,7
Средний коэффициент мощности	0,55—0,7	0,95	0,6—0,75	0,96	0,7—0,8
Привод контактных зажимных головок	Пневматический	Гидравлический	Пневматический	Гидравлический	Пневматический
Усилие контактного зажима заготовок, Н	40	20	40	20	25
Охлаждение элементов электрической силовой цепи	Водяное				
Высота нагревательных позиций над уровнем пола, мм	1125	1270	1125	1270	1200
Габаритные размеры, мм:					
высота	1900	2417	1932	1900	1363
ширина	1190	550	1385	1160	1000
длина	1900	3000	2812	3500	1750

цилиндрического, квадратного или прямоугольного сечения в широком диапазоне типоразмеров. Технические данные универсальных кузнечных нагревателей приведены в табл. 20.

Кузнечный индукционный нагреватель состоит из нагревательного блока и двух шкафов: трансформаторного и управления. Рекомендуемая планировка кузнечного нагревателя показана на рис. 30.

Выбирая кузнечные индукционные нагреватели, необходимо учитывать следующие обстоятельства.

Индукционный нагрев наиболее эффективен в массовом и крупносерийном производстве.

Как правило, каждый индукционный нагреватель предназначен для одной частоты тока и определенных размеров нагреваемых заготовок, поэтому за каждой отдельной кузнечной

22. Двухпозиционные установки электроконтактного нагрева

Параметр	Тип установки			
	H024	2786	H056	H010
Число нагревательных позиций	2	2	2 (1)	2
Число нагреваемых зон на заготовке	1	1	1	2
Поперечные размеры заготовок, мм	Диаметр 12—30	70×(20—30)	Диаметр 12—30	Диаметр 10—60
Длина нагреваемой зоны, мм	110—750	1400—800	155—750	200—500
Напряжение сети питания, В	380	380	380	380
Мощность трансформатора, кВ·А	150	250	125	125
Привод зажимных головок	Пневматический		Гидравлический	
Усилие контактного зажима, Н	19,0	30,0	18,0	31,0
Охлаждение элементов силовой цепи	Водяное			
Высота нагревательных позиций от пола, мм	800	1203	955	850
Габаритные размеры установки (высота × ширина × длина), мм	1650×1200×2400	1363×1000×1710	3600×1400×1665	1280×3680×5200
Масса установки, т	2	2	2,5	3

Примечание. Общая длина заготовок — любая в диапазоне 10—25 мм.

23. Четырехпозиционные установки электроконтактного нагрева

Параметр	Тип установки					
	2839	2800	2921	2915	2850	H035 трех- фазная
Число нагревательных позиций	4	4	4	4	4	4
Число нагреваемых зон на заготовке	1	1	1	1	1	1
Поперечные размеры заготовок, мм	60—70	154—314	∅70—75	∅40—120	30—70	∅14—20
Длина нагреваемой зоны, мм	500—600	2100—3700	1300—1500	3000—8000	320	1500—4000
Общая длина заготовки, мм	—	3700	1500	8000	615	4000
Напряжение сети питания, В	380	380	380	380	380	380
Мощность трансформатора, кВ·А	250	200	500	500	250	400
Привод зажимных головок	Пневматический		Гидравлический		Пневматический	
Усилие контактного зажима, Н	20,0	5,0	13,5	20,0	20,0	10,0

Продолжение табл. 23

Параметр	Тип установки					
	2839	2800	2921	2915	2850	H035 трех- фазная
Охлаждение элементов силовой цепи	Водяное					
Высота нагревательных позиций от пола, мм	1150	1100	1070	1325	100	100
Габаритные размеры установки (высота × ширина × длина), мм	1300×2300×2455	1450×2450×5000	2200×2680×3110	2500×2000×1075	1450×1900×2200	1650×2500×7800
Масса установки, т	3	3	11	13	3	11

24. Однофазные трансформаторы

Мощность, кВ·А	Масса трансформатора, кг	Габаритные размеры трансформатора, мм	Напряжение, В	
			первичное	вторичное
35	332	500×650×450	380	7—13
70	430	660×503×510	380	3—6
95	630	640×560×720	380	5—47,5
150	1122	590×660×735	380	8—16
250	1450	800×655×1125	380	8—16
500	1100	700×880×900	380	31—62

25. Электродно-соляные нагревательные печи-ванны

Параметр	Тип печи				
	СВС-2,3/13-И1	СВС-2,5/13-И1	СВГ-1,5,2/8,5-И2	СВГ-2,5,3,5-И2	СВГ-3,5,4/8,5-И2
Установленная мощность, кВ·А	100	137	12	22	34
Номинальная температура, °С	1300	1300	850	850	850
Число фаз	3	3	1	2	3
Максимальный объем расплавленной среды, л	70	120	11	35	75
Мощность холостого хода, кВт	60	62	4	5,1	6
Масса футеровки, т	1,14	1,47	0,385	0,53	0,86
Масса электрованны (без соли), т	3,1	3,45	0,86	1,08	1,56
Масса садки (максимальная), кг	—	—	10	28	65

Примечания: 1. Расплавленные среды — соли, щелочи, металлы.
2. Напряжение питающей сети во всех типах печей может быть двух видов: 380 и 220 В, для СВГ-1,5, 2/8,5-И2 — только 220 В.

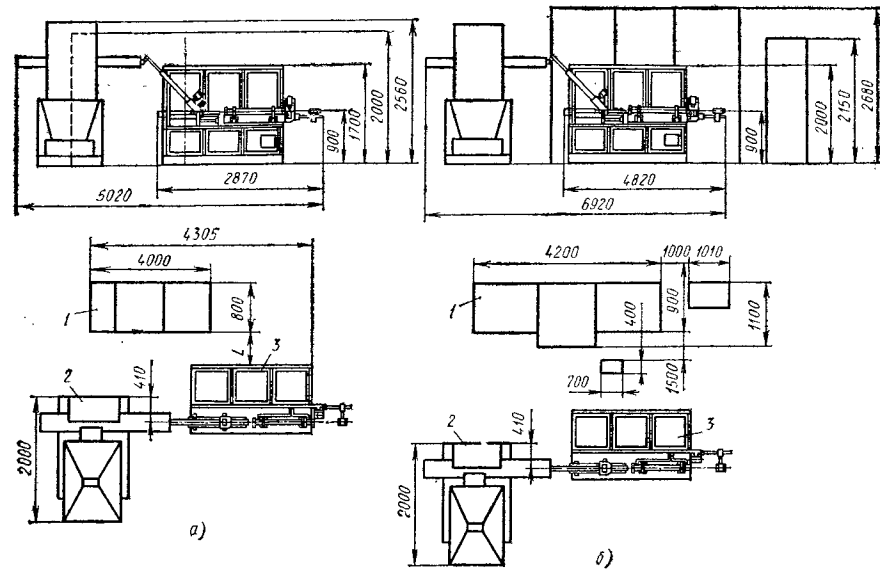


Рис. 27. Кузнечные нагревательные установки:
а — ИК-250; б — ИК-500; 1 — тиристорный преобразователь частоты; 2 — вибрационно-механический бункер для подачи заготовок; 3 — нагреватель

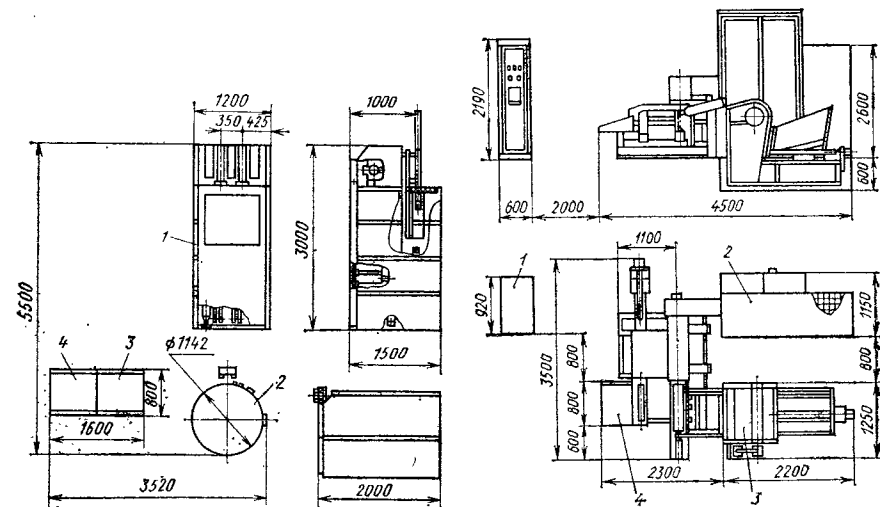


Рис. 28. Установка ИН-250/10:
1 — индукционный нагреватель типа КИН-250; 2 — машинный преобразователь частоты ОПЧ-250/2,4; 3 — силовой шкаф; 4 — шкаф автоматического управления

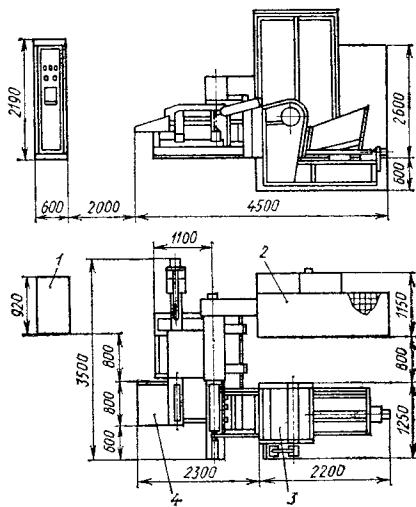


Рис. 29. Нагреватель КИН7-500/2,4П:
1 — шкаф автоматического управления; 2 — шкаф конденсаторов; 3 — бункер для заготовок; 4 — лоток, по которому нагретые заготовки выкатываются из нагревателя

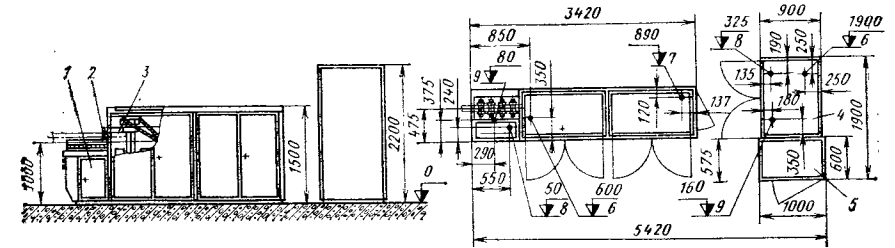


Рис. 30. Рекомендуемая планировка размещения кузнечного нагревателя:
1 — нагревательный блок; 2 — ограничитель; 3 — индуктор; 4 — трансформаторный шкаф; 5 — шкаф управления; 6 — подвод в. ч. питания; 7 — подвод воздуха; 8 — подвод воды; 9 — слив воды

машиной следует закреплять строго определенные заготовки, подобранные по размерам сечения и длины.

Длина заготовок должна быть не менее 1,5 диаметра. Индукционные нагреватели должны эксплуатироваться при определенных номинальных производительностях. Работа при производительностях существенно ниже номинальных ведет к снижению технико-экономических показателей нагревателей, к большому образованию окалины и т. п.

Экономически невыгодно индивидуальное питание универсальных индукционных нагревателей от машинных преобразователей частоты тока.

Преобразовательные подстанции следует располагать возможно ближе к нагревателям. Чем больше удалена

преобразовательная подстанция от нагревателей, тем больше капитальные затраты на каналы и кабели, а также на перерасход энергии при работе нагревателей. В ряде случаев нерациональное размещение преобразователей вдали от нагревателя делает работу невозможной, особенно при тиристорных преобразователях.

Нормальная работа участка индукционного нагрева при высоких технико-экономических показателях требует наличия мастерской для изготовления и ремонта индукторов.

Оборудование установок электроконтактного нагрева содержит: силовую понижающую трансформатор; контактные зажимы; аппаратуру контроля и регулирования процесса нагрева; механические приспособления

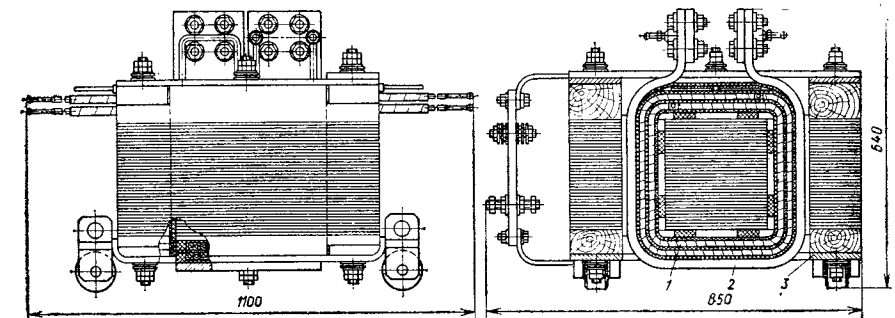


Рис. 31. Конструкция силового трансформатора установки электроконтактного нагрева:
1 — катушки первичной обмотки; 2 — витки вторичной обмотки; 3 — рама

для перемещения и фиксации нагреваемых заготовок.

На практике применяют однопозиционные и многопозиционные установки электроконтактного нагрева.

В табл. 21 приведены технические характеристики однопозиционных установок электроконтактного нагрева.

В промышленности применяют также многопозиционные установки электроконтактного нагрева. Технические характеристики двухпозиционных установок представлены в табл. 22, а четырехпозиционных — в табл. 23.

Для изготовления клапанов двигателей применяют четырехпозиционные электровысодочные автоматы, состоящие из четырех однопозиционных установок, расположенных по окру-

жности цилиндрического корпуса с вертикальной осью. Автомат барабанного типа, вращающийся вокруг вертикальной оси. Заготовки загружаются в контакты механической рукой. После того как загруженная позиция отойдет от места загрузки, автоматически производится зажим заготовки, нагрев ее и высадка, затем нагрев и высадка отключаются, и заготовка подходит к позиции выгрузки. Высаженная заготовка забирается механической рукой и подается в штамп прессы.

Технические характеристики силовых трансформаторов с соленоидными водоохлаждаемыми обмотками приведены в табл. 24, а на рис. 31 изображена конструкция трансформатора.

Глава 8 КОВОЧНО-ШТАМПОВОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ (ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ)

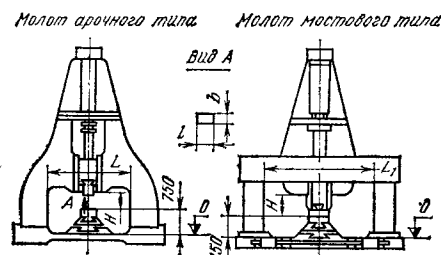
Молоты ковочные паровоздушные двойного действия (табл. 1—3) предназначены для изготовления ковкой поковки средней массы преимущественно из прокатных заготовок, а также дляковки в подкладных штампах.

По типу станины молоты разделяются на одностоечные и двухстоечные. Отечественная промышленность изготавливает двухстоечные молоты арочного и мостового типов.

1. Основные параметры и размеры молотов ковочных паровоздушных двойного действия арочного и мостового типов (ГОСТ 9752—75)*

Параметр	Норма				
	25	50	80	125	200
Энергия удара, кДж, не менее	25	50	80	125	200
Номинальная масса падающих частей, кг	1000	2000	3150	5000	8000
Частота ударов, мин ⁻¹	71	56	56	45	34
Расстояние между стойками в свету для молота, мм:					
арочного L	1800	2360	2800	—	—
мостового L_1	—	—	4000	4000	4500
Высота рабочей зоны в свету	450	530	630	710	800
H , мм					
Размеры зеркала бойка $l \times b$, мм	400×240	530×300	600×340	710×400	800×480

Примечания: 1. Энергия удара определяется по скорости, замеренной на величине хода 10 мм до момента удара по поковке, и фактической массе падающих частей.
2. Избыточное давление пара или воздуха должно составлять 0,6—0,8 МПа.
3. Парораспределительные органы должны допускать работу молота при температуре пара или воздуха до 200 °С.
4. Число ударов определяется в режиме непрерывных ходов и при полном ходе бабы. Допускаемое отклонение фактического числа ударов от указанного в таблице ±10 %.
5. Масса шабота должна быть равна 15-кратной номинальной массе падающих частей молота. Допускаемое отклонение массы шабота ±6 %.
6. Допускается увеличивать фактическую массу падающих частей относительно номинальной не более чем на 5 %.
7. Размеры элементов крепления бойков в бабе и подушке молотов по ГОСТ 6039—82Е.
8. Нормы точности молотов по ГОСТ 6724—77.



2. Ориентировочные данные для выбора массы падающих частей молотов в зависимости от размера поковок

Масса падающих частей, т	Масса поковки, кг			Сторона квадрата в наибольшем сечении заготовки, мм
	Фасонной		для гладких валов наибольшей	
	средняя	наибольшая		
1	20	70	250	160
2	60	180	500	225
3,15	100	320	750	275
5	200	700	1500	350
8	350	1300	2500	400

3. Производительность молотов при ковке без манипулятора в зависимости от массы падающих частей молота и группы поковок по сложности

Группа поковок по сложности	Производительность, кг/ч, при массе падающих частей молота, т				
	1	2	3,15	5	8
1 *	500—215	900—410	1200—560	1600—740	2000—925
2 **	215—95	410—190	560—260	740—340	925—430
3 ***	95—40	190—90	260—120	340—160	430—200

* Группа 1 — простые поковки (валы гладкие, фланцы с отверстием, кубики, шпонки, серьги с одной головкой, кривые планки, валы с уступами, валы с фланцами, втулки и т. п.).

** Группа 2 — поковки средней сложности (валы с фланцами и уступами, шпандлы, зубчатые колеса, серьги с двумя головками, тяги с одной головкой, болты с квадратной головкой; гайки, башмаки, валы одноколенчатые, втулки раскатные и т. п.).

*** Группа 3 — сложные поковки (гайки шестигранные, болты с шестигранной головкой, серьги с одной бобышкой, тяги с двумя головками, рычаги со средней и двумя бобышками на концах, рычаги с ручкой, зубчатые колеса с отверстием, шатуны, валы двухколенчатые с фланцем, ключи гаечные, рычаги кривые, хомуты и т. п.).

Молоты ковочные пневматические (табл. 4—6) предназначены для изготовления ковкой поковок малой массы из прокатных заготовок. Допускают также ковку в подкладных штампах. Отечественная промышленность выпускает пневматические молоты одностоечного типа с параллельно расположенными рабочим и компрессорным цилиндрами (в одной отливке со станиной). Управление осуществляется время совместно вращаемыми рабочими кранами (золотниками) с отдельным (средним) краном для вспомогательного хода.

Ковочные гидравлические прессы предназначены для изготовления ков-

кой поковок преимущественно из слитков, а также дляковки в подкладных штампах. Отечественной промышленностью ковочные прессы изготавливаются колонной и рамной конструкции с верхним и нижним приводом (табл. 7—9). Прессы с нижним приводом могут работать в составе автоматизированного комплекса.

Паровоздушные штамповочные молоты двойного действия (табл. 10, 11) предназначены для штамповки поковок разнообразной формы из прокатного исходного материала преимущественно в многоручевых открытых штампах. Молоты должны быть уста-

4. Основные параметры и размеры молотов ковочных пневматических (ГОСТ 712—82)

Параметр	Норма							
	0,8	1,4	3,15	5,6	10	16	28	1000
Энергия удара, кДж, не менее	0,8	1,4	3,15	5,6	10	16	28	1000
Номинальная масса падающих частей, кг	50	80	160	250	400	630	1000	
Частота ударов, мин ⁻¹	224	212	190	150	132	112	95	
Расстояние от оси бабы до станины L (вылет), мм:								
номинальное	280	300	340	420	530	670	800	
предельное отклонение				±10				±15
Высота рабочей зоны в свету H, мм:								
номинальная	220	260	360	450	530	560	750	
предельное отклонение	±5							-10
Размеры зеркала бойков, мм:								
длина	100	130	190	210	250	320	360	
ширина	56	63	75	80	90	130	140	
Расстояние от зеркала нижнего бойка до уровня пола, H ₁ мм:								
номинальное	80							750
предельное отклонение	±10							+20

Примечания: 1. Энергия удара определяется по фактической массе падающих частей и скорости, измеренной в момент удара по поковке высотой, не превышающей значений, указанных ниже.

Энергия удара, кДж, не менее	0,8	1,4	3,15	Энергия удара, кДж, не менее	5,6	10	16	28
Высота поковки, мм	30	40	45	Высота поковки, мм	56	60	71	90

2. Допускаемое отклонение фактического числа ударов от значения, указанного в таблице должно составлять ±10 %.

3. Наибольший рабочий ход бабы молота должен быть не менее высоты рабочей зоны в свету.

4. Молоты с энергией удара 5,6—28 кДж должны изготавливаться с отдельным шаботом; молоты с энергией удара 0,8—3,15 кДж могут изготавливаться как с отдельным шаботом, так и без него.

5. Масса шабота в сборе для молотов с отдельным шаботом не должна быть менее пятикратного значения энергии удара, а масса подушки в сборе для молотов без отдельного шабота — менее трехкратного ее значения.

6. Допускается увеличивать фактическую массу падающих частей относительно номинальной не более чем на 20 %.

7. Размеры элементов крепления бойков в бабе и подушке по ГОСТ 6039—82 Е.

8. Нормы точности молотов по ГОСТ 6808—76 *.

5. Ориентировочные данные для выбора массы падающих частей молота в зависимости от размера поковки

Масса падающих частей, кг	Масса поковки, кг			Страна квадрата в наибольшем сечении заготовки, мм
	фасонной		для гладких валов наибольшей	
	средняя	наибольшая		
75	0,3	1,2	7,5	45
150	1,5	4	15	60
250	2,5	8	35	75
400	6	18	60	100
560	9	28	110	120
750	12	40	140	135
1000	20	70	250	160

6. Ориентировочная производительность молотов в зависимости от массы падающих частей и группы поковок по сложности

Группа поковок по сложности *	Производительность, кг/ч, при массе падающих частей молота, кг						
	75	150	250	400	560	750	1000
1	75—26	100—37	140—54	200—85	300—120	375—160	500—215
2	26—9	37—14	54—21	85—35	120—50	160—70	215—90
3	9—3	14—5	21—8	35—15	50—20	70—30	95—40

* Примерное распределение поковок по группам см. в сносках к табл. 3.

новлены на виброизолированном фундаменте.

Штамповочные фрикционные молоты с доской (табл. 12) предназначены для штамповки мелких поковок преимущественно в открытых штампах, а также для холодной правки отштампованных поковок после обрезки облоя.

Молоты штамповочные бесшаботные изготавливаются вертикального (рис. 1, 2) и горизонтального типов.

Молоты штамповочные бесшаботные целесообразно применять для штамповки крупных поковок преимущественно в одноручевых штампах. Заготовительные операции в случае надобности следует осуществлять на другом оборудовании (ковочных молотах, вальцах, прокатных станах для периодического профиля и на гидравлических прессах).

Наибольшее распространение получили молоты бесшаботные паровоздушные с ленточной и гидравлической связью верхней и нижней бабы, технические характеристики которых приведены в табл. 13 и 14. Отечественная промышленность изготовила бесшаботный паровоздушный молот с энергией удара 1500 кДж.

Прессы горячештамповочные кривошипные (табл. 15 и 16) предназначены для штамповки поковок различной формы из прокатанного пруткового материала (при отсутствии необходимости предварительного придания формы ему протяжкой) или фасонного проката (при необходимости предварительного придания формы ему протяжкой) в открытых штампах, а также для штамповки в закрытых штампах, в частности выдавливанием.

7. Основные параметры ковочных гидравлических прессов колонной и рамной конструкции (ГОСТ 7284—80* Е)

Параметр	Норма						
	2	3,15	5	8	12,5	20	31,5
Номинальное усилие пресса, МН	2	3,15	5	8	12,5	20	31,5
Наибольший ход подвижной траверсы (рамы) h , мм	450	560	710	900	1250	1600	2000
Расстояние между столом и подвижной траверсой (рамой) в ее верхнем положении H , мм	1400	1600	1800	2120	2650	3150	4000
Размер рабочей зоны в свету поперек осиковки A , мм	1060	1180	1250	1500	1900	2240	2650
Размеры выдвижного стола *, мм:							
ширина B	500	630	800	1000	1250	1600	2000
длина L , не менее	560	710	900	1250	1600	2120	2500
Ход выдвижного стола относительно оси пресса мм, не менее:							
в одну сторону	170	220	280	360	450	600	710
и другую сторону	710	750	850	1060	1320		1600
Число ходов подвижной траверсы (рамы) в 1 мин, не менее:							
рабочих при усилии до 75 % номинального при величине хода	50	40	32	25	22	18	14
проглаживающих при усилии до 25 % номинального и величине хода не менее 20 мм	60	100	125	160		200	
проглаживающих при усиллии до 12 % номинального и величине хода не менее 20 мм		115		110	100	85	75

Продолжение табл. 7

Параметр	Норма						
	250	360	500	800	1250	2000	3350
Мощность привода **, кВт, не более	250	360	500	800	1250	2000	3350
Масса *** (без бойков, перекрытий, узлов механизации и привода), не более	50	70	100	160	250	500	750
<p>Примечания: 1. По требованию потребителя прессы должны изготавливаться с выталкивателем и устройством для смены нижних бойков. 2. Величина обжатия при поглаживающих ходах равна 5 мм.</p> <p>* Для прессов с номинальным усилием 2 и 3,15 МН вместо выдвинутого стола допускается применять поворотный стол с параметрами по согласованию с потребителем. ** Для прессов с индивидуальным насосным приводом. *** Уточненное значение массы прессов, определяемое конструктивными особенностями и комплектацией, устанавливается в технических условиях.</p>							

8. Ориентировочные данные для выбора ковочных гидравлических прессов в зависимости от массы слитка

Усилие пресса, МН	Масса слитка, т	
	средняя	наибольшая
5	0,65	2
8	8	5,5
12	5,5	12
20	14	28
31,5	33	58
50	62	98

9. Ориентировочная производительность при ковке без манипулятора в зависимости от усилия пресса

Группа по сложности ковки *	Производительность, кг/ч, при усилии пресса, МН					
	5	8	12,5	20	31,5	5000
1	1360—780	1830—1150	2450—1700	3250—2250	4500—2750	6000—3400
	780—470	1150—600	1700—820	2250—1000	2750—1200	3400—1400
3	470—240	600—320	820—4400	1000—570	1200—700	1400—900

* См. сноски к табл. 3.

10. Основные параметры паровоздушных штамповочных молотов (ГОСТ 7024—75*)

Параметр	Норма							
	16	25	50	80	125	250	400	630
Энергия удара, кДж, не менее	16	25	50	80	125	250	400	630
Номинальная масса падающих частей, т	0,63	1	2	3,15	5	10	16	25
Число ударов в 1 мин	110	90	80	72	65	55	45	40
Расстояние между направляющими в свету В, мм	400	500	600	710	800	1000	1180	1320
Наименьшая высота штампа без хвостовика Н, мм	180	220	260	340	400	450	500	600
Размер бабы L, мм	380	450	630	750	950	1180	1500	1800
Размер штамподержателя L ₁ , мм	600	670	900	1000	1180	1320	1600	2240
Расстояние от уровня пола до плоскости разъема штампа при наименьшей его высоте Н ₁ , мм	800			700			650	600
<p>Примечания: 1. Энергия удара определяется по скорости, измеренной на величине хода 10 мм до момента удара по поковке при наименьшей высоте штампа и фактической массе падающих частей. 2. Избыточное давление пара или воздуха должно составлять 0,6—0,8 МПа. 3. Парораспределительные органы должны допускать работу молота при температуре пара или воздуха до 200 °С. 4. Число ударов определяется в режиме непрерывных ходов при наибольшем ходе бабы. 5. Допускаемое отклонение фактического числа ударов от указанного в таблице ±10 %. 6. Масса шабота должна быть равна 20-кратной номинальной массе падающих частей молота. Допускаемое отклонение массы шабота ±6 %. 7. Допускается увеличивать фактическую массу падающих частей относительно номинальной не более чем на 15 % без учета массы верхней части штампа. Масса верхней части штампа не должна превышать 30 % номинальной массы падающих частей. 8. На одной из стоек молота должны быть указаны допускаемые крайние, верхние и нижние положения бабы. 9. По заказу потребителя молоты с массой падающих частей 16, 25 т должны изготавливаться с увеличенными размерами бабы и штамподержателя. 10. Размеры элементов крепления штампа в бабе и штамподержателе молотов по ГОСТ 6039—82.</p>								

11. Ориентировочная производительность и масса поковок в зависимости от массы падающих частей молота

Масса падающих частей, т	Масса поковок, кг	Производительность, кг/ч	Масса падающих частей, т	Масса поковок, кг	Производительность, кг/ч
0,63	1	200	5	20—40	1750
1	1—2,5	300	10	70—100	3000
2	2,5—7	600	16	180—360	5000
3,15	7—17	1000			

Прессы горячештамповочные кривошипные двойного действия для штамповки в разъемных матрицах (табл. 17) предназначены для штамповки в разъемных матрицах поковок сложной конфигурации: типа сплошного или полого цилиндра с фланцами, боковыми отрезками и осевыми стержнями, ребрами и развилками, выступами.

Прессы изготавливаются с автоматической подачей и выгрузкой.

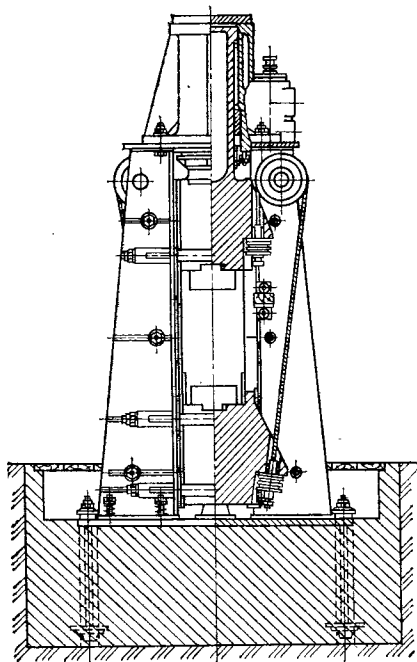


Рис. 1. Молот штамповочный бесшаботный паровоздушный с ленточной связью баб

Машины горизонтально-ковочные с вертикальным разъемом матриц общего назначения (рис. 3, табл. 18, 19) предназначены для штамповки высадкой в многоручевых штампах, а также прошивкой поковок, близких по конструкции к телам вращения из пруткового материала.

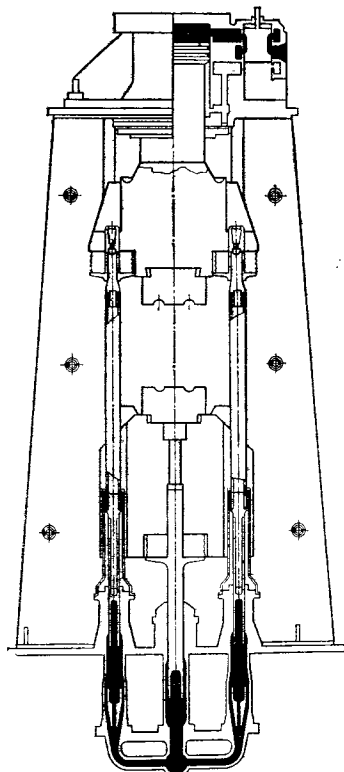


Рис. 2. Молот штамповочный бесшаботный паровоздушный с гидравлической связью баб

12. Ориентировочные параметры штамповочных фрикционных молотов с доской

Параметр	Норма			
	500	750—800	1000	1500—1600
Номинальная масса падающих частей, кг	500	750—800	1000	1500—1600
Рабочий ход бабы (регулируемый), мм	900—1400	900—1450	900—1450	900—1500
Номинальная высота штампа без хвостовиков h , мм	180	220	220	260
Расстояние между направляющими в свету B , мм	450	500	550	560
Размер бабы спереди назад, мм	350	400	450	600
Размер штамподержателя спереди назад, мм	600	650	700	800
Число ударов в мин, не менее	42	40	40	38

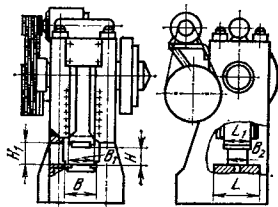
13. Ориентировочные параметры молотов штамповочных бесшаботных с ленточной связью верхней и нижней бабы

Параметр	Норма									
Энергия удара, кДж	100	130	160	200	250	300	350	400	450	
Суммарный ход бабы, мм	1000	1100	1200	1200	1200	1200	1250	1250	1250	
Расстояние между направляющими в свету, мм	750	800	850	900	1050	1100	1150	1200	1200	
Размер бабы спереди назад, мм	1350	1500	1600	1800	2000	2250	2500	2700	3000	
Наименьшая высота штампа без хвостовиков, мм	350	350	400	500	550	575	575	575	575	
Среднее число ударов в 1 мин	10	8	8	7	7	6	6	6	6	
Максимальное число ударов в 1 мин	80	80	80	80	80	80	80	80	80	
Молот соответствует обычному молоту с массой падающих частей, т	5	6,5	8	10	12,5	15	17,5	20	22,5	

14. Ориентировочные параметры молотов штамповочных бесшаботных с гидравлической связью верхней и нижней бабы

Параметр	Норма							
	200	250	320	400	500	630	800	1000
Энергия удара, кДж	200	250	320	400	500	630	800	1000
Суммарный ход бабы, мм	1200	1250	1340	1420	1500	1600	1700	1800
Расстояние между направляющими в свету, мм	940	1010	1080	1150	1220	1290	1360	1400
Размер бабы спереди назад, мм	2100	2500	2800	3000	3200	3600	4000	4500
Наименьшая высота штампа без хвостовиков, мм	450	450	500	500	550	550	600	600
Молот соответствует обычному молоту с массой падающих частей, т	10	12,5	16	20	25	33,5	40	50

15. Основные параметры прессов горячештамповочных кривошипных (ГОСТ 6809—70*)



Параметр	Норма							
	6300	10 000	16 000	25 000	40 000	63 000	125 000	
Номинальное усилие прессы, кН	6300	10 000	16 000	25 000	40 000	63 000	125 000	
Ход ползуна, мм	200	250	300	350	400	460	520	
Частота непрерывных ходов ползуна, мин ⁻¹ , не менее	100	90	85	70	50	40	32	
Наименьшее расстояние между столом (промежуточной плитой, установленной на столе) и подштамповой плитой ползуна в его крайнем положении H , мм	560	560	660	890	1000	1150	1800	
Величина регулировки расстояния между столом и ползуном, мм				10—20				

Продолжение табл. 15

Параметр	Норма							
	40	40	50	50	65	65	—	
Верхний выталкиватель: величина хода, мм усилие, кН, не менее	40	40	50	50	65	65	—	
	31,5	31,5	63	63	80	100		
Нижний выталкиватель: величина хода, мм усилие, кН, не менее	40	40	50	50	65	65	—	
	50	50	100	100	125	160		
Размеры стола, мм, не менее: слева направо B спереди назад L	640	770	940	1200	1570	1900	2500	
	820	990	1200	1400	1620	1950	3100	
Размеры ползуна, мм, не менее: слева направо B_1 спереди назад L_1	600	720	860	1070	1420	1900	—	
	600	720	910	1120	1420	1680		
Размеры окон в стойке прессы, мм, не менее: высота H_1 ширина B_2	560	560	710	1000	1100	1200	—	
	450	560	630	800	1000	1000		
Удельная материалоемкость, кг/(кН·м), не более	112	61	34	14	9	5	—	
Удельная энергоёмкость Вт/(кН·м·мин ⁻¹), не более	0,28	0,25	0,22	0,19	0,25	0,28	—	
Мощность привода, кВт	40	55	90	75	250	320	400	
Масса, т	42	65	119	178	396	561	1400	

Примечания: 1. Удельная материалоемкость

$$K_M = \frac{M}{P_M H F_c H_{ш}}$$

где P_M — номинальное усилие прессы, кН; H — ход ползуна, м; F_c — площадь стола, м²; $H_{ш}$ — закрытая штамповая высота, м; M — масса прессы (без средств механизации и автоматизации устройств, поставляемых по требованию потребителя), кг.

Удельная энергоёмкость

$$K_D = \frac{N}{P_M H n_x}$$

где N — номинальная мощность электродвигателя, Вт; P_M — номинальное усилие прессы, кН; H — ход ползуна, м; n_x — частота ходов ползуна, мин⁻¹.

2. По требованию потребителя прессы должны изготавливаться с количеством штырей нижнего выталкивателя до трех штук; с устройствами загрузки заготовок на первую позицию штампа и транспортерами для отвода отштампованных изделий.

3. Прессы должны быть оснащены устройствами, обеспечивающими безопасность работы; устройствами для съема и установки вставок; устройствами для автоматического смазывания штампов; счетчиками числа нагруженных ходов; указателями технологического усилия.

Конструкция прессы должна обеспечивать возможность встраивания их в автоматизированные комплексы, автоматические линии, в том числе в линии, оснащенные промышленными роботами.

16. Ориентировочная производительность и масса поковок в зависимости от усилия пресса

Параметр	Норма						
Усилие пресса, кН	6300	10 000	16 000	25 000	40 000	63 000	125 000
Производительность, кг/ч	300; 400	400; 600	600; 800	900; 1100	1500; 1800	2200; 2800	—
Масса поковки, кг	До 1	1—2,5	2,5—4	7,0— 12,0	18—22	30—50	—

17. Основные параметры прессов горячештамповочных кривошипных двойного действия для штамповки в разъемных матрицах

Параметр	Норма			
Номинальное усилие пресса, кН	6300	10 000	16 000	25 000
Усилие на ползуне деформирующем/прижимном, кН	—	5000/5000	8000/8000	—
Закрытая высота по ползуну деформирующему прижимному, мм	—	—	1360/1100	—
Размеры стола, мм	—	—	1250×1250	—
Мощность привода, кВт	—	90	—	—
Масса, т	—	83	140	—

Прессы винтовые (табл. 20) предназначены для штамповки в открытых и закрытых штампах (в основном одно-ручьевых). Прессы усилием до

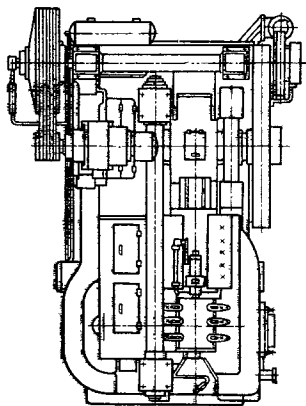


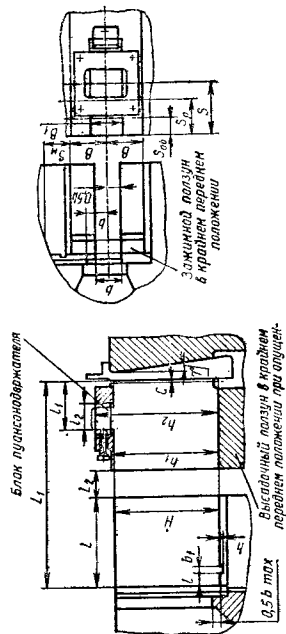
Рис. 3. Машины горизонтально-ковочные с вертикальным разъемом матриц

10 000 кН изготовляют с дугостаторным приводом; предназначены для выполнения различных операций холодной и горячей штамповки, чеканочных, гибочных, рихтовочных и калибровочных работ. Прессы усилием 6300—40 000 кН изготовляют с гидравлическим приводом. Их применяют для точной объемной штамповки поковок, калибровки, чеканки и выдавливания заготовок из обычных и труднодеформируемых металлов и сплавов.

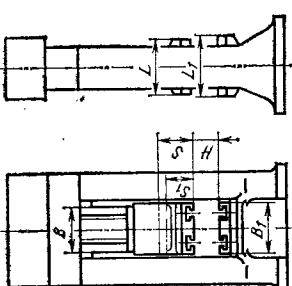
Прессы однокривошипные закрытые обрезающие (табл. 21) предназначены для холодной и горячей обрезки облоя поковок после штамповки, прошивки отверстий и правки штампованных поковок в простых, последовательных и совмещенных штампах. Автоматизированное исполнение: с реечным съемником, механизмом загрузки заготовок и механической рукой; с промышленным роботом.

18. Основные параметры машин горизонтально-ковочных с вертикальным разъемом матриц (ГОСТ 7023—70*)

Параметр	Норма											
	1000	1600	2500	4000	6300	8000	10 000	12 500	16 000	20 000	25 000	31 500
Номинальное усилие, развиваемое высадочным ползуном, кН	1000	1600	2500	4000	6300	8000	10 000	12 500	16 000	20 000	25 000	31 500
Максимальное усилие: воспринимаемое зажимным ползуном при закрытых матрицах, кН (исполнение I)	1000	1600	2500	4000	6300	8000	10 000	12 500	16 000	20 000	25 000	31 500
развиваемое зажимным ползуном при закрыти матриц на величине хода 5 мм до переднего крайнего положения, кН (исполнение II)	1000	1600	2500	4000	6300	8000	10 000	12 500	16 000	20 000	25 000	31 500
Ход, мм:	60	80	100	125	160	180	200	220	250	280	310	350
подвижной матрицы S_m	180	200	220	290	350	380	420	460	510	570	630	700
высадочного ползуна S	100	125	140	190	230	250	280	310	350	390	430	480
крытия матриц S_p	25	40	60	80	110	130	150	170	190	210	240	270
обратный высадочного ползуна при закрытых матрицах $S_{об}$												



20. Основные параметры прессов винтовых (ГОСТ 713Е—81)



Параметр	Норма					
Номинальное усилие, МН	0,4	0,63	1,0	1,6	2,5	4,0
Допускаемое усилие, МН	0,8	1,25	2,0	3,15	5,0	12,5
Эффективная номинальная энергия, кДж, не менее	150	200	230	320	400	560
Наибольший ход ползуна S , мм, не менее	42	58	80	110	150	200
Ход ползуна при номинальной эффективной энергии S_1 , мм, не более	36	42	50	60	70	80
Число ходов ползуна в 1 мин: при наибольшем ходе, не менее	35	40	45	50	55	60
при номинальной эффективной энергии, не менее	30	35	40	45	50	55
Расстояние между направляющими в свету B , мм, не менее	350	450	550	650	750	850
Размер ползуна L , мм	450	500	550	600	650	700
Размеры стола, мм: L_1	400	450	500	550	600	650
B_1	190	210	230	250	270	300
Расстояние между подштамповой плитой стола и ползуном в его нижнем крайнем положении H , мм, не менее	310	350	400	450	500	550

Продолжение табл. 20

Параметр	Норма					
Номинальное усилие, МН	6,3	10,0	16,0	25,0	40,0	63,0
Допускаемое усилие, МН	12,5	20,0	31,5	50,0	80,0	125,0
Эффективная номинальная энергия, кДж, не менее	150	200	230	320	400	560
Наибольший ход ползуна S , мм, не менее	42	58	80	110	150	200
Ход ползуна при номинальной эффективной энергии S_1 , мм, не более	36	42	50	60	70	80
Число ходов ползуна в 1 мин: при наибольшем ходе, не менее	35	40	45	50	55	60
при номинальной эффективной энергии, не менее	30	35	40	45	50	55
Расстояние между направляющими в свету B , мм, не менее	350	450	550	650	750	850
Размер ползуна L , мм	450	500	550	600	650	700
Размеры стола, мм: L_1	400	450	500	550	600	650
B_1	190	210	230	250	270	300
Расстояние между подштамповой плитой стола и ползуном в его нижнем крайнем положении H , мм, не менее	310	350	400	450	500	550

Ориентировочные данные для выбора обрезных прессов в зависимости от массы падающих частей обслуживаемого молота приведены ниже.

Масса падающих частей молота, т	1	1,6—3,15	4—6,3	6,3—10,0	10,0—12,5	12,5—16,0
Номинальное усилие прессы, кН	1600	2500	4000	6300	10 000	16 000

Прессы двухкривошипные закрытые обрезные (табл. 22) предназначены для холодной и горячей обрезки деталей после штамповки, прошивки отверстий и правки поковок после штамповки.

Прессы холодно-штамповочные кривошипно-коленные (табл. 23) применяются для выполнения операций, требующих приложения значительных

технологических усилий на небольших участках рабочего хода ползуна, например, для холодной калибровки (чеканки) штампованных поковок, для

холодной объемной штамповки и для холодного выдавливания деталей из цветных металлов и сталей.

Графики допустимых усилий на ползуне прессов в зависимости от величины его недохода до крайнего нижнего положения приведены на рис. 4.

Применение шестизвенного кривошипно-коленного исполнительного механизма дает возможность снизить

21. Основные параметры прессов однокривошипных закрытых обрезных

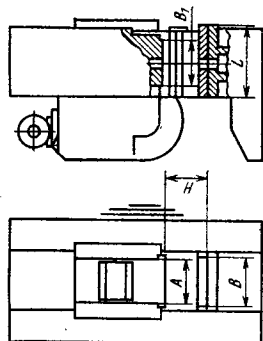
Параметр	Норма					
	1600	2500	4000	6300	10 000	16 000
Номинальное усилие, кН	1600	2500	4000	6300	10 000	16 000
Ход ползуна, мм	250	320	400	400	500	630
Число ходов ползуна в 1 мин	40	32	25	20	16	16
Наибольшее расстояние между столом и ползуном его в нижнем положении, мм	450	530	630	750	900	1060
Размеры стола, мм	800× ×800	800× ×800	1000× ×1000	1250× ×1250	1250× ×1250	1600× ×1600
Мощность привода, кВт	—	—	40	—	100	125

22. Основные параметры прессов двухкривошипных закрытых обрезных

Параметр	Норма			
	200	315	400	630
Номинальное усилие, кН	200	315	400	630
Ход ползуна, мм	200	250	280	320
Число ходов ползуна в 1 мин	50	50	45	40
Наибольшее расстояние между столом и ползуном в его нижнем положении, мм	630	800	800	1000
Размеры стола, мм	1250× ×900	1250× ×900	1600× ×1120	1800× ×1250
Мощность привода, кВт	22	30	40	55
Масса, т	41	48	65,5	92

23. Основные параметры прессов холодноштамповочных кривошипно-коленных. (ГОСТ 5384—84Е.)

Параметр	Пресс	Исполнение	Норма											
			1000	1600	2500	4000	6300	10 000	16 000	25 000	40 000			
Номинальное усилие прессы, кН	Чеканочный	—	—	—	—	1000	2 500	4 000	6 300	10 000	16 000	25 000	40 000	
			—	—	—	1000	2 500	4 000	6 300	10 000	16 000	25 000	40 000	
Ход ползуна S, мм	Для холодного выдавливания	1	95	105	120	130	150	170	180	190	200	200	200	
		2	45	50	56	63	71	80	90	90	90	100	100	
		1; 2	—	—	—	130	160	200	240	300	360	360	360	
Частота непрерывных ходов ползуна в 1 мин, не менее	Чеканочный	3	—	—	—	120	130	160	200	240	300	360	360	
		1	80	70	60	50	40	32	25	20	16	16		
		2	90	80	70	60	50	40	32	25	20	20		
	Для холодного выдавливания	1	—	—	—	60	50	40	32	25	20	20		
		2	—	—	—	60	50	40	32	25	20	20		
		3	—	—	—	70	60	50	40	32	25	20		



Параметр	Пресс	Исполнение	Норма									
			1,0	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5	3,2	4,0	5,0	
Путь ползуна до его крайнего нижнего положения, на котором пресс развивает номинальное усилие t , мм	Чеканочный	—	1,0	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5	3,2	4,0	5,0	
	Для холодного выдавливания	1; 2	—	—	—	18	22	28	36	45	56	
		3	—	—	—	5	8	11	14	18	22	
Путь ползуна прессы до его крайнего нижнего положения, на котором пресс развивает усилие, равное 25 % номинального, мм, не менее	Чеканочный	—	10	12	15	19	23	30	39	48	60	
	Чеканочный	—	240	240	300	375	420	470	510	560	720	
Расстояние между подштамповой плитой и ползуном в его нижнем положении при верхнем полужении регулировки H , мм	Чеканочный	—	—	—	—	400	435	490	590	700	760	
	Для холодного выдавливания	1; 2	—	—	—	400	435	490	590	700		
		3	—	—	—	320	400	435	490	590	700	
Значение регулировки расстояния между подштамповой плитой и ползуном, мм	—	—	10	10	12	12	16	16	16	20	20	
	Чеканочный	—	400	400	400	500	630	800	1000	1250	1600	
Размеры $B = L$, мм	Для холодного выдавливания	1; 2	—	—	—	400	500	630	800	1000	1250	
	3	—	—	—	400	500	630	800	1000	1250		
Размер ползуна спереди назад B_1 , мм, не менее	Чеканочный	—	320	320	320	400	500	630	800	900	1000	
	Для холодного выдавливания	1; 2	—	—	—	320	400	500	630	800	900	
		3	—	—	—	320	400	500	630	800	900	

Параметр	Пресс	Исполнение	Норма									
			280	280	280	280	350	450	600	760	950	1250
Расстояние между направляющими A , мм, не менее	Чеканочный	—	280	280	280	280	350	450	600	760	950	1250
	Для холодного выдавливания	1; 2	—	—	—	—	280	350	450	600	760	950
		3	—	—	—	—	280	350	450	600	760	950
Ход верхнего выталкивателя, мм, не менее	—	—	12	16	16	16	16	16	16	25	25	32
	Чеканочный	—	10	16	25	40	63	100	160	250	400	
Усилие верхнего выталкивателя, кН, не менее	Для холодного выдавливания	1; 2	—	—	—	—	25	40	63	100	160	250
		3	—	—	—	25	40	63	100	160	250	
	Чеканочный	1	50	60	70	80	90	100	110	125	125	
Ход нижнего выталкивателя, мм, не менее	Чеканочный	2	25	30	35	40	50	60	70	80	80	
		1; 2	—	—	—	80	90	110	140	170	200	
	Для холодного выдавливания	3	—	—	—	63	80	90	110	140	170	
Усилие нижнего выталкивателя, кН	Чеканочный	—	32	50	80	120	200	320	500	800	1250	
		1; 2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Для холодного выдавливания	3	—	—	—	80	120	200	320	500	800	
Жесткость, кН/мм, не менее	Чеканочный	—	2000	2200	2500	3000	4000	5000	6300	8000	10000	
		1; 2	—	—	—	1800	2200	2800	3600	4000	5000	
	Для холодного выдавливания	3	—	—	—	1500	1800	2200	2800	3600	4000	

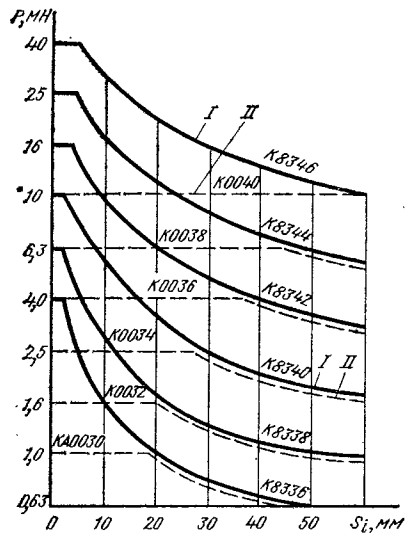


Рис. 4. График допустимых усилий $P_{ном}$: I — на ползуне чеканочных прессов; II — на ползуне прессов для холодного выдавливания в зависимости от величины его недохода до крайнего нижнего положения

усилия на шатуне и крутящий момент в приводе. При рабочем ходе ползуна интенсивно падают скорость и ускорение; на длине рабочего хода 3—6 мм (с учетом упругой деформации пресса) скорость ползуна близка к нулю.

24. Основные параметры прессов гидравлических для безоблойной штамповки многоплунжерные

Параметр	Норма						
	1600	2500	4000	6 300	10 000	16 000	25 000
Номинальное усилие ползуна, кН	1600	2500	4000	6 300	10 000	16 000	25 000
Усилие, кН:							
прижима	3150	—	8000	12 500	20 000	—	—
на вертикальных пуансонах	1600	—	1000	1 600	2 500	—	—
первой ступени горизонтальных пуансонов	1600	—	2000	3 150	5 000	—	—
Усилие выталкивателей, кН	10—260	—	160	~250	320	—	—
Мощность привода, кВт	100	—	240	350	460	—	—

Примечание. Параметры прессов усилием 16 000, 25 000 кН уточняются при заказе.

Прессы для холодного выдавливания созданы на базе чеканочных кривошипно-коленных прессов, причем базовой конструкцией прессы для холодного выдавливания принят чеканочный пресс усилием, превышающим в 4 раза усилие прессы для выдавливания.

Прессы гидравлические для безоблойной штамповки многоплунжерные предназначены для безоблойной штамповки поковок сложных форм с полыми осевыми и боковыми элементами (табл. 24), изготавливаются с механизмом загрузки и выгрузки.

Прессы гидравлические для горячей объемной штамповки предназначены для объемной штамповки из алюминиевых, магниевых, титановых сплавов, а также черных металлов в нагретом состоянии (табл. 25).

Прессы гибочно-штамповочные горизонтальные (бульдозеры) (табл. 26) предназначены для горячей и холодной гибки—штамповки в одноручье-вых и многоручье-вых штампах деталей из мерных штучных заготовок больших габаритов из сортового проката (полос, уголков, кругов, квадратов и другого сортового проката).

Машины радиально-обжимные с программным управлением (табл. 27) предназначены для изготовления осесимметричных деталей из прутковых и трубных заготовок деформированием

25. Основные параметры прессов гидравлических для горячей объемной штамповки

Параметр	Норма			
	12 500	20 000	31 500	50 000
Номинальное усилие прессы, кН	12 500	20 000	31 500	50 000
Наибольший ход траверсы, мм	500	—	1000	1250
Ход стола, мм	1000	—	2100	2800
Усилие выталкивателя, кН:				
центрального	1000	—	1800	2000
бокового	—	—	—	—
Скорость хода траверсы, мм:				
рабочего	—	—	50	80
вспомогательного	—	—	200	200
Мощность привода, кВт	350	—	—	—
Масса, т	95	—	330	550

26. Основные параметры прессов гибочно-штамповочных горизонтальных (бульдозеров)

Параметр	Норма	
	1000	1600
Номинальное усилие, кН	1000	1600
Ход ползуна, мм	420	500
Число ходов ползуна в 1 мин	25/19	20/8
Размеры ползуна, мм:		
длина	1200	1500
ширина	300	350
Наибольшее расстояние между ползуном и упором в конце рабочего хода ползуна, мм	750	1020
Мощность привода, кВт	12	18,5
Масса, т	8,6	14

внешнего профиля в холодном или горячем состоянии. Машины оснащаются средствами механизации и автоматизации.

Машины электровысадочные (табл. 28) предназначены для изготовления деталей типа стержней с утолщением на конце или в середине, а также для увеличения сечения трубчатых и профильных заготовок.

Вальцы ковочные закрытые (табл. 29) предназначены для изготовления поковок и промежуточных заготовок в горячем состоянии. В автоматизированном исполнении они оснащены манипулятором и механизмом загрузки.

Вальцы ковочные консольные одно- и многоклетевые (табл. 30) предназначены для изготовления поковок и промежуточных заготовок в горячем состоянии.

Вальцы ковочные консольные двухклетевые (табл. 31) предназначены для изготовления поковок и промежуточных заготовок в горячем состоянии.

Вальцы ковочные для поперечно-клиновой вальцовки валково-сегментные (табл. 32) предназначены для вальцовки заготовок типа тел вращения с удлиненной осью, в том числе точных по объему. Вальцы оснащаются средствами автоматической загрузки заго-

27. Основные параметры машин радиально-обжимных с программным управлением

Параметр	Норма						
	50	100	200	500	1000	1600	2500
Номинальное усилие, кН							
Наибольший диаметр заготовки, мм:							
трубный	16	25	40	63	130	160	200
прутковый	6,3	10	16	25	100	140	—
Частота вращения прутка, об/мин, не менее	1800	1400	1000	1000	1230	800	630
Мощность привода, кВт	—	—	13,5	74	125	125	160
Масса, т	—	—	10	28,6	50	40	100

28. Основные параметры машин электровысадочных

Параметр	Норма			
	40	100	250	630
Номинальное усилие, кН				
Наибольшая площадь высаживаемого сечения, мм ²	260	710	1600	4500
Скорость ползуна, мм/с:				
высадочного	0,5—30	0,5—30	1—25	1—10
упорного	0—20	0—20	0—20	0,5—10
Ход ползуна, мм:				
высадочного	400	450	700	710
упорного	160	200	300	280
Мощность привода, кВт	2,2	5,75	17	34
Масса, т	4,1	5,5	12	22,5

товок в рабочую зону и выгрузки поковок.

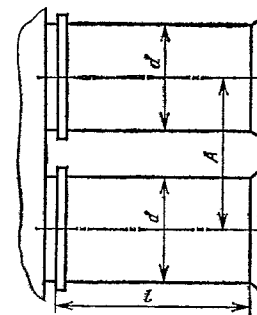
Вальцы новочные для поперечно-клиновой вальцовки двухклетевые предназначены для вальцовки заготовок типа тел вращения с удлиненной осью, в том числе точных по объему. Вальцы оснащаются средствами автоматической загрузки в рабочую зону и выгрузки поковок. Их изготавливают двух моделей: с диаметром валков 450 и 630 мм.

Вальцы ковочные для поперечно-клиновой вальцовки плоскостные предназначены для вальцовки заго-

товок типа тел вращения с удлиненной осью, в том числе точных по объему. Вальцы оснащаются средствами автоматической загрузки заготовок в рабочую зону и выгрузки поковок. Изготавливают одну модель с главным параметром — длиной развертки инструмента 1200 мм.

Молоты штамповочные бесшатбные высокоскоростные (табл. 33) предназначены для точной горячей штамповки заготовок сложной конфигурации, с тонкими ребрами из труднодеформируемых и обычных сталей и сплавов.

29. Основные параметры вальцов ковочных закрытых (ГОСТ 16435—80)



Параметр	Норма							
	160	200	250	320	400	500	630	1000
Номинальное межосевое расстояние A , мм								
Номинальное усилие, кН	160	250	400	630	800	1250	1600	3150
Посадочные места под инструмент, мм:								
диаметр d для валцов:								
одноручевых	100	—	160	—	250	—	400	690
многоручевых	100	125	160	200	250	320	400	690
длина l для валцов:								
одноручевых	160	—	250	—	320	—	400	630
многоручевых	200	250	320	400	500	630	800	1000
Частота вращения валка, с ⁻¹ (об/мин), не менее:								
одноручевого	0,53 (32)	—	0,41 (25)	—	0,26 (16)	—	0,16 (10)	0,13 (8)
многоручевого	1,66 (100)	1,50 (90)	1,33 (80)	1,00 (60)	0,83 (50)	0,66 (40)	0,50 (30)	0,33 (20)
Диаметр исходной заготовки для валцов, мм, не более:								
одноручевых	10	—	16	—	25	—	50	80
многоручевых	30	35	45	70	85	110	140	200
Мощность привода, кВт	—	—	18,5	27	40	50	77	110
Масса, т	—	—	10,5	—	—	31,9	—	66,4

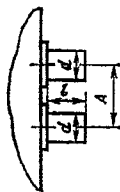
Примечания: 1. Предельные отклонения посадочного диаметра d — по Н7.

2. Допускается изготавливать многоручевые закрытые вальцы с выпущенными консольными участками валов, размеры которых указаны в скобках.

3. Регулировка межцентрового расстояния должна быть не менее 2,5 % номинального межосевого расстояния.

4. По требованию потребителя вальцы должны комплектоваться средствами механизации и автоматизации.

30. Основные параметры вальцов ковочных консольных (ГОСТ 16434—80Е)



Параметр	Норма					
	125	160	200	250	320	400
Номинальное межосевое расстояние A , мм	125	160	200	250	320	400
Номинальное усилие, кН	125	200	315	500	800	1000
Посадочные места под инструмент: диаметр d , мм	70	90	110	140	180	225
длина l вальцов, мм:						
одноклетевых	—	160	—	220	280	360
многоклетевых	55	75	80	95	120	150
Частота вращения вала, c^{-1} (об/мин), не менее	1,30 (85)	—	1,16 (70)	1,00 (60)	0,83 (50)	0,66 (40)
Диаметр исходной заготовки, мм, не более	35	50	60	75	95	125

Примечания: 1. Номинальное усилие указано для первого перехода у опоры консоли, на каждом последующем переходе усилие уменьшается до 25 % по сравнению с предыдущим.
2. Предельные отклонения посадочного диаметра d — по $H7$.
3. Величина регулировки межосевого расстояния должна быть до ± 3 мм.
4. Многоклетевые вальцы поставляются со средствами автоматической загрузки заготовок в рабочую зону и выгрузки поковок.

31. Основные параметры вальцов ковочных консольных двухклетевых

Параметр	Норма				
	125	160	250	320	400
Межцентровое расстояние, мм	125	160	250	320	400
Номинальное усилие, кН	125	200	500	800	1000
Посадочные места под инструмент, мм:					
диаметр	70	90	140	180	225
длина	55	75	95	120	150
Размеры исходной заготовки, мм:					
диаметр	35	50	75	95	125
длина	65—250	65—250	100—350	125—500	500
Частота вращения вала, об/мин	85	85	60	40	40
Мощность привода, кВт	18,5	18,5	40	—	55
Масса, т	4,9	5	14,1	—	28

32. Основные параметры вальцов ковочных для поперечно-клиновой вальцовки валково-сегментные

Параметр	Норма			
	400	500	630	800
Диаметр валка, мм	400	500	630	800
Номинальное усилие, кН	100	160	250	630
Наибольшие размеры заготовки, мм:				
длина	250	315	400	550
диаметр	25	35	50	80
Производительность, шт/мин	25	25	16—32	12,5
Мощность привода, кВт	27	40	58	110
Масса, т	4,8	6,9	9,5	18,5

33. Основные параметры молотов штамповочных бесшаботных высокоскоростных

Параметр	Норма			
	400×400	400×400	530×450	650×565
Энергия удара, кДж	25	63	160	250
Скорость соударения, м/с	8,0	18,5	20	18
Суммарный ход рабочих органов, мм	265	315	450	500
Время цикла, с	5,0	6,0	8,0	9,0
Размер опорной поверхности под нижнюю половину штампа, мм	400×400	400×400	530×450	650×565
Наименьшее расстояние между опорными поверхностями штампа, мм	340	420	530	655
Усилие нижнего выталкивателя, кН	125	200	320	400
Мощность привода, кВт	30	55	115	110
Масса, т	11	18,5	31,0	47

1. АВТОМАТИЗАЦИЯ И МЕХАНИЗАЦИЯ ХОЛОДНОЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ

Классификация автоматических линий кузнечно-прессовых цехов

В зависимости от вида оборудования кузнечно-прессовые цехи комплектуются автоматическими линиями, созданными на базе:

- универсальных кузнечных прессов, автоматов и специальных агрегатов;
- однопозиционных высадочных автоматов и специальных агрегатов;
- многопозиционных и однопозиционных высадочных автоматов и специальных агрегатов;
- многопозиционных высадочных автоматов и специальных агрегатов;
- автоматов-комбайнов и специальных агрегатов;
- роторных автоматических комплексов (одно- и многономенклатурного профиля);
- прессов-автоматов и промышленных роботов.

Целевое назначение автоматических линий различно: они предназначены для производства штуцеров, колпачков и крепежных изделий.

Автоматические линии и комплексы могут быть спроектированы с учетом создания отделения производства изделий с законченным циклом обработки, включающим оборудование:

- заготовительное, формообразующее, для разделительных операций, накатывающее (т. е. оборудование для изготовления изделий);
- термическое и оборудование для создания покрытий (т. е. оборудование для придания изделиям определенных свойств в соответствии с техническими требованиями заказчика);
- для сборки изделий (например, болт—гайка, винт—шайба), а также для консервации, взвешивания, упаковки изделий (т. е. оборудование для придания изделиям товарного

вида и возможности транспортирования).

Однако технические требования заказчика не исключают возможности создания автоматических линий и комплексов с незаконченным циклом обработки, т. е. из линий, состоящих из оборудования заготовительного, формообразующего, для разделительных операций, накатывающего и специальных агрегатов для консервации и упаковки.

Расположение оборудования в автоматических линиях и комплексах должно отвечать следующим условиям: удобству обслуживания и ремонта; возможности многостаночного обслуживания; простоте вспомогательных транспортных устройств; соблюдению безопасности труда и санитарно-гигиенических требований, сокращению производственных площадей. С этих позиций анализируем основные типы планировки автоматических линий. Наиболее распространена последовательная планировка. Для нее характерно последовательное размещение (друг за другом) автоматического оборудования, что обеспечивает наименьшее использование производственной площади, удобство наладки и переналадки, обслуживания и ремонта, максимальное соблюдение норм безопасности труда. Однако данная линия очень растянута и не позволяет осуществлять многостаночное обслуживание. Линия с Г-образным размещением оборудования менее растянута, однако она не отвечает требованиям удобства обслуживания транспортными средствами цеха. Линия с L-образным размещением оборудования позволяет осуществлять многостаночное обслуживание, но затрудняет доступ к отдельным агрегатам. П-образное размещение практически имеет те же недостатки, что и Г-образное. При данной планировке также возникают затруднения с соблюдением норм безопасности труда из-за близкого расположения оборудования друг к другу.

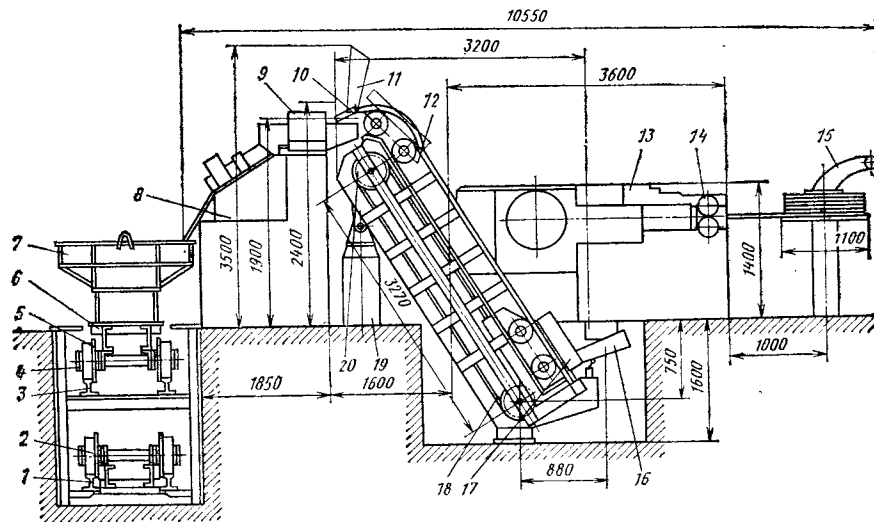


Рис. 1. Автоматическая линия для производства болтов

По виду транспортировки заготовки от одного автомата к другому автоматические линии разбиваются на последовательные и параллельные. Последовательные автоматические линии, в свою очередь, разделятся на линии с жесткой связью между оборудованием с межоперационным запасом заготовок и без него и линии с гибкой связью между оборудованием с межоперационным запасом заготовок. Параллельные автоматические линии обязательно имеют гибкую связь и обладают межоперационным запасом заготовок. В настоящее время последовательность передачи заготовок на линиях с жесткой связью при отсутствии межоперационного запаса заготовок свойственна только собственному высадочным автоматам, механизм переноса которых передает заготовку с позиции на позицию. При передаче заготовок с одного автомата на другой, выполняющий технологические функции, последовательная связь с помощью конвейера дополняется наличием межоперационного запаса заготовок. Если межоперационный запас обеспечивается только конвейером, не обладающим возможностью накапливать заготовки, то между автоматами устанавливается жесткая связь. В тех случаях, когда запас заготовок обеспечивается

их накоплением в бункерах, связь становится гибкой. При объединении группы автоматов для объемной холодной штамповки, выполняющих одинаковые технологические функции (обрезные, резьбокатные, гайко-нарезные), общий конвейер питает бункер каждого из автоматов, выдающих отштампованные заготовки на общий конвейер выдачи заготовок на следующему оборудованию. В самом общем виде современные автоматические линии представляют последовательное поточное производство с включением расположенного параллельно оборудования.

На рис. 1 представлена автоматическая линия для производства болтов. Линия состоит из многопозиционного автомата 13, накатного устройства 8, функциональных элементов — бункера 9, правильных роликов 14, конвейера 12, установленного на тумбе 19, склиза 10, ковшей 11 и 17, закрепленных на цепи 18 и звездочке 20, приемного лотка 16; вспомогательного оборудования — размоточного устройства 15, конвейера, передающего заготовки на следующую линию. Конвейер состоит из движущихся по направляющим 1 и 3 тележек 6 на ходовых колесах 2, 5. На рабочей ветви 4 на платформу устанавливается тара 7,

в которую сыпаются готовые изделия. Принцип работы линии следующий: с помощью крана на размоточное устройство устанавливается бунтовой материал. Конец проволоки направляется в правильное устройство автомата и после правки идет на линию отрезки и далее к высадочным позициям автомата. Отштампованная заготовка через лоток попадает на конвейер и из него в бункер резбонакатного автомата. После накатки резьбы изделие по склизу попадает в тару.

По общему построению данная линия относится к автоматическим линиям из многопозиционных автоматов и специальных агрегатов. По целевому назначению линия — болтовая: планировка линии — последовательная с незаконченным циклом. Наличие бункера и лоткового конвейера-накопителя превращает данную линию в линию с гибкой связью.

Функциональные элементы автоматических линий и комплексов

Автоматическая линия и комплекс состоят из оборудования для объемной холодной штамповки, функциональных элементов, объединяющих оборудование в линию, и вспомогательного оборудования. В зависимости от вида заготовки функциональные элементы имеют определенную структуру. При штучных заготовках функциональные элементы состоят из следующих устройств: транспортирующих бункерно-ориентирующих, магазинных и встроенных в оборудование.

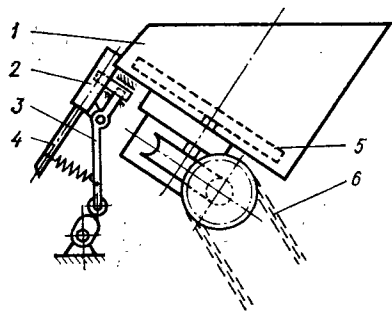


Рис. 2. Бункерно-ориентирующее устройство

При прутковых и бункерных заготовках функциональные элементы включают устройства: транспортирующие, накопительно-ориентирующие, калибрующие, правильно-задающие и встроенные в оборудование.

Транспортирующие устройства состоят из конвейеров, роликовых конвейеров, раздаточных устройств, которые могут работать совместно с линией, а также по автономному режиму.

Бункерно-ориентирующие устройства состоят из бункера и ориентатора. Аналогичные им по функции накопительно-ориентирующие устройства бунтовых и прутковых заготовок включают стеллажи-накопители, ориентаторы и направляющие.

Магазинные устройства состоят из магазинов, механизмов автоматического включения-выключения, отсекателей, питателей.

Калибрующие устройства служат для калибровки металла перед подачей в автомат.

Правильно-задающее устройство позволяет отрезать передний дефектный конец материала и править его перед подачей в автомат.

Встроенные в оборудование устройства имеют многоцелевое назначение: для отключения подачи металла, захвата полуфабрикатов и их переноса, заталкивания (выталкивания) заготовок в технологический инструмент и т. д.

Бункерно-ориентирующее устройство (рис. 2) состоит из бункера 1, захватывающего органа 2, ориентирующего механизма 3, механизма сброса (отвода) 4 избыточных заготовок лотка 5 и привода 6 захватывающего органа.

Захватывающие органы конструктивно оформляются в виде: вырезов определенной формы на доске, перемещающейся в бункере, крючков, штырей, труб и т. д.

Форма захвата зависит от конфигурации заготовки. Для захвата болтов, винтов, шурупов, т. е. заготовок с головками, применяют щелевые захваты. На рис. 3 показан дисковый щелевой механизм, состоящий из бункера 1, и вращающегося диска 2, опирающегося на три ролика 6. Щелевой захват состоит из кольца 3 и диска 2, захватывающего заготовки прижимными (собачками) 4, перемещающимися в приемник 5. Ширина

щели выполняется несколько большей диаметра стержня заготовки, но меньше диаметра головки. Захват, выполненный в виде полого сектора, при качательном движении в нижнем положении захватывает между двумя станками заготовку, которая в верхнем положении под действием силы тяжести соскальзывает в лоток. Чаще применяют конструкцию захватного органа в виде доски (шибера), совершающей возвратно-поступательное движение (рис. 4). На торцовую поверхность доски 1 при ее нижнем положении падают заготовки из бункера 2; при поднятии доски вверх заготовки, лежащие на ее торце, сталкиваются в направляющие 5 лотка. Неправильно сориентированные заготовки звездочкой 3 сбиваются обратно в бункер. Положение заготовок по высоте ограничивается в лотке планкой 4.

Цилиндрические заготовки, имеющие отверстия (гайки, шайбы), захватываются крючками и штырями. В нижнем положении заготовка надевается на крючок (штырь), а в верхнем положении соскальзывает в приемный лоток.

Захватывающий орган и ориентирующий механизм могут компоноваться в одной конструкции. Например, крючковым захватом гайка или шайба захватывается за отверстие и центрируется по отверстию. При автономной компоновке этих механизмов ориентирующим механизмом используются особенности формы или положения центра тяжести заготовки. Для ориентирования заготовок гаек в бункере резбонакатного автомата используется следующая конструкция. Захватывающий крючок располагается по периферии вращающегося бункера, что позволяет гайкам наливаться на острый конец крючка и передвигаться вдоль оси крючка под действием давления от последующих нанизанных гаек. Движение гаек по крючку достигается принудительным перемещением их вращающимися пластмассовыми роликами. Производительность такого механизма не более 60 шт/мин.

Большую производительность обеспечивает механизм ориентирования с щелевым качающимся сектором, расположенным на дне бункера. Касательное движение сектора способствует

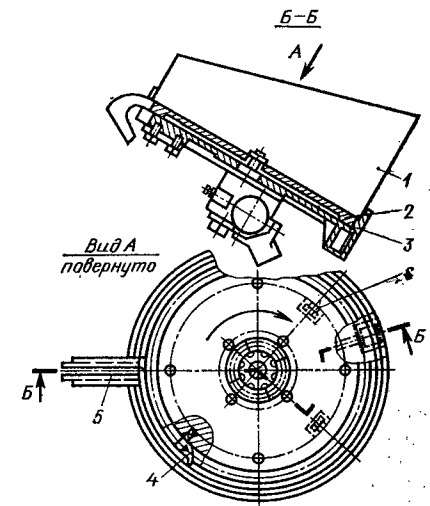


Рис. 3. Дисково-щелевой механизм

ворошению заготовок и сбрасыванию их в направляющие лотка при верхнем положении сектора. Секторное загрузочное устройство состоит из бункера, качающегося сектора, привода, сбрасывателя, лотка и заслонки. Расстояние между щеками сектора принимается равным 1,05—1,15 диаметра стержней крепежных изделий и обеспечивает стабильное попадание стержней изделий в сектор с опорой по их торцу. В зоне перед захватом изделий сектором бункер перегороден заслон-

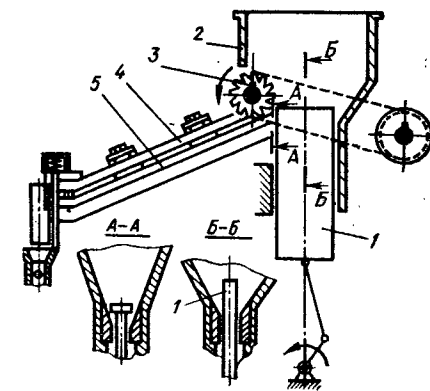


Рис. 4. Шиберай захват

1. Технические характеристики бункерно-ориентирующих устройств

Бункерно-ориентирующее устройство	Область применения	Число захватных органов или ориентирующих механизмов	Средняя производительность захватного органа, шт./мин	Коэффициент вероятности захвата
Крючковое с радиальным наружным расположением крючков по окружности вращающегося диска Штыревое с возвратно-поступательным движением захватного органа Карманное	Для стаканов, колпачков, трубок при толщине стенок более 0,3 мм и длине заготовок больше, чем их диаметр	9—12	60—70	0,5—0,6
	Для стаканов, трубок, стержневых изделий с головками	1	50—70	0,3
Зубчатое	Для цилиндрических заготовок с центром тяжести, смещенным с оси	20—32	180—250	0,6—0,8
	Для цилиндрических заготовок с центром тяжести, смещенным к доньшку	30—70	180—200	0,6—0,8
Секторное	Для болтов, заклепок, винтов	—	120—130	0,5—0,6
Бункерно-щелевое Лопастное	То же	20—50	200—250	0,5—0,6
	Для гаек, заготовок с гранями	4—12	150—200	0,4—0,6

кой, чтобы уменьшить их поток над сектором и обеспечить спокойную работу привода. Из сектора по лотку сориентированные изделия перемещаются к питателю. Для предотвращения перегрузки питателя предусмотрен сбрасыватель. Как правило, сбрасыватели конструктивно выполняются в виде щитков, закрепленных над сектором. Технические характе-

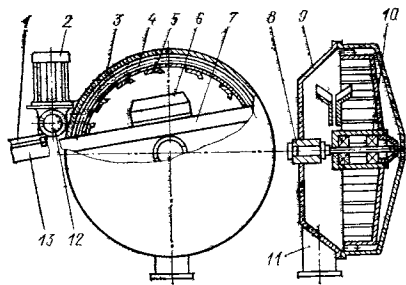
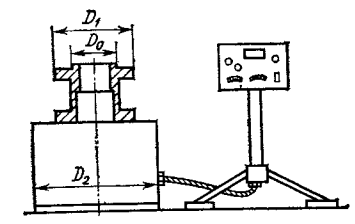


Рис. 5. Роторный бункер

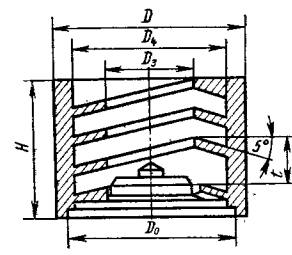
ристики бункерно-ориентирующих устройств приведены в табл. 1.

Для автоматов с повышенным числом ходов (>200 ход/мин) более предпочтительны роторные бункера (рис. 5). Бункер состоит из корпуса 3, в котором размещены захваты 5, закрепленные на круглом диске с зубчатым венцом 4, посредством которого осуществляется вращение захватов. Вращающийся диск установлен на валу 8 в подшипниках 10. Бункер закрыт крышкой 9. При вращении диска заготовки попадают в захваты и перемещаются вверх, затем они попадают в ориентирующие направляющие, состоящие из планок 6 и 7 со скосенными поверхностями (для облегчения попадания на них заготовок). Под действием силы тяжести заготовки ориентируются на направляющих планках. Лишние заготовки звездочкой 12 с приводом 2 сбиваются с направляющих обратно в бункер. Заготовки, попавшие в лоток 13, с помощью

2. Технические характеристики вибропривода



Типоразмер	Наибольшая масса загрузки чаши, кг	D ₀	D ₁	D ₂	Амплитуда колебаний, мм		Угол сдвига колебаний, градусы	Наибольшая скорость эталона, м/с	Масса, кг	Мощность привода, кВт	Номинальный диаметр чаши, мм
					вертикальных	горизонтальных					
ВПУ-160	1,5—3	54	72	163	1,6	0,7	0—360	350	10	0,03	160
ВПУ-250	5—10	75	120	253	2,5	0,7		550	34	0,09	250
ВПУ-400	15—25	130	200	410	4,0	1,0		800	100	0,48	400
ВПУ-630	45	200	300	633	6,3	1,0		1000	320	1,5	630

3. Технические характеристики чаши
Размеры чаши, мм


Номинальный диаметр чаши D	D ₁	D ₂	H	t
160	168	130	60	18
250	260	250	100	32
400	410	320	160	48
630	645	500	250	64

Примечание. D₀ — посадочный размер (см. табл. 2).

планки 1 получают строго ориентированное по высоте положение. Бункер крепится на кронштейне 11.

Широко применяют также вибрационные лотки. На вибропривод монтируется чаша, к которой присоединяется ориентирующее устройство. Технические характеристики вибропривода и чаши приведены в табл. 2 и 3.

Промежуточным звеном между бункерно-ориентирующим устройством и питателем являются лотки 1 (рис. 6), которые выполняют не только

функцию транспортирования, но и синхронизируют производительность оборудования с бункерно-ориентирующим устройством. Как правило, применяют щелевые и винтовые лотки. Щелевой лоток имеет два участка: прямолинейный и криволинейный. Чтобы заготовки не выпадали, сверху лоток огорожен предохранительным щитком 2. При прохождении под щитком головка заготовки центрируется между ним и направляющими и постепенно занимает горизонтальное по-

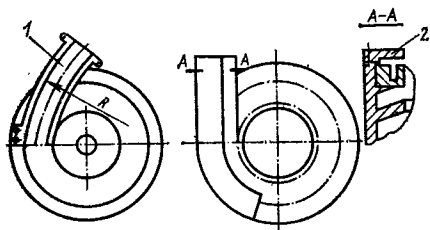


Рис. 6. Чаша с лотками

ложение, необходимое для ее последующей обработки.

Магазинные загрузочные устройства являются переходной ступенью от бункерно-ориентирующего устройства к рабочим органам высадочного прессавтомата. Они состоят из магазинов, отсекающих с приводом и питателей. Движение заготовок осуществляется под действием их силы тяжести, пружин, цепей, дисков и т. п. Трущиеся направляющие магазинов должны после термической обработки иметь высокое качество поверхности. Для удобства обслуживания направляющие стенки в зависимости от размера заготовок могут регулироваться по ширине зазора. При работе автомата с магазинным загрузочным устройством общий цикл их работы состоит из следующих этапов: подачи заготовок из магазина на рабочую позицию; передачи заготовки в зажимы автомата; закрепления заготовки; обратного

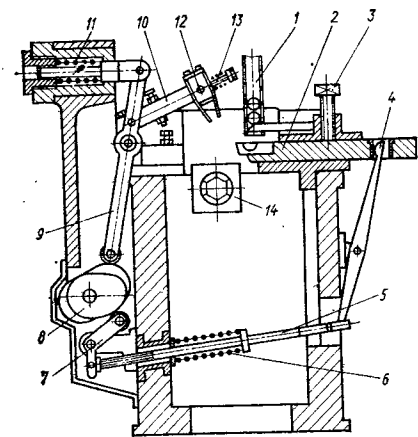


Рис. 7. Конструкция поворотного и поступательного питателей

хода заталкивателя; обратного хода питателя; рабочих операций (как правило, они совмещены с выдачей следующей заготовки из магазина в питатель); разжатия обработанной заготовки; выталкивания заготовки из рабочей позиции.

Отсекатели, питатели, захватные механизмы являются необходимыми элементами автоматических линий. Для четкой работы автомата число подаваемых заготовок регулируется отсекающим, который отделяет от общего потока необходимое число заготовок и передает их в питатель.

Классификация отсекающих производится по характеру движения. При поступательном движении отсекающий своей поверхностью перекрывает доступ заготовок из магазина к рабочим органам автомата. Наличие обратного хода у таких отсекающих снижает их производительность до 80—100 шт/мин. При колебательном движении отсекающего его производительность несколько повышается. При качательном движении отсекающий выполняется в виде скобы, ось которой шарнирно закреплена по линии потока заготовок.

На концах скобы поперечно движению заготовок установлены разделители (планки и штифты), причем разделитель одного плеча скобы отодвинут от второго разделителя, закрепленного на другом плече, на размер заготовки. При качании скобы вначале весь поток перегораживается дальним отделителем, а затем при переборке скобы в другое положение от потока вторым штифтом отделяется одна заготовка, а остальные перекрываются, после чего цикл повторяется. При вращательном движении отсекающего достигается наибольшая производительность автомата из-за отсутствия при подаче заготовок холостых ходов. Как правило, отсекающий блокируется с питателем, который служит для непосредственной подачи заготовок из лотка к рабочим позициям автомата.

Питатель имеет захват для удержания заготовки при переносе ее на рабочую позицию или с одной позиции на другую. Аналогично приводу отсекающего конструкции питателей определяются характером их движения. При поступательном движении питатель выполняется в виде ползушки,

4. Технические характеристики цепно-скребковых конвейеров

Модификация	Скорость, м/с	Высота выдачи полуфабриката, мм	Производительность, шт/мин	Габаритные размеры (длина × ширина × высота), мм	Масса, кг	Диаметр полуфабрикатов, мм			Длина полуфабрикатов, мм
						Болт	Винт	Гайка	
I	0,15	1285—1710	400—2000	(1465—1905) × × 708 × (1190—2330)	317	6—12	4—6	8—12	10—145
II		1480—1990	400—2000	1540 × (2110— 2190) × 2520	326	6—12	4—6	8—12	10—145

в захватах которой закрепляется заготовка. На рис. 7 показан поворотный и поступательный питатели автомата А2322А. Заготовки поступают с наклонного направляющего аппарата 1 в питатель 2 поступательного типа, перемещающий от кулачка 8 с помощью рычагов 4, 5, 7 и пружины 6. Заготовка из поворотного питателя захватами 12 с пружины 13 поворотного питателя перемещается к матрице 14. Перемещение питателя обеспечивает кулачок через рычаги 9, 10 и пружину 11. Поступательный фиксатор 3 ограничивает положение питателя 2. Иногда функции питателя выполняет магазин, и тогда ему придается движение к рабочим позициям и он снабжается захватом.

Наиболее производительны питатели вращательного движения, выполненные в виде дисков с вырезами для заготовок, цепей с захватами и устройствами в виде револьверных подлещ. При этом большое внимание уделяется необходимости точного удержания или фиксирования заготовок.

Захватные механизмы классифицируются по способу выборки заготовок из лотков и крепления их в захвате при транспортировке на рабочую позицию. Они делятся на три группы:

пазовые в виде призмы, полукруга, круглой выточки; в них заготовки попадают под действием силы тяжести или задающего устройства;

клещевые, с захватом по наружной поверхности заготовок;

стержневые, с захватом заготовок по внутренней поверхности.

Эти механизмы широко применяют в высадочных автоматах для холодной объемной штамповки.

Транспортирующие устройства — это различного рода конвейеры: цепные, скребковые, шнековые, вибрационные. Обычно для заготовок размером менее 12 мм используют цепно-скребковые конвейеры, свыше — другие типы. Технические характеристики стандартных цепно-скребковых конвейеров приведены в табл. 4.

На рис. 8 изображены цепной бункер и направляющие линейки к оборудованию. От электродвигателя через червячный редуктор приводятся в движение две цепи 3 и 4 для перемещения пальцев ворошителей 2 и питателей 1, которые к ним жестко прикреплены. Скорость цепи ворошителя несколько превышает скорость цепи питателя, а их положение задают направляющие 5. Ворошитель располагается над питателем и заставляет заготовку принять строго ориентированное положение, когда головка заготовки 7 располагается на торце направляющих 8 и 9, а стержень заготовки 6 сбрасывают их. После подъема на заданную высоту одиночные заготовки поступают по линейкам 10, 11 в оборудование под действием силы тяжести. Положение заготовки по высоте регулируется планкой 12.

Для связи бункеров в автоматических линиях и комплексах применяют шнековый конвейер (рис. 9). Основу конвейера составляют шнек 6 и труба

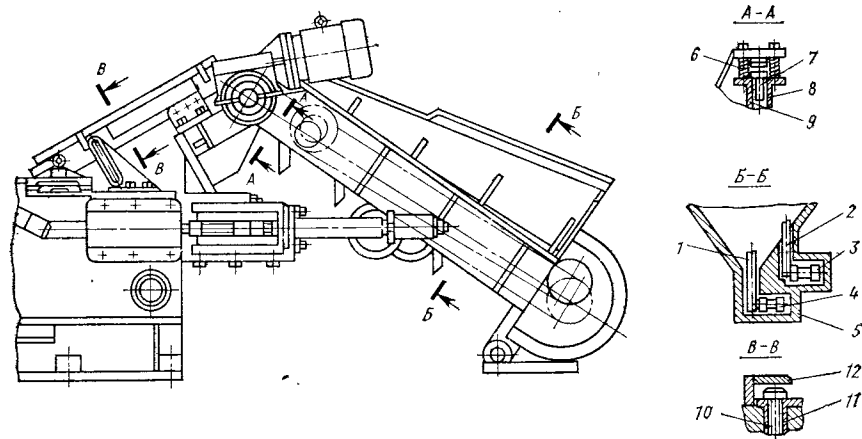


Рис. 8. Цепной бункер и направляющие линейки

2, вращающаяся на бандажах 3 по опорным роликам 4, закрепленным на кронштейнах 5. Вращение трубе придает электродвигатель 8 через открытую коническую передачу 7. Система крепится на опорах 9, 10, 11 и закрывается ограждением 1. Технические характеристики конвейера приведены ниже.

Диаметр заготовок, мм . . .	6—12
Длина заготовок, мм . . .	До 145
Наибольшая высота выдачи заготовок, мм	2670
Наибольшая длина транспортера, мм	6000
Производительность, шт/мин	400—2000
Габаритные размеры, мм:	
длина	5500
ширина	600
Масса, кг	420

При большей высоте выдачи может быть применен ковшовый элеватор или подъемник. На рис. 10 показан ковшевой подъемник. Он состоит из привода 1, перемещающего на цепях 2 шарнирно закрепленные ковши 4. Для натяжения цепей применяются регулировочные звездочки 3. Нижнее положение ковша обеспечивают пружинные опоры. При определенном сжатии пружин, характеризующем заданную массу заготовки в ковше, срабатывает конечный выключатель 5, и ковши, заполненные через лоток 6, под-

нимаются в верхнее положение до контакта 9. В этом положении ковш 4 контактирует вокруг опоры 8 и заготовки ссыпаются в направляющие 7 следующего автомата.

При бóльшей производительности используется ковшовый элеватор (рис. 11). На цепях 4 закрепляются ковши 7. Цепь висит на звездочках 1, и ее натяжение регулируется станцией 3. Все система смонтирована в корпусе 2. При этом загрузка заготовок производится через желоб 5, выгрузка — через бункер 6.

На рис. 12 показан элемент горизонтального виброконвейера, состоящего из путевода 1, прикрепленного

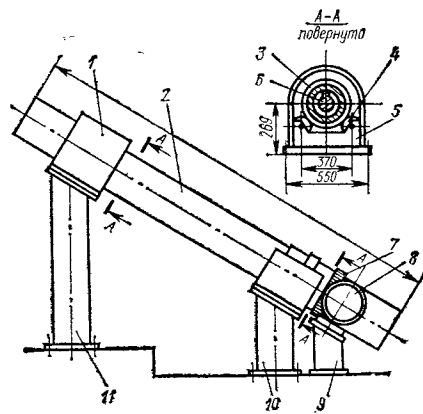


Рис. 9. Шнековый конвейер

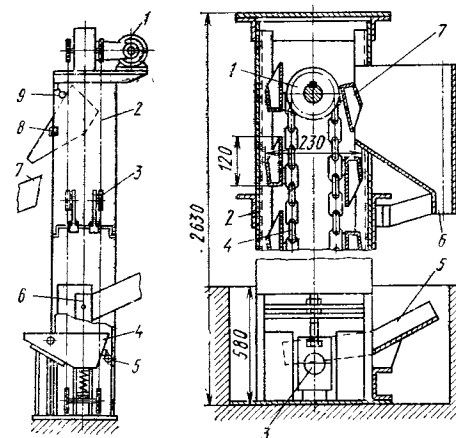


Рис. 10. Ковшовый подъемник

Рис. 11. Ковшовый элеватор

к фундаментной балке 2 на пружинных лапках 4 с помощью амортизирующих резиновых накладок 5. Закрепление пружин к путепроводу обеспечивается накладками 3. Привод вибратора осуществляют якорь 6 и катушка электромагнита 7 с сердечником 8, которые крепятся к кронштейну 9. Общая длина виброконвейера может достигать 5 м при работе с двумя электромагнитами с питанием от сети переменного тока напряжением 220 В и частотой колебаний 60 Гц.

Вспомогательное оборудование

Используемый для автоматов холодной объемной штамповки материал при диаметре до 20 мм применяется в виде бунтовой проволоки; при диаметре свыше 20 мм — в виде прутков. Это предъявляет определенные требования к выбору вспомогательного оборудования. При бунтовом материале применяют фигурки и правильно-задающие устройства; при прутковом — в автоматическую линию включаются стеллажи. Для калибровки металла применяют калибрующие машины.

На рис. 13 показана фигурка для бунтового материала, применяемого в кузнечно-прессовых цехах для холодной объемной штамповки.

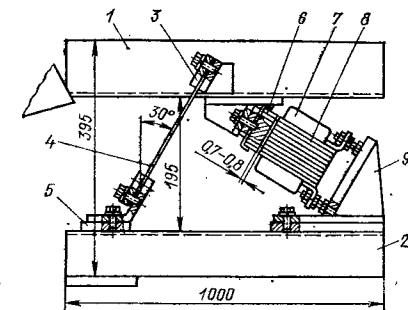


Рис. 12. Элемент горизонтального виброконвейера

На стойке 7 расположена вращающаяся катушка 1, сидящая на подшипниках 2 и 3. Бунт 6 с помощью крана подается через рог 4 на катушку и фиксируется упором 5. Для высадки изделий менее 10 мм фигурка состоит из двух частей. Верхняя часть может занимать горизонтальное положение для удобства заправки бунта, а затем поворачиваться в вертикальное положение и фиксироваться.

Правильно-задающее устройство (ПЗУ), показанное на рис. 14, служит для правки бунтового материала, отрезки переднего дефектного конца и подачи бунтового материала в автомат.

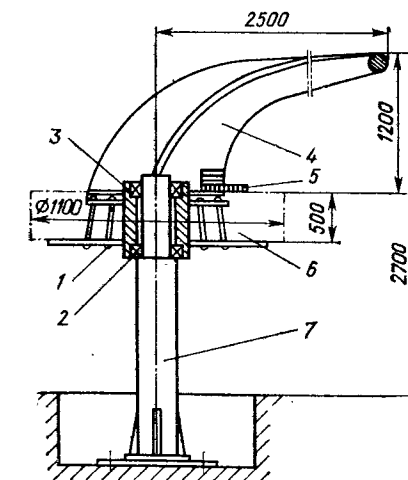


Рис. 13. Фигурка для бунтового материала

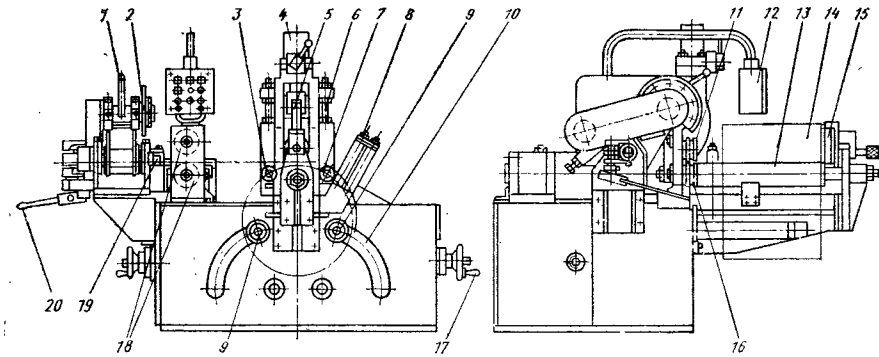


Рис. 14. Правильно-задающие устройства

Технические характеристики двух модификаций ПЗУ приведены ниже.

	ПЗУ-1	ПЗУ-2
Наибольший диаметр бунта (мм) при прочности материала, МПа:		
800	16	32
до 500	20	—
Диаметр бунта, мм:		
наружный	1000—1400	1000—1400
внутренний	200—500	600—120
Масса бунта, кг	100—500	100—500
Скорость подачи, м/мин	9	6,6
Мощность двигателя, кВт	5,2	—
Габаритные размеры, мм:		
длина	2250	2590
ширина	2100	2415
высота	1570	1836
Масса, кг	2800	4028

Бунт 14 (см. рис. 14) с помощью крана надевается на основную опору 13. Центровка бунта осуществляется с помощью роликов 9, передвигающихся в пазах 10 маховиком регулировки 17. Горизонтальное положение бунта ограничивается вертикальными роликами 15. Заправочный конец проволоки подается роликами 8, отгибающими проволоку для подачи в правильное устройство 5. Оно состоит из приводных обжимных роликов 11, 16; для распрямления концов используются ролики 3 и 7, которые

можно настраивать по вертикали с помощью винтов 6, что обеспечивает необходимый радиус кривизны правки. Привод правильного устройства осуществляется электродвигателем постоянного тока через червячный редуктор, цепную передачу и открытую зубчатую пару.

Для осуществления поджима прутков верхняя часть корпуса с верхним роликом шарнирно соединена с нижней частью корпуса, в котором размещен нижний ролик. Поджим производится гидроцилиндром 4. После правильного устройства прутков проходит в направляющие холодные валки 18 и через них в механизм зажима 19, состоящий из двух ползушек с зажимными призмами. В зависимости от типа ПЗУ зажим дефектного конца производится вручную (ПЗУ-1) или пневматическим цилиндром (ПЗУ-2). При этом зажимающие призмы центрируются в обих направляющих и через систему качающихся рычагов получают перемещение от своего привода. Отрезку дефектного прутка и снятие фаски осуществляют головкой, имеющей качательное движение и осевое перемещение. Привод головки получает от электродвигателя через клиноременную передачу. На валу головки размещен абразивный диск 2. Наклоном всей головки с помощью рычага поперечной подачи 1 происходит отрезка дефектного конца. Подрезка фаски осуществляется двумя резами, расположенными у оси абразивного диска и получающими вращательное движение от общего привода. Осевое перемещение

головки обеспечивает каретка от рычага продольной подачи, 20. Подготовленная таким образом проволока подается в автомат. Пульт управления 12 правильно-задающим устройством вынесен на его фронтальную поверхность.

Для подачи прутковых материалов используются автоматизированные стеллажи моделей СА-13 и СА-5. Стеллаж СА-13 для подачи прутков изображен на рис. 15.

Технические характеристики стеллажей приведены ниже.

	СА-13	СА-5
Размер прутков, мм:		
диаметр	20—40	—
длина	4000—6000	До 6000
Производительность, шт/мин	6	До 5
Емкость стеллажа, т	5	4
Мощность двигателя, кВт	2,9	3
Габаритные размеры, мм	5500×2800×1470	—
Масса, т	5,170	3,9

Стеллаж состоит из сварной рамы 1, горизонтального цепного транспортера 2, состоящего из трех тяговых цепей и соответственно трех толкателей. Вертикальный подъем прутков обеспечивает механизм захвата и механизм подъема 3, смонтированный в трех стойках, которые могут перемещаться по раме в зависимости от длины прутков. Привод подъема создает электродвигатель через редуктор и общий распределительный вал 4. Крючковое устройство механизма захвата поднимает пруток сначала с одной стороны, при этом отсекается препятствует подъему других прутков. Поднятый пруток сбрасывается на упор и захватывается с него подъемными крючками, выравнивающими положение прутка, после чего пруток падает на рольганг 5, приводимый от двигателя через червячный редуктор и цепную передачу. Крючки выполняются сменными (в зависимости от диаметра подаваемых прутков).

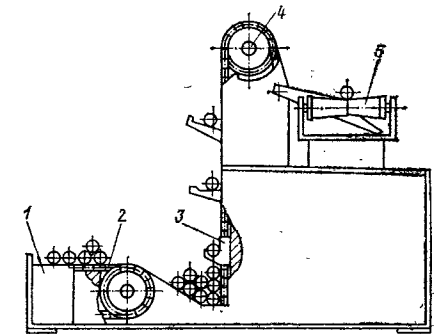


Рис. 15. Автоматизированный стеллаж СА-13

С роликового конвейера пруток может подаваться в калибрующую машину типа КУ (рис. 16). Технические характеристики машины следующие.

Диаметр калиброванной проволоки, мм:	
наибольший	16
наименьший	10
Степень деформации, %	14
Усилие калибровки, кН	63,00
Предел прочности исходной заготовки (наибольший), МПа	7,0
Скорость калибровки, м/мин	3—15
Диаметр намоточного барабана, мм	650
Марка двигателя	П72
Мощность двигателя, кВт	2,5
Скорость вращения двигателя, об/мин	1400
Габаритные размеры, мм	2300×3300×1500
Общая масса с тиристорным преобразователем, кг	6250

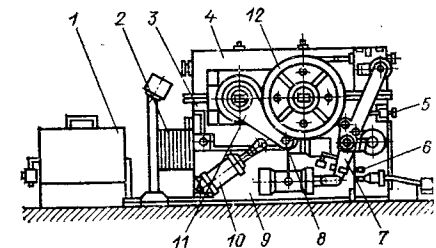


Рис. 16. Калибрующая машина типа КУ



Рис. 17. Замкнутая структурная схема средств автоматизации листоштамповочного производства

Машина предназначена для калибровки металла перед холодной высадкой на автоматах. Используется металл отожженный, протравленный после известкования или фосфатирования. Общая степень деформации не должна превышать 14%. Машина состоит из сварной, коробчатой закрытого типа станины 9, в которой смонтированы зубчатая передача привода намоточного барабана, шкаф с электроаппаратурой и фильерные матрицы. Станина состоит из основания 3 и верхней части 4, соединенных болтами. С передней стороны машины расположены намоточный барабан, прижимное и балансировочное устройство. Привод намоточного барабана 12 калибрующего устройства осуществляется через клиноремennую передачу, открытую зубчатую пару, червячный редуктор электродвигателем постоянного тока. Для плотного прилегания откалиброванной проволоки в бунте, размещенном на намоточном барабане, применяется прижимной механизм, передающий усилие с пневмоцилиндра 10 на прижимной рычаг 11 и далее через ролик 8 на металл. Пневматическое балансировочное устройство состоит из двухплечевого рычага 7, отжимающего проволоку и контролирующего скорость намотки и размер пегли. Крайнее положение двухплечевого рычага фиксируется двумя конечными выключателями 5 и 6. Металл подается на приемный барабан 2 и через подающие ролики переходит в фильерные калибры, балансирное устройство и

намоточный барабан. Тиристорный преобразователь 1 позволяет регулировать скорость в широких пределах.

2. АВТОМАТИЗАЦИЯ И МЕХАНИЗАЦИЯ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

На показатели роста производительности труда рабочих и оборудования оказывает влияние использование различных средств автоматизации и механизации.

Все средства механизации и автоматизации состоят из ряда узлов и механизмов, функционально связанных между собой. На рис. 17 показана обобщенная структурная схема средств автоматизации листоштамповочного производства, характерной особенностью которой является ее замкнутое строение, т. е. наличие взаимосвязи между всеми механизмами, осуществляемой через систему управления и блокировки. Характерной особенностью структурной схемы средств механизации (рис. 18) является отсутствие обратной связи между приводом и захватным органом.

Классификация захватных органов, применяемых в средствах автоматизации и механизации листоштамповочного производства, представлена на рис. 19. В табл. 5 приведены характерные особенности различных типов захватных органов.

В ряде случаев для расширения возможностей средств автоматизации применяют комбинированные захват-

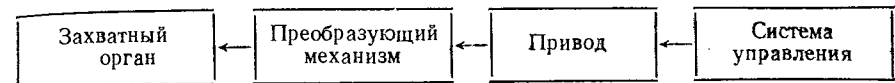


Рис. 18. Разомкнутая структурная схема средств автоматизации листоштамповочного производства

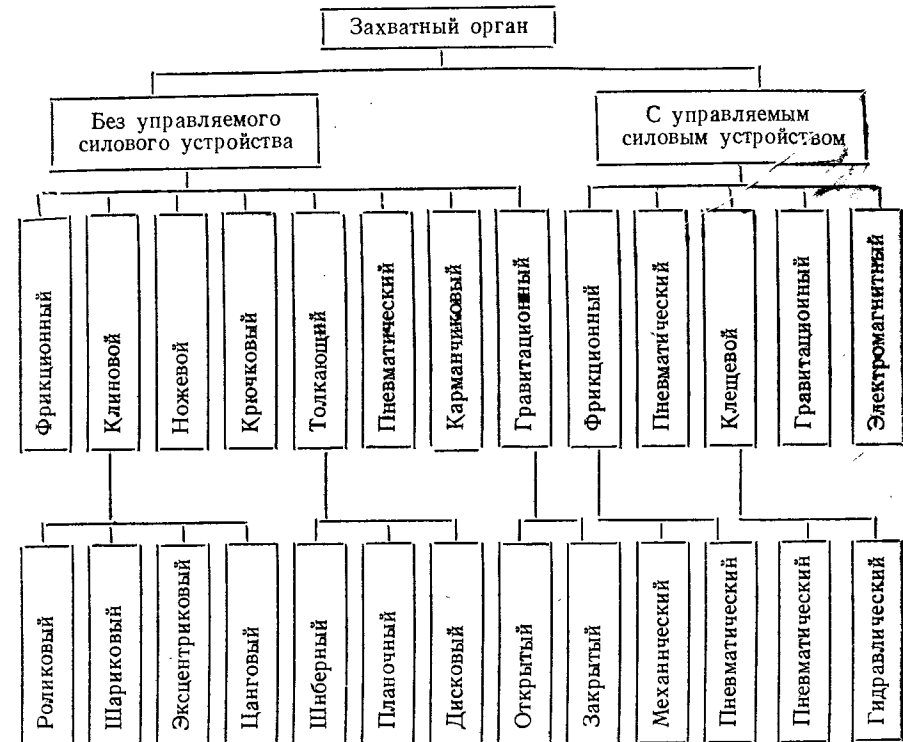


Рис. 19. Классификация захватных органов, применяемых в средствах автоматизации и механизации листоштамповочного производства

ные органы, состоящие из нескольких механизмов, дополняющих друг друга.

Привод средств автоматизации должен обеспечивать требуемое движение захватного органа с заготовкой или без нее. В средствах автоматизации используются разнообразные приводы, классификация которых представлена на рис. 20.

При эксплуатации приводов в условиях кузнечно-штамповочного производства решающее значение имеют их специфические особенности: составные элементы, тип привода, допускаемое число включений, точность остановки и т. д.

Схемы, назначение, структура, кинематические и динамические свойства преобразующих или передающих механизмов средств автоматизации и механизации чрезвычайно разнообразны.

Их классификация представлена на рис. 21.

Введение средств ориентации и перераспределения в автоматизирующие устройства вызвано необходимостью четкой фиксации заготовки в заданном положении при подаче ее в рабочую зону. Применяются они в основном в средствах автоматизации, предназначенных для автоматической

5. Особенности захватных органов

Тип захватного органа	Методы удержания и перемещения заготовки	Характеристика заготовки	Захватывание	Освобождение заготовки в период рабочего хода
Фрикционный	Трением	Непрерывный материал *	Зависит от состояния поверхности заготовки и от плавности изменения скорости перемещения	Возможно только с управляемым силовым устройством
Пневматический	Разрежением на внутренней полости захвата	Плоская, штучная с непрерывной поверхностью контакта	Ухудшается у захватов без управляемого силового устройства по мере увеличения длительности удержания заготовки. Зависит от качества резины, применяемой для захвата	Возможно
Электромагнитный	Магнитным притяжением	Штучная любой формы из намагничиваемого материала	Происходит со стукот: необходимо осуществлять разделение заготовок из стопы или применять захваты со специальной формой полюсов	Возможно
Клиновой	Упругим заклиниванием	Непрерывный материал	Устойчивое	Невозможно
Ножевой	Внедрением в заготовку	Непрерывный материал	Зависит от состояния ножей, неустойчивое для твердых материалов	»
Клещевой	Трением и частичным внедрением в заготовку	Непрерывный материал и штучная	Устойчивое	Возможно
Толкающий	Усилием в направлении движения	Объемная, штучная	Неустойчивое для заготовок толщиной менее 0,5 мм	»
Карманчиковый	Транспортированием специальной полостью	Объемная, штучная	Неустойчивое при больших скоростях перемещения захватного органа	Невозможно

Продолжение табл. 5

Тип захватного органа	Методы удержания и перемещения заготовки	Характеристика заготовки	Захватывание	Освобождение заготовки в период рабочего хода
Крючковый	Транспортированием за отверстие в заготовке	Штучная и непрерывный материал	Устойчивое	Возможно
Гравитационный	Силой тяжести	Штучная	Неустойчивое для плоских легких деталей	Невозможно

* Непрерывный материал — лист, полоса или лента.

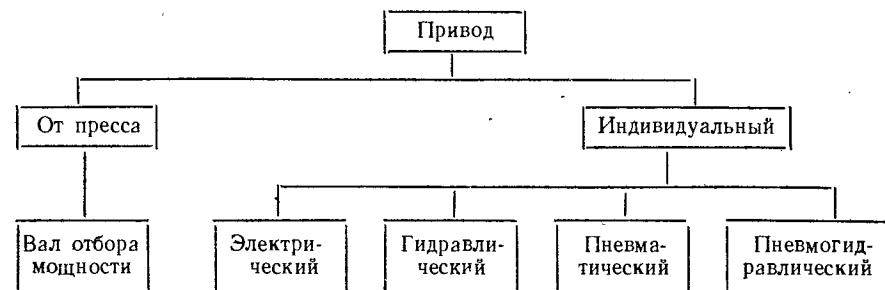


Рис. 20. Классификация приводов средств автоматизации и механизации листостамповочного производства

ориентации заготовок и транспортировки их между переходами.

Средства ориентации и переориентации подразделяют на средства первичной ориентации, когда заготовка из произвольного положения переводится в устойчивое, и средства вторичной ориентации, когда заготовка переводится из одного устойчивого положения в другое до тех пор, пока не будет установлена в заранее заданное положение. К средствам первичной ориентации относятся лотки, крючки, карманы и т. п. Вторичная ориентация производится под действием сил тяжести, встряхивания, вибрации или за счет механического воздействия.

Системы управления и блокировки средств автоматизации и механизации обеспечивают включение привода, связывают работу захватного органа

с работой привода, предотвращают поломки элементов средств автоматизации, штампов и оборудования при нечеткой или неправильной работе захватного органа в опасной зоне пресса.

Классификация систем управления и блокировки представлена на рис. 22.

Одно из главных требований, предъявляемых к подающим устройствам для непрерывного материала и штучных заготовок, — обеспечение заданной точности подачи заготовок на рабочую позицию штамповки, которая зависит от ускорения, развиваемого захватным органом. Выбор типа подачи можно осуществить, пользуясь данными табл. 6.

Если величина ускорения не превышает значений, указанных в табл. 6, то все подающие устройства имеют

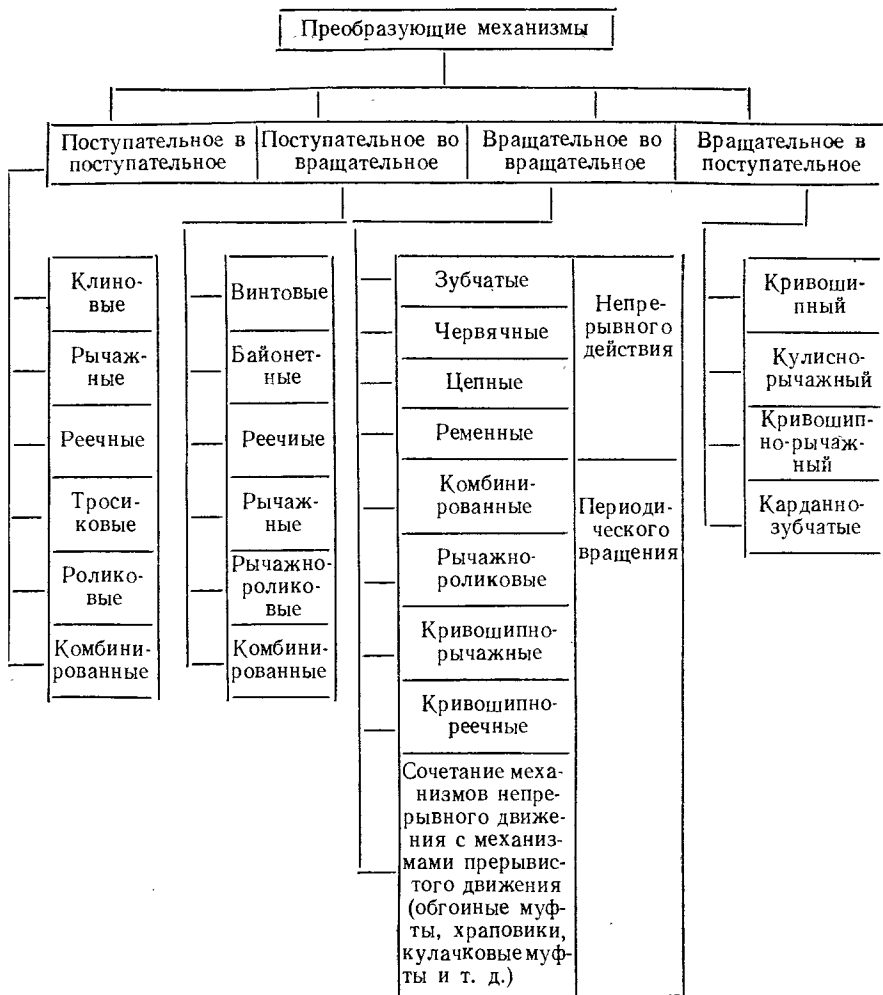


Рис. 21. Классификация преобразующих механизмов средств автоматизации листоштамповочного производства

точность в пределах не менее $\pm 0,1$ — $0,2$ мм. Для повышения точности работы подающих устройств для непрерывного материала применяются шаговые ножи или ловители, однако они могут быть использованы не во всех таких подачах.

Валковые подачи для полосового и ленточного материала наиболее универсальны, удобны в обслуживании и надежны в эксплуатации. Ими могут

оснащаться кривошипные прессы всех конструкций, в том числе с нижним приводом и многопозиционные. По принципу работы валковые подачи подразделяются на односторонние (толкающие или тянущие) и двусторонние.

В табл. 7 приведены технические характеристики двусторонних валковых подач различных моделей, предназначенных для автоматического перемещения ленточного материала

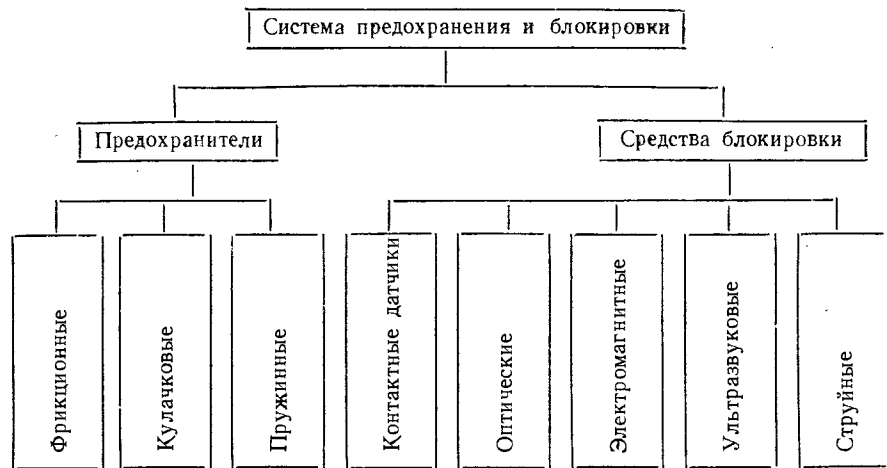


Рис. 22. Классификация систем управления и блокировки средств автоматизации и механизации листоштамповочного производства

в рабочую зону штампа при выполнении вырубки, пробивки, формовки, неглубокой вытяжки и других холоднштамповочных операций на однокривошипных прессах простого действия усилием 100—1600 кН. Привод подачи осуществляется от кривошипного вала пресса. Подача обеспечивает перемещение материала справа налево и слева направо по фронту пресса; подача может переназначаться на одностороннюю и эксплуатироваться в тянущем и толкающем режимах.

Клещевые подачи применяются при штамповке из ленты толщиной св. 0,1 мм и при шаге преимущественно до 200 мм, а с индивидуальным приводом — до 1000 мм. Перемещение материала в клещевых подачах осуществляется захватом подвижной кареткой совершающей возвратно-поступательное перемещение. Торможение ленты при обратном ходе каретки производится неподвижными захватами. Допустимое число ходов клещевой подачи, зависящее от шага подачи, приведено ниже.

Шаг подачи, мм	20	50	75	100
Допустимое число ходов ползуна пресса в 1 мин	300—500	175—500	125—225	105—150
Шаг подачи, мм	125	150	200	275 300
Допустимое число ходов ползуна пресса в 1 мин	95—140	85—130	75—120	80 70

Для подачи ленты шириной более 400 мм используют клещевой механизм с двумя боковыми каретками, смонтированными на общей нижней плите с самостоятельными приводами.

Различают клещевые подачи с захватом подаваемого материала роликами, шариками (их называют ролико-клиновыми), иглами, ножами или губками. Ролико-клиновые подачи находят широкое применение при подаче ленточного материала толщиной 0,4—3 мм. Ножевые захваты применяют для подачи ленточного материала толщиной 0,3—5 мм.

В табл. 8 приведены технические характеристики серийно выпускаемых ролико-клиновых подач для прессов простого действия усилием 40—630 кН. Привод каретки осуществляется от кривошипного вала пресса. Подача — односторонняя, может работать как в тянущем, так и в толкающем режиме.

В табл. 9 приведены технические характеристики клещевых подач с рабочим органом, выполненным в виде плоских губок, предназначенных для подачи ленточного материала на

6. Данные, необходимые для выбора типа подачи

Тип подачи	Тип захватного органа	Привод	Максимальный шаг, мм	Толщина ленты, мм	Максимальное ускорение, м/с ²	Возможность использования фиксаторов или шаговых ножей
Валковая	Фрикционный без управляющего силового устройства	Ползун	120	0,8—2	10	Нет
	Фрикционный с управляющим силовым устройством	Вал	300	0,5—2,5	15	Есть
Индивидуальный		Любой				
Ролико-клиновья	Клиновой	Ползун	100	0,5—2	15	Нет
		Вал пресса	200			
Эксцентриково-клиновья		Ползун	50	0,5—2	15	Нет
Клещевая	Ножевой по торцу	Ползун	100	2—5	20	Нет
		Вал пресса	200	2—5	20	Нет
	Ножевой по рабочим поверхностям ленты	Ползун	100	0,5—2	20	Нет
	Клещевой с пневматическим приводом	Индивидуальный	200	0,1—1,2	10	Есть
Крючковая	Крючковый	Ползун	100	1—2,5	5	Нет

7. Технические характеристики валковых подач моделей ВП

Параметр	ВП 29	ВП 30	ВП 31	ВП 32	ВП 35	ВП 37
Ширина ленты, мм	20—63	50—100	50—160	10—40	50—250	200—315
Толщина материала, мм	0,3—1,0	0,5—1,5	0,5—2,0	0,3—1,0	0,5—2,5	0,5—3,0
Наибольший шаг подачи, мм	63	100	160	40	250	315
Точность подачи, мм	±0,2	±0,3	±0,5	±0,125	±0,625	±0,75
Наибольшее число ходов в минуту	170	120	100	500	80	70
Наибольшая скорость подачи материала, м/мин	11	12	16	16	20	22
Уровень подачи ленты над подштамповой плитой пресса, мм	60—90	70—100	80—110	45—85	120—140	120—140
Габаритные размеры, мм:						
длина	1120	1290	1575	743	1930	2120
ширина	410	470	553	240	750	825
высота	470	500	690	290	740	575
Масса, кг	270	320	575	90	850	1200

8. Технические характеристики ролико-клиновых подач моделей РКП

Параметр	РКП 10	РКП 9	РКП 8	РКП 11
Размеры подаваемого материала, мм:				
ширина	20—40	15—63	20—100	50—160
толщина	0,3—1,5	0,3—2,5	0,3—2,5	0,3—2,5
Наибольший шаг подачи, мм	40	63	100	160
Точность шага подачи, мм	±0,05	±0,075	±0,1	±0,12
Наибольшее число ходов в 1 мин	400	170	120	100
Наибольшая скорость подачи материала, м/мин	16	11	12	16
Уровень подачи материала над подштамповой плитой, мм	40—70	60—90	70—100	80—110
Габаритные размеры мм:				
длина	865	1040	1230	1535
ширина	420	455	515	645
высота	290	400	420	440
Масса, кг	64	144	172	200

прессах усилием 100—1000 кН. Привод подачи индивидуальный от пневмосети. Управление подачей осуществляется кулачком вала пресса, взаимодействующим с пневмоклапаном подачи. Подача может работать как в тянущем, так и в толкающем режиме.

Крючковые подачи применяются при штамповке из ленты и полосы на кривошипных прессах с числом ходов в 1 мин до 250. Поскольку крючковые подачи могут быть только тянущими, их применение возможно при штамповке с перемычками. Практика использо-

9. Технические характеристики клещевых подач моделей КП

Параметр	КП 6	КП 7	КП 8
Размеры подаваемого материала, мм:			
ширина	10—100	10—160	10—200
толщина	0,1—2	0,1—2	0,1—2
Наибольший шаг подачи, мм	100	160	200
Точность шага подачи, мм	± 0,1	± 0,15	± 0,2
Наибольшее число ходов в минуту	120	100	90
Наибольшая скорость подачи, м/мин	12	16	18
Уровень подачи материала над столом прессы, мм	100—135	130—135	160—250
Габаритные размеры, мм:			
длина	500	620	700
ширина	200	240	275
высота	215—250	220—255	265—355
Масса, кг	64,4	70,1	78,0

10. Технические характеристики шиберных подач моделей ПШ

Параметр	ПШ 1		ПШ 2		Параметр	ПШ 1		ПШ 2	
	ПШ 1	ПШ 2	ПШ 1	ПШ 2		ПШ 1	ПШ 2	ПШ 1	ПШ 2
Ход шибера, мм:					Число подаваемых заготовок в 1 мин	100	70		
наименьший	0	0			Наибольшая высота стопы заготовки, мм	200	300		
наибольший	100	250			Расстояние от уровня пола до плоскости подачи, мм	790—1040	790—1040		
Размеры подаваемых заготовок, мм:					Габаритные размеры в плане, мм	370×750	400×1100		
круглых	∅ 35—90	∅ 90—240			Наибольшая высота, мм	1070	1070		
прямоугольных					Масса, кг	320	400		
ширина	35—90	90—240							
длина	12—90	30—240							
Наименьшая толщина подаваемых заготовок, мм	0,5	1,0							

вания таких подач показала, что наименьшая длина подаваемых полос должна быть не менее 500 мм, наибольшая ширина ленты или полосы — 150 мм, а толщина 0,3—5 мм; шаг подачи до 50 мм. Точность перемещения материала крючковыми подачами

зависит от шага, числа ходов прессы, наличия фиксаторов в штампе, размеров полосы и других факторов. Зависимость точности перемещения материала крючковыми подачами от шага подачи может быть оценена следующим образом.

Шаг подачи, мм	До 10	Св. 10 до 20	Св. 20 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 75
Точность перемещения полосы (ленты), мм	± 0,15	± 0,20	± 0,25	± 0,30	± 0,50

11. Технические характеристики револьверных подач моделей РП

Параметр	РП 20		РП 21		Параметр	РП 20		РП 21	
	РП 20	РП 21	РП 20	РП 21		РП 20	РП 21	РП 20	РП 21
Количество гнезд в револьверном диске	10	10			Наименьшая толщина заготовки, мм	0,5	0,5		
Диаметр отверстия гнезда, мм	125	180			Габаритные размеры подачи, мм:				
Наружный диаметр диска, мм	615	850			длина	1160	1500		
Диаметр окружности центров отверстий в гнездах, мм	450	630			ширина	1125	1400		
Толщина револьверного диска, мм	18	21			высота (без учета привода)	375	400		
					Масса, кг	305	765		

Шиберные подачи применяются для перемещения штучных заготовок из магазина в рабочую зону штампа, а также для передачи отрезанной на штампе заготовки на следующую операцию. Они рекомендуются для подачи плоских заготовок шириной (диаметром) до 150 мм и толщиной св. 0,5 мм, а также объемных заготовок высотой до 100 мм.

В табл. 10 приведены технические характеристики серийно изготавливаемых шиберных подач, предназначенных для транспортировки штучных заготовок из магазина в рабочую зону штампа прессов усилием 40—1600 кН. Привод подающего устройства питателя — от пневмоцилиндра.

Револьверные подачи обеспечивают транспортировку заготовок из зоны загрузки в рабочую зону штампа и удаление отштампованных заготовок или деталей. Их рекомендуют применять для подачи плоских заготовок различной конфигурации толщиной св. 0,5 мм и объемных заготовок диаметром до 60 мм. Револьверная подача состоит из следующих основных конструктивных элементов: револьверного диска с гнездами, механизма периодического вращения, привода, тормозного устройства, узла фиксации диска и блокирующего устройства.

В табл. 11 приведены технические характеристики револьверных серийно выпускаемых подач для прессов усилием 250—630 кН. Привод подачи — рычажный от плашайбы, установленной на валу прессы.

Грейферные подачи применяются для перемещения в ориентированном положении плоских и полых мелко- и среднегабаритных заготовок при штамповке в штампах последовательного действия, при многопозиционной штамповке в нескольких однооперационных штампах, а также при однооперационной штамповке заготовок толщиной св. 4 мм в случае большего расстояния от загрузочной до рабочей позиции. Основным узлом подач являются грейферные планки с захватами, совершающие возвратно-поступательное движение в двух направлениях: для захвата и освобождения штампуемых заготовок — поперек направления подачи и для перемещения заготовок и возврата в исходное положение — в направлении подачи.

В табл. 12 приведены технические характеристики ряда грейферных подач, успешно эксплуатируемых на отечественных заводах.

Механические руки рекомендуются применять для подачи заготовок сложной конфигурации, когда невозможно перемещать их в одной плоскости, а также для плоских заготовок толщиной меньше 0,2—0,3 мм. Механические руки имеют комбинированный сдвоенный привод, обеспечивающий перемещение захватного органа в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Подъем и опускание захватного органа обычно производится в крайних положениях: у позиции загрузки руки и в рабочей зоне штампа. В качестве привода ис-

12. Технические характеристики грейферных подач различных фирм

Параметр	Фирма		Параметр	Фирма	
	«Инночент» (Италия)	«Шулер» (ФРГ)		«Инночент» (Италия)	«Шулер» (ФРГ)
Пресс: модель	4-500-120-84	T300-8-305	Шаг, мм: продольный	450	120
усилие пресса, кН	5000	3000	поперечный	140	305
Ход ползуна, мм	610	255	Уровень от плиты штампа, мм	600	500
Число ходов ползуна в 1 мин	15—25	8	Вид привода	От вала	
Размер стола, мм	2048×2134	—	Число позиций подачи	14	8
Закрытая высота, мм	1016—1219	—	Скорость перемещения грейферов, м/с:		
Диаметр перемещаемых заготовок, мм	450	250	продольная	0,614	—
			поперечная	0,35	—

пользуются пневматические и гидравлические цилиндры или привод пресса.

Выбор захватного органа зависит от особенностей заготовки. Чаще применяются электромагнитные, пневматические и клещевые захваты.

Технические характеристики механической руки модели МР 2 к прессам моделей КД 2328, К 1128 усилием 630 кН с пневматическим приводом и электромагнитным захватом приведены ниже.

Диаметр подаваемой заготовки, мм	30—100
Толщина заготовки, мм	0,5—3,0
Тянущее усилие электромагнита, Н	5
Наибольшее число заготовок, подаваемых в 1 мин	40
Угол поворота руки, градусы	45
Подъем руки, мм (от среднего положения)	±25
Точность укладки заготовки в штампы, мм (без ловителей)	±1
Длина руки, мм, при длине стола, мм:	
500	345
600—670	415
670—730	450
Габаритные размеры, мм	975×680× ×972
Масса, кг	245

Механическая рука МР 2 предназначена для перегрузки заготовок из револьверного диска в штампы пресса.

В табл. 13 приведены технические характеристики механических рук различных моделей для съема деталей. Руки выполнены с горизонтальным перемещением захватного механизма; они работают в автоматическом режиме с управлением от командоаппарата пресса. В зависимости от способа монтажа предусмотрены две модификации — напольные и навесные.

Применение механических рук позволяет повысить производительность на 20—30 %, увеличить коэффициент использования прессов до 60—75 %, улучшить условия труда.

Промышленные роботы (автоматические манипуляторы) применяются для

13. Технические характеристики механических рук

Параметр	469К	2086	2135
Ход руки	630	800	1000
Время полного цикла, с	0,8	1,2	4
Масса удаляемой детали, кг	До 10	10—15	15—20

автоматизации основных и вспомогательных технологических операций листовой штамповки в тех случаях, когда другими традиционными средствами автоматизации или невозможно, или затруднительно автоматизировать процесс. Целесообразность автоматизации штамповки с применением роботов определяется такими факторами, как программа выпуска, стабильность технологического процесса, частота переналадки пресса и перепрограммирование работы, возможность решения автоматической ориентации всей номенклатуры заготовок, закрепленных за прессом, и др.

Конструктивно промышленные роботы состоят из следующих основных частей: исполнительная (в виде манипулятора) и устройства передвижения для подвижного робота; управляющей (в виде управляющего устройства).

Для автоматизации листовой штамповки наибольшее распространение получили роботы с пневматическим приводом, работающие в цилиндрической системе координат с цикловой системой управления.

В табл. 14—16 приведены технические характеристики ряда моделей промышленных роботов, выпускаемых отечественной промышленностью, которые целесообразно использовать в качестве средств автоматизации для листовой штамповки.

Разматывающие устройства применяются для ленточного материала в рулонах и подразделяются на устройства с кулачковым зажимом материала по внутреннему диаметру (катушки) и с установкой рулона на катки по наружному диаметру (рулонницы). Катушки бывают с поворотной и неповоротной горизонтальной и вертикальной осью вращения. Катушки и рулонницы выполняются с приводом и без него.

В табл. 17 приведены технические характеристики серийно выпускаемых неприводных разматывающих катушек различных моделей, работающих совместно с многопозиционными прессами.

В табл. 18 приведены технические характеристики разматывающих устройств с индивидуальным приводом от электродвигателя, которые предназначены для автоматизации однокривошипных открытых прессов, прессов-

автоматов с нижним приводом и кривошипных многопозиционных прессов-автоматов усилием до 1600 кН, снабженных автоматическими подачами ленты.

Правильно-разматывающие устройства предназначены для размотки и правки лент в процессе подачи. Они состоят из разматывающего и правильного устройств, установленных на общем основании. Разматывающие устройства выполняются в виде разматывающих катушек, барабанов и рулонниц. Размотка легких рулонов производится тяговым усилием правильных валков, тяжелых рулонов — от электропривода.

Правильные устройства иногда снабжаются устройствами очистки и смазки ленты.

В табл. 19 приведены технические характеристики серийно выпускаемых правильно-разматывающих устройств различных моделей с фиксацией рулона по наружному диаметру. Привод осуществляется от электродвигателя постоянного тока с бесступенчатым регулированием частоты вращения. Правильная головка имеет пять правильных и два тянущих валка.

Наматывающие устройства предназначены для намотки отходов при штамповке из ленты. Они выполняются только приводными с приводом от подающего механизма при помощи цепной, ременной и рычажной передачи или от индивидуального электродвигателя.

В табл. 20 приведены технические характеристики серийно изготавливаемых наматывающих устройств различных моделей, которые предназначены для наматывания отходов ленты, выходящей из вырубных прессов-автоматов с нижним приводом. Привод этих устройств осуществляется от электродвигателя постоянного тока с бесступенчатым регулированием скорости намотки через клиноременную передачу, редуктор и зубчатую пару. Устройства снабжены натяжными роликами для получения плотного рулона, направляющими роликами и фотореле, контролирующим провисание компенсационной петли.

Устройства для резки отходов режут отходы ленты на мерные части, удобные для дальнейшей переработки в металлургическом производстве. Резка

14. Технические характеристики моделей роботов типа «Циклон», «Ритм», НО, РКТЬ с пневматическим приводом

Параметр	Циклон-3,01	Циклон-5,01	Ритм-05,01	НО.01.1126.000	РКТЬ-1 модульный	РКТЬ-2 модульный
Грузоподъемность, кг	3 (каждой руки)	5 (каждой руки)	0,5 (каждой руки)	0,2	3	1 (каждой руки)
Система координат	Цилиндрическая	Цилиндрическая	Прямоугольная	Цилиндрическая	Цилиндрическая	Цилиндрическая
Число рук	2	2	2	1	1	2
Число степеней подвижности	6	7	7	2	4	3
Точность позиционирования	±0,1	±0,1	±0,1	±0,5	±0,5	±0,5
Перемещение руки, мм, по осн:						
X	600	600	400	—	500	400
Y	—	—	300	45	180°	180°
Z	100	100	50	30	80	100
Угол поворота руки вокруг осн Z, градусы	180	180	—	—	—	—
Скорость перемещения руки, м/с, по осн:						
X	0,7	1,5	1,2	—	0,5	0,5
Y	—	—	1,0	45°/с	180°/с	180
Z	0,1	0,2	0,5	0,03	0,08	0,5
Скорость вращения вокруг осн Z, °/с	60	120	—	—	—	—
Захватное устройство:						
поворот вокруг осн. руки; градусы	180	180	180	—	90,180	—
скорость поворота, °/с	180	180	180	—	180	—
Тип привода		Пневматический		Электрический	Пневматический	
Система управления		Цикловая		Электромеханическая	Цикловая	
Время непрерывной работы, ч	16	16	16	16	16	16
Наработка на отказ, ч	140	200	200	500	500	500
Габаритные размеры, мм	1150×1040×460	1150×1040×980	500×800×810	478×240×620	700×860×800	860×700×800
Масса, кг	460	420	326	60	220	220

15. Технические характеристики моделей роботов типа РКТЬ и Рф с пневматическим приводом

Параметр	РКТЬ-3	РКТЬ-5	РКТЬ-6	РКТЬ-7	Рф-201М	Рф-202М	Рф-203М
Грузоподъемность, кг	0,3	1	0,5	0,7	0,2	0,2 (каждой руки)	0,2 (каждой руки)
Система координат		Цилиндрическая		Прямоугольная	Цилиндрическая	Цилиндрическая	
Число рук	2	2	2	2	1	2	2
Число степеней подвижности	3	2	3	2	4	8+2	6+2
Точность позиционирования	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,05	±0,1	±0,1
Перемещение руки, мм, по осн:							
X	200	—	200	400	150	200	200
Y	90,180°	180°	180°	—	—	—	—
Z	30	30—65	30—65	40	30	30	30
Угол поворота руки вокруг осн Z, градусы	—	—	—	—	90	0—129	50—120
Скорость перемещения руки, м/с, по осн:							
X	0,2	—	0,5	0,5	—	0,7	0,7
Y	90°/с	180°/с	90°/с	—	—	—	—
Z	0,1	0,2	0,2	0,4	—	0,2	0,2
Скорость вращения вокруг осн Z, °/с	—	—	—	—	—	180	180
Захватное устройство:							
поворот вокруг осн. руки, градусы	—	—	—	—	180	90, 180	90, 180
скорость поворота, °/с	—	—	—	—	360	720	720
Тип привода			Цикловая	Пневматический			
Система управления			Цикловая				Цикловая
Время непрерывной работы, ч	16	16	16	16	16	16	16
Наработка на отказ, ч	500	500	500	500	200	200	200
Габаритные размеры, мм	720×220×280	292×165×236	292×165×236	1730×480×1000	470×235×248	977×750×325	805×300×247
Масса, кг	50	50	50	100	40	43	38

16. Технические характеристики моделей роботов типа Бриг, ПР, МПУ, КМ с пневматическим приводом

Параметр	Бриг-10	ПР-5	МПУ-20	КМ5Ц 4201	КМ2.5Ц4214	КМ0.63Ц4212
Грузоподъемность, кг	10	5	10 (каждой руки)	5	2,5	0,63
Система координат	1	2	2	3	1	1
Число рук	5	4	6	4	4	2
Число степеней подвижности	±0,3	±0,3	±0,5	±0,1	±0,1	±0,1
Точность позиционирования	600	600	600	630	300	350
Перемещение руки, мм, по оси:	200	150	600	100	80	20
X	100	135°	200	90	270	240
Y	—	—	—	—	—	—
Z	—	—	—	—	—	—
Угол поворота руки вокруг оси Z, градусы	0,6	0,8	—	1,5	1,3	—
Скорость перемещения руки, м/с, по оси:	0,3	0,5	—	—	—	—
X	0,3	—	—	0,4	0,9	—
Y	—	90	—	100	360	400
Z	—	—	—	90	180	—
Скорость вращения вокруг оси Z, °/с	—	—	—	180	720	—
Захватное устройство:	—	—	—	—	—	—
поворот вокруг оси руки, градусы	—	—	—	—	—	—
скорость поворота, °/с	—	—	—	—	—	—
Тип привода	—	—	—	—	—	—
Система управления	—	—	—	—	—	—
Время непрерывной работы, ч	—	—	—	—	—	—
Наработка на отказ, ч	—	—	—	—	—	—
Габаритные размеры, мм	1340×620×800	1420×700×1060	1880×815×880	900×760	700×350	360×360×270
Масса, кг	300	380	760	535	165	20

17. Технические характеристики неприводных разматывающих катушек моделей РУ

Параметр	РУ-300	РУ-200	Параметр	РУ-300	РУ-200
Наибольшие размеры исходной ленты, мм:			Масса рулона, кг	1900	—
толщина	3	3	Габаритные размеры, мм:		
ширина	300	200	ширина	600	820
Наибольший наружный диаметр рулона, мм	1100	800	длина	850—950	553
Внутренний диаметр рулона, мм	400—600	140—500	высота	820—920	1010
			Масса, кг	420	133

18. Технические характеристики разматывающих устройств моделей КП 91

Параметр	КП 91-31	КП 91-32	КП 91-33
Наибольшие размеры исходной ленты, мм:			
толщина	1,5	1,5	1,5
ширина	10—63	50—160	150—320
Наибольший наружный диаметр рулона, мм	1000	1000	1000
Внутренний диаметр рулона, мм	300	300	300
Скорость размотки ленты, м/мин	1,8—18,0	2,4—24	2,4—24
Мощность двигателя, кВт	0,2	0,5	0,7
Габаритные размеры, мм:			
длина	2890	2890	2930
ширина	430	550	640
высота	1250	1290	1375
Масса, кг	560	700	848

19. Технические характеристики правильно-разматывающих устройств моделей ПУ

Параметр	ПУ 7	ПУ 9	ПУ 10	Параметр	ПУ 7	ПУ 9	ПУ 10
Наибольшие размеры ленты, мм:				Мощность электродвигателя, кВт	1,5	3,2	4,5
ширина	140	250	400	Габаритные размеры, мм:			
толщина	1,6	4	3,6	длина	1815	2220	2290
Наибольший диаметр рулона, мм	1000	1200	1200	ширина	570	600	835
Скорость разматывания ленты, м/мин	2,4—24	2,4—24	2,4—24	высота	1360	1290	1470
				Масса, т	0,740	1,400	1,855

20. Технические характеристики наматывающих устройств моделей НУ

Параметр	НУ-9	НУ-10	НУ-11	НУ-17
Наибольшие размеры исходной ленты, мм:				
толщина	1,8	1,4	4,0	3,6
ширина	140	63	250	400
Наибольший наружный диаметр рудона, мм	700	700	1200	—
Диаметр наматывающего барабана, мм	300	300	300	—
Скорость наматывания ленты, м/с	0,04—0,4	0,04—0,4	0,04—0,4	—
Уровень подачи ленты над полом, мм	940	710	1150	—
Мощность электродвигателя, кВт	1,0	1,0	1,5	1,5
Уровень оси рудона от пола, мм	710	450	800	735
Габаритные размеры, мм:				
ширина	670	750	840	1625
длина	1660	850	1350	2000
высота	1100	857	1325	1420
Масса, кг	758	758	1250	—

21. Технические характеристики ножниц для резки отходов моделей НП

Параметр	НП 1		НП 2		
	НП 1	НП 2	Параметр	НП 1	НП 2
Наибольшие размеры разрезаемого материала, мм:					
ширина	160	400	Ход ножа, мм	8—14	16—31
толщина при давлении, МПа:			Кратность реза	1—32	1—32
300	2	4	Наибольшее время двойного хода ножа, с	0,2	0,5
500	1,5	3,5	Габаритные размеры, мм:		
1200	1	3	длина	850	890
Наибольшее число ходов ножа в 1 мин	65	32	ширина	480	680
			Масса, т	0,27	0,39

отштампованной ленты осуществляется ножами с приводом от ползуна пресса, вала пресса или индивидуального привода.

В табл. 21 приведены технические характеристики серийно изготавливаемых ножниц различных моделей для резки отходов с индивидуальным приводом. Они являются частью комплексов оборудования для штамповки деталей из ленточного материала. При-

вод ножниц индивидуальный пневматический. Регулировка хода ножа бесступенчатая. Бесконтактная система электроуправления обеспечивает резку отштампованной ленты — пробивку через заданное число ходов пресса.

Устройства для очистки и смазки исходного материала, заготовок и деталей перед штамповкой улучшают условия эксплуатации подающего механизма и штампа, повышают

22. Основные характеристики бункерных устройств с поштучной выдачей заготовок

Тип бункера	Число захватных органов	Коэффициент выдачи
Крючковый	10—14	0,6—0,9
Карманчиковый:		
наклонный	6—10	0,6—0,9
вертикальный	20—40	0,6—0,8

23. Основные характеристики бункерных устройств с выдачей заготовок порциями

Тип бункера	Число захватных органов	Количество заготовок	Коэффициент выдачи
Секторный	1—2	8—10	0,25—0,4
Ножевой	1—2	8—10	0,3—0,4
Щелевой	6—12	5—8	0,35—0,5
Барабанный	4—12	1—6	0,25—0,3

24. Данные для выбора типа бункера

Тип бункера	Производительность, шт/мин	Тип и размеры заготовок, для загрузки которых рекомендуются бункера
Крючковый	200	Втулка, колпачок; $l/d = 1,5 \div 5$; $l < 75$ мм; $d = 6 \div 20$ мм; $S > 0,3$ мм
Карманчиковый наклонный	150	Колпачок; $l/d = 2,5$; $l = 25 \div 100$ мм; $d = 5 \div 20$ мм
Карманчиковый вертикальный	150	Колпачок; $l \leq d$; $d \leq 25$ мм
Щелевой	200—400	Колпачок; $l \leq 100$ мм; $d = 3 \div 15$ мм
Секторный	120	Втулка; $l \leq 120$ мм; $d \leq 15$ мм Призматическая $l/b \geq 3$; $b/S > 5$; $l \leq 120$ мм; $S \geq 2$ мм Шайба $S/D < 1$; $D \leq 40$ мм; $S \geq 2$ мм
Ножевой	120	Втулка; $l \leq 120$ мм; $d = 4 \div 12$ мм Призматическая $l/b \geq 3$; $b/S > 5$; $l \leq 120$ мм; $S = 3 \div 5$ мм Шайба $D < 40$ мм; $S = 3 \div 5$ мм
С подвижными втулками	200	Втулка, колпачок; $l/d = 1 \div 3$; $l \leq 20$ мм
Со щетками	200	Шайба; $S < d$; $d < 12$ мм Втулка с фланцем или стержень с фланцем; $h \leq d_f$; $d_f < 12$ мм

Продолжение табл. 24

Тип бункера	Производительность, шт/мин	Тип и размеры заготовок, для загрузки которых рекомендуются бункера
С лопастями	100	Шайба; $d < 30$ мм; $S < 5$ мм Колпачок; $d \leq 30$ мм; $h \leq 5$ мм Призматическая, квадратная в плане $l \leq 300$ мм; $S \leq 5$ мм
Вибрационные	До 80	Различной конфигурации с размерами до 100 мм

Примечание. l — длина заготовки; d — наружный диаметр; S — толщина; d_{ϕ} — диаметр фланца; b — ширина заготовки.

25. Технические характеристики вибробункеров моделей БВ

Параметр	БВ-100	БВ-160	БВ-200	БВ-250	БВ-315	БВ-400	БВ-500	БВ-630
Диаметр чаши (внутренний), мм	100	160	200	250	315	400	500	630
Напряжение питания, В	220	220	220	220	220	220	220	220
Потребляемая мощность, Вт	50	50	100	100	250	250	600	600
Максимальная скорость движения заготовки по лотку, м/с	2	2	4	4	5	6	8	10
Масса обечайки с лотком, кг	0,11	0,25	0,69	1,04	1,63	2,55	8,55	13,4
Масса диа, кг	0,22	0,4	1,17	1,47	2,24	2,75	7,85	3,75
Общая масса, кг	4,25	4,51	19,5	20,2	54,0	60,2	228,46	235,6

26. Технические характеристики вибробункеров моделей ВПУ

Параметр	ВПУ 100А	ВПУ 160А	ВПУ 250А	ВПУ 400А	ВПУ 630А
Диаметр вибропривода номинальный, мм	100	160	250	400	630
Момент инерции рабочего органа, кг·см ²	6,3—40	40—250	250—1600	1600—10 000	10 000—63 000
Масса рабочего органа, кг	0,5—1,6	1,2—4,0	3,2—10,0	8,0—25,0	20,0—63,0

Продолжение табл. 26

Параметр	ВПУ 100А	ВПУ 160А	ВПУ 250А	ВПУ 400А	ВПУ 630А
Наибольшая загрузка, кг	1,2	3,5	10,0	25,0	60,0
Наибольшая скорость движения детали-эталопа по лотку контрольной чаши, мм/с	300	450	650	900	1150
Потребляемая мощность, Вт	35	100	300	1000	2100
Габаритные размеры, мм:					
высота	141	216	292	430	624
ширина (диаметр)	108	172	268	423	654
длина	202	278	375	585	877
Масса, кг	6	16	42	110	426
Напряжение, В	380	380	380	380	380
Частота, Гц	50	50	50	50	50

износостойкость их рабочих частей. На поверхность исходного материала смазочный материал наносится вальками, пульверизатором, самотеком из капельниц или обмыванием под давлением. Пропитывание валков осуществляется из капельниц, опущенных в ванночки, а иногда (в прессах с нижним приводом) масло подается через вальки. Устройства механизированной смазки устанавливаются обычно перед штампом или встраиваются в штамп, смазывая непосредственно рабочий инструмент и штамп. Устройства очистки и смазки ленты (полосы) очень часто встраиваются в подающие устройства; они представляют собой регулируемые планки с прокладками, устанавливаемыми на входе подаваемой ленты (полосы) в устройство подачи. В ряде случаев устройства механизированной смазки выполняются в виде отдельного узла или совместно с устройством очистки в виде комбинированного агрегата.

Ориентирующие и питающие устройства обеспечивают выдачу заготовок, ориентированных в заданном положении. Различают автоматические ориентирующие устройства — бункерные устройства, в которых ориентация производится без вмешательства человека, и неавтоматические — магазинные устройства.

В табл. 22 приведены основные характеристики бункерных устройств с поштучной выдачей заготовок.

В табл. 23 приведены основные характеристики бункерных устройств с выдачей заготовок порциями.

В табл. 24 приведены рекомендации по выбору типа бункера в зависимости от формы, размеров и требуемой производительности.

В табл. 25 приведены технические характеристики серийно выпускаемых вибробункеров различных моделей с электромагнитным приводом.

В табл. 26 приведены технические характеристики универсальных виброприводов типа ВПУ (А), рассчитанных на установку чаш вибробункеров диаметром 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800 мм. В отличие от обычных виброприводов с прямой траекторией колебания, имеющих один регулируемый параметр — амплитуду колебаний, виброприводы типа ВПУ имеют эллиптическую траекторию и обеспечивают раздельное регулирование трех параметров: амплитуд горизонтальных (круговых) и вертикальных (осевых) составляющих колебания, и угла сдвига фаз между ними.

Магазины — это устройства, предназначенные для накопления в один

17. Технические характеристики полосукладчиков моделей ПП

Параметр	ПП 300	ПП 500
Габаритные размеры полос, мм:		
толщина	0,5—3,0	0,5—3,0
ширина	90—300	90—500
длина	1200—2000	1200—2500
Максимальный шаг подачи, мм	300	500
Высота штабеля полос, мм	290	290
Ход присосок, мм:		
вертикальный	350	350
горизонтальный	365	460
Величина хода полос при сбрасывании ее с матрицы механизмом дополнительного поворота валков, мм	25	25
Габаритные размеры подачи, мм	2170×510×1585	2560×680×1786
Масса подачи, кг	840	1160

ряд определенного количества штучных заготовок.

Ниже приведены технические характеристики магазинного устройства МУПР-2, обеспечивающего ориентацию заготовок в пространстве, подъем и поддержание стопы заготовок на определенном уровне.

Размер заготовки, мм . . .	250×250— 500×500
Наименьшая толщина заготовки, мм	0,5
Наибольшая высота стопы заготовки, мм	250
Наибольшая масса стопы, кг	400
Расстояние от уровня пола до плоскости захвата заготовки, мм	800—1100
Вид привода	Пневмогидравлический
Рабочее давление воздуха, Па	(4,5—5) 10 ⁵
Габаритные размеры, мм	1450×690
Масса, кг	600

Такие магазинные устройства используются в составе автоматизированных на основе роботов комплексов оборудования для листовой штамповки.

Ориентирующие устройства служат для ориентации заготовок в пространстве перед штамповкой или позднее в момент укладки. Ориентация

заготовок и деталей может осуществляться непосредственно в магазинных и бункерах, в желобах и лотках в момент перемещения заготовок к питающим устройствам или накопителям.

Конструкция и форма ориентирующих устройств зависит от конфигурации и необходимого положения детали. Наиболее распространены следующие способы ориентации: деталь под действием центра тяжести перевортывается кверху дном; деталь проталкивается через окно, имеющее форму детали; ориентация с помощью обдувки воздухом или жидкостью; метод опознавания с помощью электроконтактных головок или ориентирование в магнитных полях; фотоэлектрический способ и др.

Полосукладчики предназначены для захвата полос из стопы и загрузки их в механизм шаговой подачи прессы. Захват полос осуществляется либо пневмовакuumными, либо магнитными захватами, смонтированными на подвижной траверсе, или же магнитными роликами. Привод траверсы чаще всего выполняется пневматическим.

В табл. 27 приведены технические характеристики полосукладчиков моделей ПП 300 и ПП 500, работающих в комплексе с двусторонней валиковой подачей (модели ЭР-35А и ЭР-36Б) и механизмом дополнительного поворота валков. Они предназначены для загрузки многопозиционных прессов.

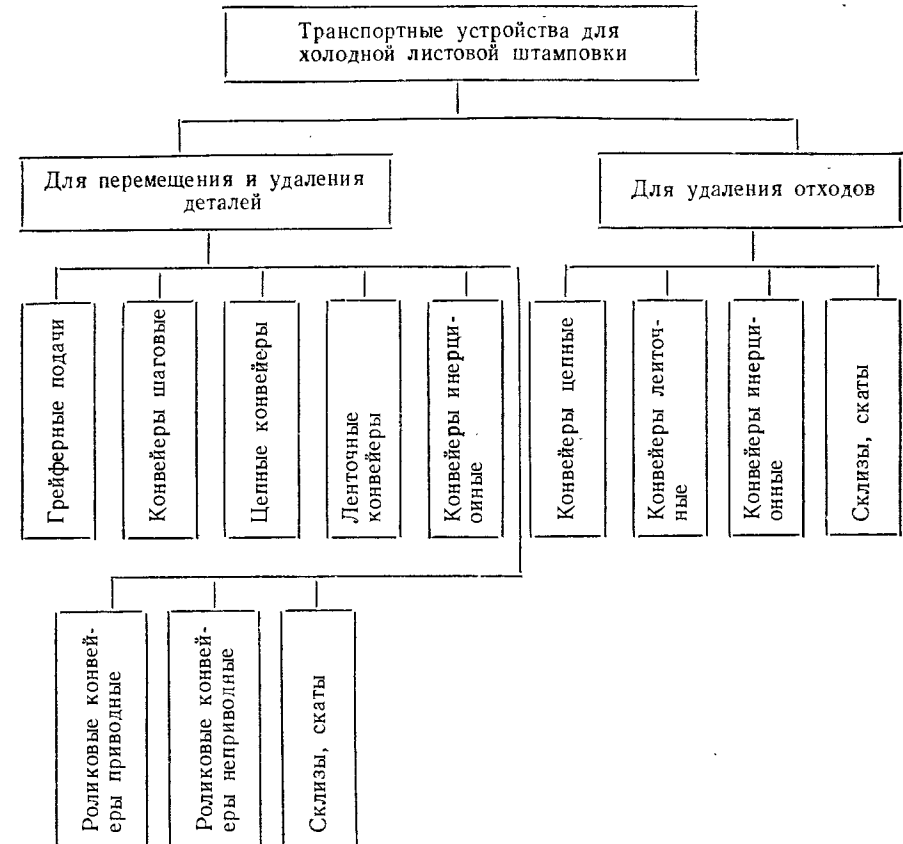


Рис. 23. Классификация транспортных устройств, применяемых в листовой штамповке

Листоукладчики и листоподаватели предназначены для механизации и автоматизации подачи крупногабаритных листовых заготовок. Листоукладчики осуществляют подачу заготовок непосредственно в пресс, листоподаватели — на рабочие места прессовщика. В комплект листоукладчиков и листоподавателей входят механизмы подачи стопы листовых заготовок, механизмы подъема листов и механизмы подачи листа в пресс или на рабочее место прессовщика, а также блокирующие устройства, останавливающие пресс в случае подачи в штамп более одного листа. Съем верхнего листа осуществляется пневматически и магнитными захватами.

Сбрасывающие устройства предназначены для удаления отштампован-

ной детали из межштампового пространства в тару в неориентированном положении. К ним относятся пневматические, пружинные, шиберные, крючковые устройства. В пневматических устройствах заготовки из рабочей зоны штампа удаляются струей сжатого воздуха. Пружинные устройства удаляют заготовки путем сталкивания толкателем, получающим движение от пружины. Они применяются для прессов, у которых число ходов в минуту равно 120—180. Шиберные устройства применяются для прессов с числом ходов до 90 в 1 мин и имеют привод от ползуна прессы или штампа. Иногда для удаления крупных заготовок применяют шиберные сбрасыватели с индивидуальным пневматическим приводом, а также крючковые устройства.

28. Комплексы для листовой штамповки

Модель комплекса	Состав комплекса			
	Пресс	Подача	Правильно-разматывающее устройство	Ножницы для резки отходов
ВП-3-10	КД 2120	ВП 38	ПУ8 (ПУ 63)	НП 1
ВП-3-16	КД 2122	ВП 38	ПУ8 (ПУ 63)	НП 1
АККД 2122-1	КД 2122	ВП 38	ПУ8 (ПУ 63)	НП 1
АККД 2124-2	КД 2124	ВП 38	ПУ7 (ПУ 160)	НП 1
АККД 2126-1	КД 2126	ВП 38	ПУ7 (ПУ 160)	НП 1
АККД 2128-1	КД 2128	ВП 39	ПУ7 (ПУ 160)	НП 1
АККД 2328-1	КД 2328	ВП 39	ПУ7	НП 2
К18.001	КД 2130А	ВП 40	ПУ9 (ПУ 250)	НП 2
АККД 2330-1	КД 2330	ВП 40	ПУ9 (ПУ 250)	НП 2
АКК 2132А	К 2132А	ВП 37	ПУ10 (ПУ 400)	НП 2
РКП-3-6,3	КД 2118	РКП 10	ПУ8 (ПУ 63)	НП 1
РКП-3-10	КД 2120	РКП 9	ПУ8 (ПУ 63)	НП 1
РКП-2-40	КД 2126	РКП 11	ПУ11 (ПУ160)	НП 1
КП-3-16	КД 2122	КП 6	ПУ 8 (ПУ 63)	НП 1
КП-2-40	КД 2126	КП 7	ПУ7 (ПУ 160)	НП 1

Выносящие устройства предназначены для удаления отштампованных заготовок из межштампового пространства в тару в ориентированном положении. К ним в первую очередь относятся механические руки, лотковые устройства, конвейеры.

Транспортные устройства предназначены для перемещения заготовок между оборудованием в поточно-механизированных и автоматических линиях, а также для удаления отштампованных деталей и отходов.

Классификация транспортных устройств, применяемых в листоштамповочном производстве, приведена на рис. 23.

Выбор типа транспортного устройства зависит от формы и размеров детали, ее массы и необходимости сохранения ее определенной ориентации. Конвейеры могут быть стационарными или поворотными, с фиксацией рабочего положения — горизонтального, наклонного или вертикального. Привод для транспортеров используется электромеханический, гидравлический, пневматический или привод от предыдущего средства механизации.

Стапелирующие устройства служат для укладки в ориентированном положении заготовок после штамповки. Стапелирование может осуществляться

за счет свободного падения или скольжения деталей, либо за счет принудительного их перемещения. Выбор конструкции стапелирующего устройства зависит от способа удаления заготовки после штамповки, формы и размеров. Плоские заготовки типа Ш-образных пластин целесообразно стапелировать с помощью склизов. Заготовки симметричной формы и с отверстием целесообразно стапелировать на стержнях, а без отверстия — в кассетах.

Средства механизации смятия, установки и крепления штампов позволяют снизить потери, связанные со сменой инструмента, составляющих в зависимости от размеров штампуемой партии и количества закрепленных за прессом операций от 15 до 40 % годового фонда времени работы оборудования. Для механизации смены штампов на обычных прессах применяют самоходные, переносные и стационарные приспособления. К самоходным средствам относятся автопогрузчики, тележки и др.

Комплексы оборудования наиболее рационально применять в массовом и крупносерийном производстве. Они обеспечивают выполнение всех операций производственного процесса в автоматическом режиме.

Комплекс, предназначенный для штамповки деталей из ленточного ма-

териала, обычно состоит из основного агрегата — кривошипного пресса, подачи, правильно-разматывающего устройства и ножниц для резки отходов ленты на мерные части для удобства последующей транспортировки. Применяются валковые, ролико-клиновые, клещевые подачи. Правильно-разматывающие устройства применяются с индивидуальным приводом и без него. Состав некоторых серийно выпускаемых на базе кривошипных прессов комплексов приведен в табл. 28.

В табл. 29 приведены технические характеристики листоштамповочных автоматов различных моделей с нижним приводом, выпускаемых отечественными заводами. Они предназначены для выполнения операций холодной штамповки из металлических лент в массовом и крупносерийном производстве. Автоматы оборудованы двусторонней валковой подачей и ножницами для резки отходов.

Наряду с комплексами для штамповки из ленты (полосы) применяются комплексы оборудования для штамповки из штучных заготовок. Это гибкие, быстропереналаживаемые комплексы, в состав которых входит кривошипный пресс, промышленный робот и пилатель штучных заготовок. Ниже даны технические характеристики комплекса оборудования АКК 63 ПР для листовой штамповки деталей на базе пресса усилием 630 кН с применением промышленного робота ПРЦ 1.

Ход ползуна пресса, мм	90—100
Наибольшая масса штампуемой заготовки, кг	2,5
Размеры обрабатываемых плоских заготовок, мм:	
наибольшие габаритные	250×250
наименьшие габаритные	100×100
наименьшая толщина	0,5
Точность позиционирования, мм	±0,1
Расстояние от уровня пола до плоскости укладки заготовок, мм	900—1000
Производительность комплекса, не менее шт.:	
минутная	6
сменная (7 ч)	2000
Общая мощность, кВт	8,66
Масса, кг	730
Габаритные размеры ком-	

плекса, мм	3780×
	×2760×
	×2890

В состав комплекса входит механизм контроля АКК 63 ПР-31-001, ограждения АКК 63 ПР-71-001, АКК 63 ПР-72-001, промышленный робот ПРЦ 1, пресс однокривошипный открытый двухстоечный простого действия КД 2128, магазинное устройство МУПР 1, захват вакуумный ПРЦ 1-62-001, захват электромагнитный ПРЦ-1-64-001, датчики внешней информации ПБ 919-00-001, электронный блок ПБ 919-00-001.

Ниже приведены технические характеристики комплекса на базе прессы К 2130 А.

Размеры обрабатываемых плоских заготовок, мм:	
прямоугольных	200×200—
	500×500
круглых (наружный диаметр)	200—500
Номинальное усилие прессы, кН	1000
Ход ползуна, мм	25—130
Число ходов в 1 мин	40
Грузоподъемность робота, кг	10
Наибольшая масса заготовки, переносимая одной рукой робота, кг	5
Наибольшее перемещение руки, мм:	
горизонтальное	800
вертикальное	150
Точность позиционирования, мм	±0,5
Программоноситель	Штекерная панель
Число одновременно управляемых координат	5
Дискретность управляющих импульсов, с	0,1—0,3
Производительность комплекса (при обработке заготовки размером 485××390 мм), шт/мин	10
Суммарная мощность привода, кВт	10,15
Габаритные размеры, мм:	
длина	3860
ширина	3700
высота	2725
Масса, т	8,34

AA6230	AA6232A	AA6232	AA6228A	AB6228	A6226	AB6224A	AB6220A	AB6218A	A6214	Параметр
1000 40 80—200	1600 80 40—100	1600 50 63—160	630 60 80—200	630 32 100—250	400 28 120—315	250 40 120—315	100 28 200—500	63 20 250—600	25 8 400—1000	Номинальные усилия, кН Ход траверсы, мм Частота ходов траверсы в 1 мин Расстояние между направляющими в свету, мм: слева направо спереди назад Наибольшая ширина ленты, мм Наибольшая толщина ленты, мм Наибольшая подача ленты, мм Наибольшее расстояние между столлом и траверсой в ее нижнем положении, мм Величина регулирования расстояния между столлом и траверсой, мм Размеры отверстия в столе, мм Толщина подштамповой плиты, мм Мощность электродвигателя главного привода, кВт Габаритные размеры, мм
900 450 300	1120 560 400	1120 560 400	710 360 250	710 360 250	560 280 180	450 200 160	280 140 100	220 125 80	160 110 63	
2,8 240 400	3,6 280 435	3,6 280 450	2,2 180 346	2,2 180 360	2,0 140 320	1,8 110 250	1,4 50 194	1,2 40 176	1,0 32 160	
75	80	80	60	60	50	50	40	32	28	
900×380 710×300 100	900×380 120	900×380 120	560×240 80	560×240 80	450×190 65	360×150 50	220×60 32	160×55 32	125×45 25	
19,0	32,0	35,0	8,0	14,0	11,0	5,7	6,0	8,0	2,0	
2540× 3160× 2145	3450× 3280× 2355	3450× 3280× 2355	2614× 2285× 2314	2614× 2285× 2328	2360× 2100× 1890	1975× 1580× 1850	1560× 1260× 1090	1500× 1285× 1260	4850× 510× 1350	

В состав комплекса входит промышленный робот ПРЦ 1 со струйной пневматической системой управления, магазинное устройство МУПР 2. Технические характеристики комплекса АККД 2118 А-2 для автоматической холодной штамповки из штучных листовых заготовок приведены ниже.

Номинальное усилие пресса, кН	63
Номинальная масса заготовки, кг	0,1
Длина листовой заготовки, мм	40—90
Точность позиционирования, мм	±0,1
Разовая загрузка бункера, кг	45
Производительность, шт/мин	30—40
Габаритные размеры, мм	1400× 1800× 1875
Масса, кг	1123

В состав комплекса входит пресс модели КД 2118 А, робот модели КМ 0,63Ц 4212, вибробункер, пульт управления комплексом, тара.

Ниже приведены технические характеристики комплекса П 612 А, в состав которого входят два пресса модели КД-2124, робот КМ 1,25Ц 4216, шиберный питатель ПШ-1, тара.

Номинальное усилие пресса, кН	250
Наибольшая масса заготовки, кг	0,63
Размеры заготовки, мм: диаметр	36—90
толщина	0,5—2,5
Точность позиционирования	±0,1
Производительность, шт/ч	940
Тип системы программного управления	УЦМ 663
Габаритные размеры, мм	3500× 3400× 2110
Масса, т	5

Комплекс предназначен для двух-переходной штамповки из штучной заготовки.

Технические характеристики комплекса на базе робота КМ 5Ц 4201 приведены ниже.

Максимальная масса штампуемой детали, кг	1,6
Максимальные размеры обрабатываемых плоских заготовок в плане, мм	450×500
Минимальная толщина заготовки, мм	0,5
Максимальная высота столы заготовок в магазинном устройстве, мм	250
Производительность средняя часовая, шт/ч	480
Габаритные размеры, мм	4900× 4300× 3180
Масса, кг	19 200

В состав входят также два пресса усилием 630—1600 кН, магазинное устройство типа МУПР 2, тара.

Листоштамповочные многопозиционные автоматы предназначены для последовательного выполнения различных штамповочных операций в массовом производстве. Они позволяют автоматизировать весь производственный процесс изготовления деталей, включая межоперационную транспортировку полуфабрикатов, уборку отходов и т. д.

3. АВТОМАТИЗАЦИЯ И МЕХАНИЗАЦИЯ ГОРЯЧЕЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ

Автоматизация позволяет повысить производительность штамповочного оборудования за счет сокращения цикла штамповки, высвободить рабочих за счет интенсификации технологии штамповки, проведения на одном агрегате максимально возможного числа операций, улучшить качество и точность поковок за счет стабилизации технологического процесса, повысить безопасность труда. Автоматизация и механизация технологических процессов горячей объемной штамповки развивается как путем оснащения средствами механизации и автоматизации универсального оборудования, которое совместно с другим оборудованием может образовывать механизированные и автоматизированные линии, так и за счет применения специализированных горячештамповочных машин-автоматов. Выбор метода опре-

30. Признаки типов производства

Тип производства	Ориентировочный годовой выпуск поковок, шт/год			Число типов деталей, закрепленных за оборудованием (линией), шт.
	мелких (массой до 1 кг)	средних (массой 2—10 кг)	тяжелых (массой 10—150 кг)	
Едиичное и мелкосерийное	Менее 50 000	Менее 10 000	Менее 2 000	20
Серийное	50 000—500 000	10 000—100 000	2 000—10 000	6—12
Крупносерийное и массовое	Более 500 000	Более 100 000	Более 10 000	1—5

деляется масштабностью производства поковок, номенклатурой деталей, закрепленных за линией (машиной), индивидуальными особенностями деталей и технологических процессов штамповки. Признаки типов производства приведены в табл. 30.

Одной из основных технических предпосылок автоматизации является возможность типизации технологических процессов штамповки, заключающаяся в группировке поковок по конфигурации, размерам и массе, технологии штамповки, объему выпуска. Необходимость группировки определяется высокой производительностью кузнечно-штамповочного оборудования и стремлением получить максимальный коэффициент его использования. Автоматизации и механизации подлежат элементы технологического процесса, выполняемые как в рабочем пространстве штамповочного агрегата, так и вне его (рис. 24). Техничко-экономическая целесообразность этого определяется характером производства. На основе общих принципов поточности, типизации и интенсификации технологических процессов определены основные типы автоматизированных комплексов, входящих в состав автоматизированных линий, принцип формирования которых основан на выборе технологически необходимого оборудования и последовательном его объединении межоперационным транспортом. Комплексные автоматические линии, обычно включающие все или большинство элементов технологического процесса горячей штамповки поковок, являются одним из главных направлений развития куз-

нечно-штамповочного производства, так как обеспечивают коренное улучшение условий и организации труда, значительно повышают его производительность. Характерными для такого подхода к автоматизации являются линии изготовления деталей типа коленчатых валов и балок передней оси автомобиля, поковок шестерен, клапанов, крестовин карданных валов, колец подшипников и т. п. Большинство существующих линий предназначено для изготовления узкой номенклатуры массовых однотипных деталей.

Автоматизация и механизация заготовительных операций. Наиболее распространенным и производительным способом разделки исходного проката сечением до 250×250 мм является отрезка его на пресс-ножницах. В условиях массового производства пресс-ножницы часто встраиваются в основной штамповочный агрегат, где производят отрезку мерных заготовок от предварительно нагретой до ковочной температуры штанги (прутка). В остальных случаях отрезку заготовок производят на заготовительных участках. При этом малоуглеродистые и углеродистые конструкционные стали разрезают в холодном, а высокоуглеродистые и специальные — в нагретом до 700 °С состоянии.

Основные технические данные оборудования для разделки проката на штучные заготовки приведены в табл. 31. Объемная точность заготовок, получаемых на обычных пресс-ножницах, находится в пределах 3%. При оснащении ножниц устройствами, обеспечивающими контроль сечения

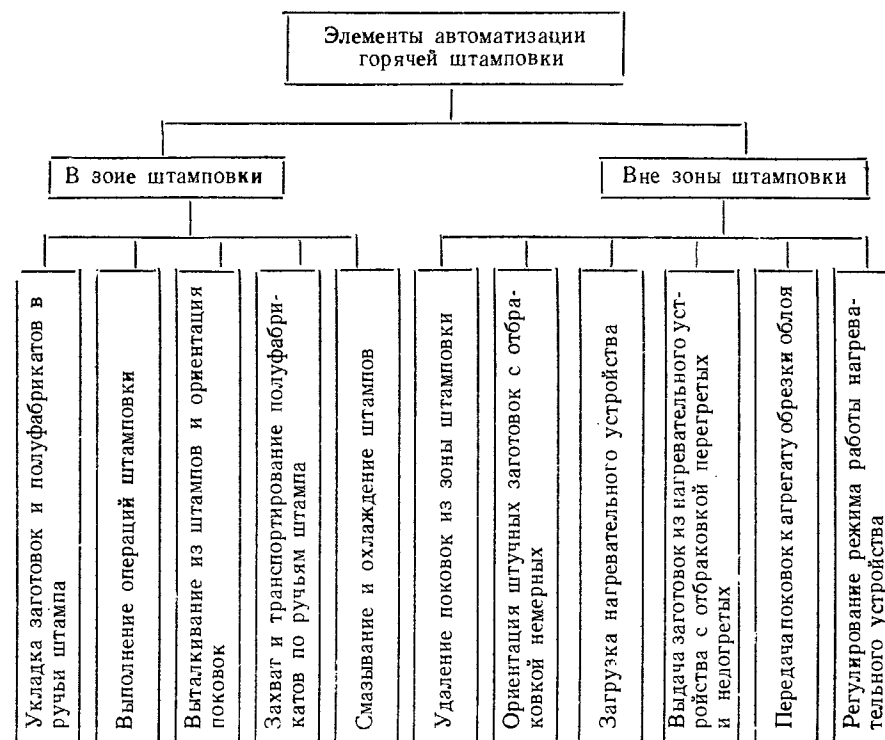


Рис. 24. Элементы технологического процесса горячей объемной штамповки поковок, подлежащие автоматизации

31. Технические данные оборудования для отрезки проката

Наименование	Усиле пресса, МН	Диаметр проката, мм	Производительность, шт/ч	Модель
Пресс-ножницы, стеллаж, роликовый конвейер	1,0—10	20—100	3000—1000	АКН 1830—АКН 1838
Пресс-ножницы, печь газового нагрева, стеллаж, роликовый конвейер	1,0—25	20—250	3000—500	НБ 1425—НБ 1431
Универсальный пресс, индукционный нагреватель, стеллаж, роликовый конвейер	0,4—2,5	12—40	5000—2000	—
Хладнолом	До 20		До 200	—

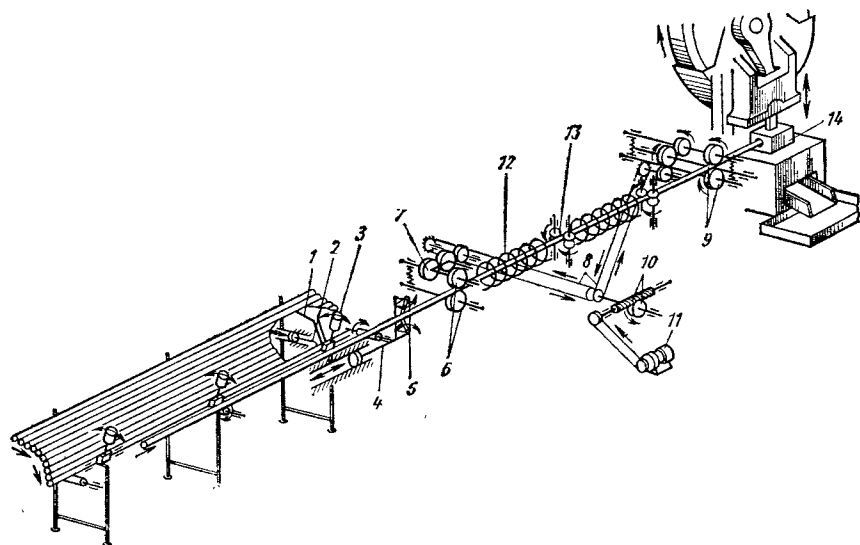


Рис. 25. Схема автоматизированного комплекса для отрезки сортового проката с подогревом

разрезаемого проката, автоматическое регулирование заднего упора, прижим штанги и отрезаемой заготовки с целью получения реза, перпендикулярного образующей, и др., объемная точность заготовок получается в пределах 0,5 %.

На рис. 25 показана типовая схема автоматизированного комплекса отрезки во втулочных штампах легированных сталей с подогревом до 450 °С. Штанги укладывают на автоматизированный стеллаж 1 с отсекателем 3. Когда конец предшествующей штанги проходит ролики 6 подающего устройства, включается клапан подачи сжатого воздуха в пневмоцилиндр 2 и очередная штанга перемещается на линию подачи. Клещевой захват 5 подводится к штанге от штока пневмоцилиндра 4 и при обратном ходе вводит ее в зону действия роликов 6. Ролики 6 и 9 двухклетевой валковой подачи непрерывно вращаются от электродвигателя 11 через червячный редуктор 10, цепные передачи 8 и зубчатые переборы 7. Верхние ролики подпружинены и при достижении штангой упора втулочного штампа 14 проскальзывают относительно штанги, что упрощает конструкцию подачи и исключает отскок штанги от упора.

На пути движения штанги она нагревается в индукционном нагревателе 12 с направляющими роликами 13.

Серийно выпускаемый комплекс оборудования для холодной отрезки заготовок из сортового проката (рис. 26) состоит из сортовых кривошипных ножниц 1, механизированного стеллажа 2 и наклонного роликового конвейера 3. Ножницы 1 имеют механизмы реза и зажима, обеспечивающие зажим отрезаемой заготовки и отделение ее от прутка путем сдвига для обеспечения качественной поверхности среза. Имеется возможность одно- и двухручьевого реза. Стеллаж 2 выполнен в виде системы неподвижных и подвижных балок; колебательные движения последних способствуют продвижению прутков к захватам стеллажа, которые, в свою очередь, поштучно подают прутки на роликовый конвейер. Комплекс может быть снабжен механизмом раскладки прутков, предназначенным для укладки поступающих со стеллажа прутков на роликовый конвейер 3 в один или два ручья. Его монтируют на раме конвейера между подающими роликами.

Комплекс работает следующим образом. Пачку прутков массой до 5 т кран подает на механизированный

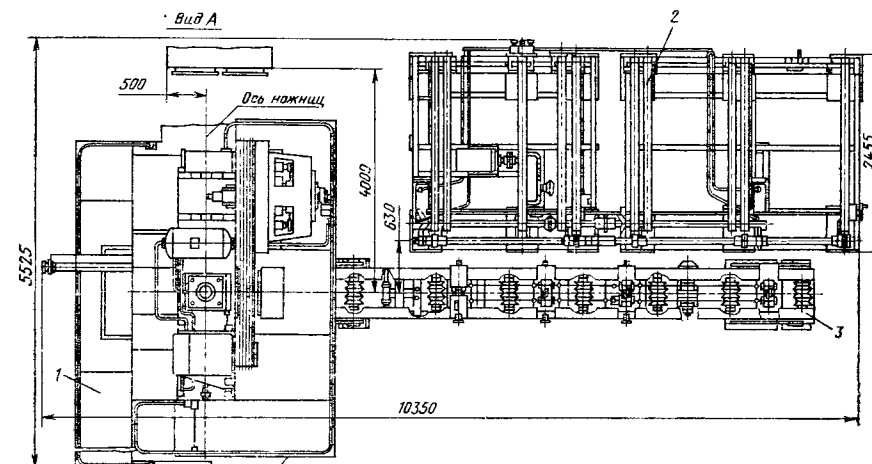
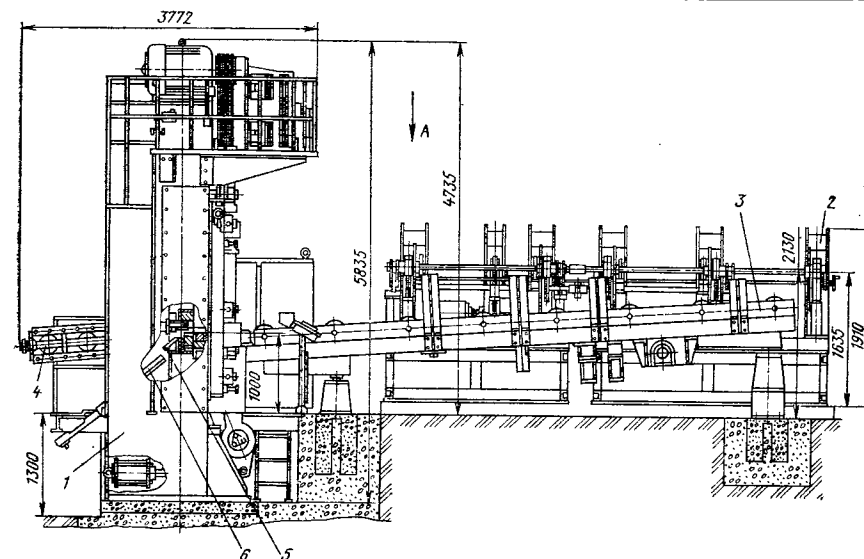


Рис. 26. Комплекс оборудования на базе сортовых кривошипных ножниц для отрезки заготовок из круглого и квадратного проката

стеллаж; распылка прутков по стеллажу происходит автоматически в цикле работы комплекса. Со стеллажа по команде выдается пруток (или два прутка при двухручьевого отрезке). Роликовый конвейер подает его в зону реза до заднего упора 4, настроенного на заданный размер отрезаемой заготовки. Электроконтакт на заднем упоре дает команду приводу механизма зажима прутка и далее на включение

муфты ножниц. Механизм реза обжимает отрезаемую заготовку и отделяет ее от прутка. Отрезанная заготовка под действием собственной силы тяжести сваливается или сталкивается прутком (при коротких заготовках) в наклонный лоток 6 ножниц, затем в разделительный лоток 6 и по нему в тару. При выходе конца прутка с роликового конвейера подается команда на загрузку его очередным прутком. Далее

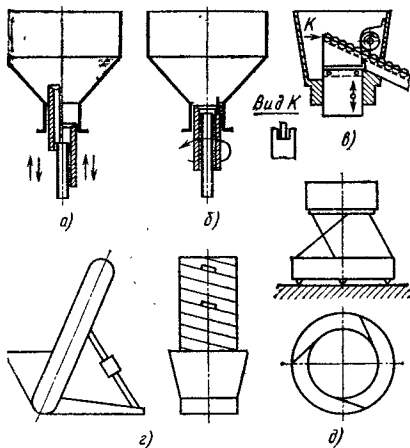


Рис. 27. Схемы бункерно-ориентирующих устройств:

а — воронка с подвижными полуштулками; б — воронка с вращающейся втулкой; в — воронка с захватно-ориентирующим устройством ножевого типа; г — бункер с элеватором; д — вибрационный бункер

цикл повторяется. Основные данные комплекса: номинальное усилие 6300 кН, число ходов ползуна в минуту 26; размеры разрезаемого проката в центральном ручье (мм): 80—125 (пруток) и 75—100 (квадрат).

На ВАЗе применяют автоматическую линию на базе пресс-ножниц «Фисеп» (Италия), оборудованных автоматическим стеллажом, роликовым конвейером и проходной газовой печью для нагрева заготовок перед резкой. На линии возможна отрезка одной и двух заготовок одновременно производительностью 700—2500 шт/ч. Пневматический задний упор ножниц смягчает удар прутка и гасит его отскок, что увеличивает стабильность длины отрезаемых заготовок.

Автоматизация и механизация нагрева заготовок и их транспортирования к штамповочным агрегатам. В условиях поточного, крупносерийного и массового производства нагрев штучных заготовок под штамповку осуществляют в механизированных и автоматизированных нагревательных печах типа карусельных с вращающимся подом, методических и полуметодических и т. п. с различного рода толкателями и загрузчиками, а также в индукционных нагревателях и уста-

новках для нагрева методом сопротивления. При электронагреве заготовок проще решаются вопросы автоматизации загрузки-разгрузки нагревательных устройств. Основными операциями, подлежащими механизации и автоматизации, являются подача и укладка заготовок в ориентированном положении на порог загрузочного окна или стол нагревательного устройства, загрузка заготовок и перемещение их в нагревательном устройстве, выдача заготовок из нагревательного устройства с контролем их температуры и отбраковкой недогретых и перегретых заготовок.

Для загрузки и выгрузки заготовок обычно применяют толкающие и выносящие устройства: шиберные, планочные, роликовые автоматические подачи с пневматическими и электрическими приводами и с соответствующими автоматически ориентирующими устройствами. Для заготовок диаметром до 50 мм применяют автоматические бункерные ориентирующие устройства типа воронок с подвижными полуштулками (рис. 27, а) или вращающейся втулкой (рис. 27, б) при коротких заготовках, а также ножевого типа (рис. 27, в) при длинных заготовках ($l/d = 2 \div 6$).

Для загрузки заготовок диаметром до 100 мм при $l/d = 1,5 \div 3$ получили широкое применение автоматические бункера с элеваторами (рис. 27, г), а также вибрационные бункера (рис. 27, д) и прямолинейные вибротолки, в которых перемещение заготовок осуществляется за счет сил инерции и трения, возникающих при вибрации. В качестве привода обычно используют электромагнитные вибраторы, позволяющие плавно регулировать амплитуду колебаний и, следовательно, производительность.

Для заготовок диаметром более 100 мм, квадратных заготовок и заготовок с $l/d > 8 \div 10$ обычно применяют магазины, куда заготовки складываются в ориентированном положении. На рис. 28 показано устройство для загрузки заготовок с лотковым магазином. Круглые заготовки 2 укладываются в лоток вручную или подаются автоматически. Нижняя заготовка из лотка 1 перемещается толкателем 5 в индукционный нагреватель 4 и одновременно выталкивает

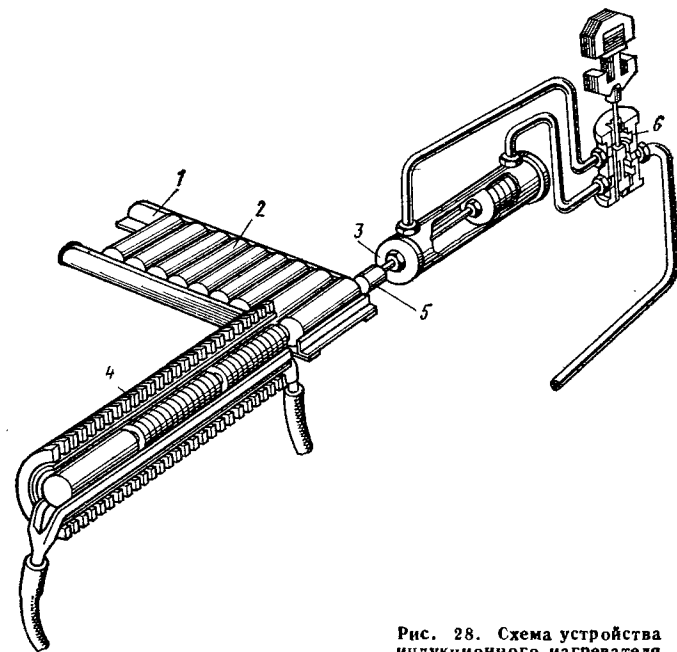


Рис. 28. Схема устройства для загрузки индукционного нагревателя

крайнюю нагретую заготовку из индуктора в питающее устройство для передачи ее к штамповочному агрегату. Толкатель 5 перемещается штоком пневмоцилиндра 3, включаемым на рабочий и обратный ход воздухом распределительным клапаном 6.

Для транспортирования нагретых мелких и средних по размерам и массе заготовок к штамповочному агрегату применяют склизы — наклонные лотки, конвейеры. Крупные заготовки перемещают с помощью посадочных машин и крановых клещей. Лотки изготовляют из стальных листов или чугунных плит толщиной 4—6 мм в форме желоба с бортами. Угол наклона лотка для заготовок, перемещающихся за счет скольжения, 14—40°, за счет качения 7—10°.

Из различных конструкций конвейеров наибольшее распространение для заготовок массой до 30 кг получили цепные, траковые и скребковые конвейеры с линейной скоростью перемещения заготовок до 1 м/с.

Для межоперационного транспортирования заготовок и поковок, особенно

когда требуется изменение их ориентации, применяют специальные механизмы с индивидуальным приводом. Примером такого механизма является кантователь, показанный на рис. 29. Вращение от электродвигателя 1 передается через клиноременную передачу на маховик 2 с встроеной муфтой сцепления, далее через редуктор 3 и муфту 4 на кривошипный вал, шатун 5 которого шарнирно связан с поворотной рамой 6, установленной с возможностью поворота на оси 7. На станине 9 кантователя неподвижно закреплена звездочка 8, связанная цепью 10 со звездочкой 13, закрепленной на корпусе захватов 11. Губки захватов 15 общей осью 14 связаны с пневмоприводом 12. Цепная передача позволяет при повороте рамы на угол 120° переносить заготовку с одновременным ее разворотом на 180°. Наибольшая длина переноса 2,1 м; число циклов в час при непрерывной работе — 900.

Средства автоматизации и механизации, применяемые при штамповке. Основными операциями, подлежащими

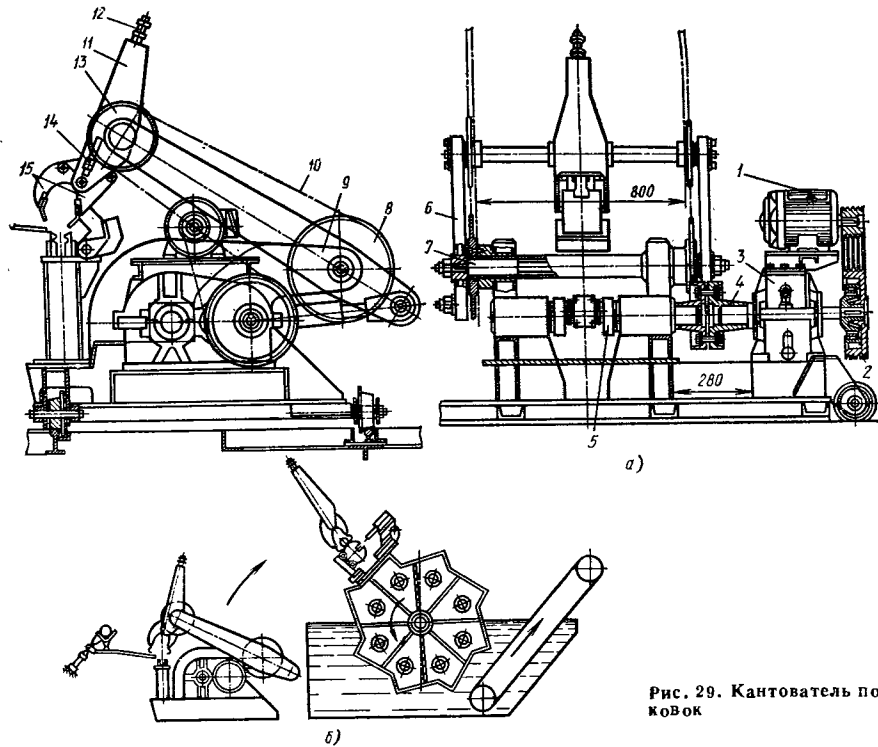


Рис. 29. Кантователь поковок

автоматизации непосредственно в рабочем пространстве штамповочного агрегата, являются укладка (подача) заготовок в первый ручей штампа или на осадочный боек, передача полуфабриката по ручьям штампа, удаление поковок и заусенцев, если их обрезка производится в том же штампе, а также смазывание и охлаждение штампов. Для автоматизации и механизации горячей штамповки применяют толкающие подачи, шиберы, подъемники, кантователи, грейферные и револьверные подачи, роботы и манипуляторы. Подачи и манипуляторы могут иметь индивидуальный привод, быть кинематически связанными со штамповочным агрегатом или иметь смешанный привод.

Характерное автоматизированное оборудование приведено в табл. 32 с указанием типа, массы поковок и производительности. В настоящее время наибольшее применение находят автоматизированные ковочные вальцы,

кривошипные горячештамповочные прессы (КГШП), горизонтально-ковочные машины (ГКМ) и электровысадочные машины.

Автоматизация ковочных вальцов. На рис. 30 показана схема вальцов с типовым манипулятором, имеющим пневмомеханический привод, в котором использован принцип толкающей подачи. Такие манипуляторы, помимо исключения физически тяжелого труда, повышают производительность вальцовки в 1,5—2 раза, что составляет 180—200 шт/ч. Манипулятор работает следующим образом. Нагретая заготовка на тележке 15 подается к первому ручью ковочных вальцов и пневматическим заталкивателем направляется в рабочую зону. При срабатывании вальцов секторы захватывают, деформируют и переносят полуфабрикат к губке клещевого захвата, после чего совершается их обратное, поперечное и поворотное движение.

32. Автоматизированное штамповочное и формообразующее оборудование

Наименование	Определяющий параметр	Тип и масса m , кг, поковок	Производительность, шт/ч	Габаритные размеры, м; масса m , т
Машины радиально-обжимные: горизонтальные и вертикальные Импактор	Наибольший диаметр прутка 4—120 мм	Оси, валы длиной 0,160—2,0 м	1800—630 обжатый	0,8×2,7×1,5— 2,2×6,6×2,5 м
	Энергия удара 4—6 МДж	С удлиненной осью $m = 0,6 \div 15$	500—150	6,3×30,5× ×1,5—30× ×71×3
Автомат горячештамповочный с вертикальным расположением рабочих позиций	Усилие 1—20 МН	Круглые поковки типа колец, фланцев, шестерен $m = 0,02 \div 8$	3000—800	2×4×1,2— 10×20×2,85 $m = 20 \div 280$
	Усилие 0,4—25 МН	Круглые поковки типа колец, фланцев, шестерен $m = 0,02 \div 10$	8000—1000	1,6×3,0×1,8— 9,5×15×6 $m = 30 \div 250$
Автомат горячештамповочный с горизонтальным расположением рабочих позиций	Усилие 16 МН	Поковки плоских двухсторонних гаечных ключей	1000—1500	3,4×7,5×3,3 $m = 99$
Автомат специализированный	Усилие 40—630 кН	Полуфабрикаты под штамповку поковки	40—475 кг/ч	1,25×3,3×1,8— 3,4×6,0×2,3 $m = 4 \div 20$
Машина электровысадочная автоматическая горизонтальная	Усилие 20—160 кН	Полуфабрикаты под штамповку	10—100 кг/ч	Роторного типа, наружный диаметр 3—10,5 $m = 1 \div 5$
Машина электровысадочная автоматическая вертикальная	Усилие 0,12—1 МН Диаметр валков 200—600 мм	Полуфабрикаты под штамповку	700—180	1,7×2×1,25— 3,4×3,8×2,1 $m = 4,9 \div 39$
Вальцы закрытые двухклетевые автоматические	Усилие 0,63 МН Диаметр валков 180 мм	Поковки и полуфабрикаты под штамповку	500	2,6×15,7×3,8 $m = 83$
Вальцы многоклетевые автоматические	Усилие 0,45—0,80 МН	Полуфабрикаты под штамповку	900—600	2,7×6,7×2,2— 3,2×12,1×4,0 $m = 16,3 \div 46,5$
Вальцы поперечно-клиновые вальцовые автоматические	Усилие 0,1—0,63 МН Диаметр валков 400—800 мм	Поковки, полуфабрикаты под штамповку	1500—600	2,4×1,3×2,3— 2,6×3,0×2,8 $m = 45 \div 185$

Продолжение табл. 32

Наименование	Определяющий параметр	Тип и масса m , кг, поковок	Производительность, шт/ч	Габаритные размеры, м; масса m , т
Вальцы поперечно-клиновые с плоским инструментом автоматические	Усилие 1—5 МН	Оси, пальцы шаровые, валы $m = 0,5 \div 2,5$	200—100	2,5×2,8×2,5—4,0×4,6×4,0 $m = 10 \div 60$
Пресс кривошипный горячештамповочный для штамповки выдавливанием автоматизированный	Усилие 7—10 МН	Поковки типа клапанов автомобильных двигателей, колец подшипников $m = 0,02 \div 0,6$	700—1500	На базе универсальных КГШП
Пресс кривошипный горячештамповочный с переключателем автоматизированный	Усилие 16—63 МН	Поковки типа цапф, шестерен, колец, фланцев $m \leq 20$	600—200	На базе универсальных КГШП
Машина горизонтально-ковочная с переключателем автоматизированная	Усилие 2,5—13,5 МН	Типа стержня с утолщением	600—100	4,6×6—6×9
Пресс гидравлический двойного действия	Усилие 0,63/0,63 МН	Кольца подшипников $m = 0,3 \div 4$	240—160	На базе универсальных прессов
Раскаточная машина автоматическая	Усилие 0,1—5 МН	Кольца	150—300	На базе универсальных машин

Деформация во втором и последующих секторах вальцов происходит при непрерывном удержании полуфабриката в клещах манипулятора. При последующем ходе вперед после окончания вальцовки клещи раскрываются и освобождают заготовку. Продольная и шаговая поперечная рабочая подача клещей осуществляется

с помощью жесткой связи от привода вальцов. Обратное движение поперечной подачи и зажим-разжим клещей — от пневмопривода.

Фирмой «Эймуко» (ФРГ) выпускаются специализированные манипуляторы для автоматизации процесса вальцовки. Они в автоматическом режиме выполняют захват заготовки клещами,

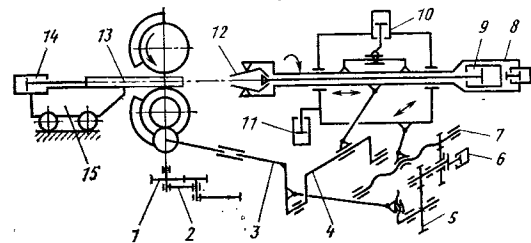


Рис. 30. Ковочные вальцы с манипулятором:

1 — шестерня главного привода; 2 — водило; 3 — тяга; 4 — кривошипный вал продольной подачи; 5 — шестерня привода поперечной подачи; 6 — пневмоцилиндр управления поперечной подачей; 7 — ходовой винт; 8 — корпус клещевого захвата; 9 — пневмоцилиндр привода губок захвата; 10 — пневмоцилиндр привода поворота; 11 — пневмоцилиндр возврата поперечной подачи; 12 — губки клещевого захвата; 13 — исходная заготовка; 14 — саталкиватель заготовок; 15 — тележка подачи заготовок

пневмоцилиндр возврата поперечной подачи; 12 — губки клещевого захвата; 13 — исходная заготовка; 14 — саталкиватель заготовок; 15 — тележка подачи заготовок

удержание ее в процессе вальцовки, перемещение между ручьями с кантовкой на 90°, удаление готовой заготовки из вальцов и возврат клещей в исходное положение.

Воронежским ПО по выпуску кузнечно-прессового оборудования имени М. И. Калинина разработаны манипуляторы моделей МП4 и МП6 для автоматизации закрытых ковочных вальцов моделей С1237 и С1240. Проектно-конструкторским и технологическим институтом кузнечно-прессового роботостроения (ПКТИкузробот г. Таганрог) разработаны специализированные конструктивно подобные манипуляторы моделей МКВ 16 и МКВ 50 для обслуживания закрытых ковочных вальцов с межосевым расстоянием 250—320 и 400—500 мм.

Краткая техническая характеристика манипуляторов

	МКВ 16	МКВ 50
Грузоподъемность, кг	16	50
Число степеней подвижности	3	3
Максимальное число рабочих продольных ходов в минуту	90	60
Максимальное число переходов вальцовки	4	4
Наибольшая длина прокатанной заготовки, мм	540	820
Размер поперечного сечения исходной заготовки, мм	40 или 65	75 или 105
Продольный ход руки, мм	500±1	750±1
Поперечный ход руки, мм	100±0,1	175,5±±0,1
Поворот руки в вертикальной плоскости, градусы	90±2	90±2
Высота продольной оси руки манипулятора над уровнем пола, мм	1000	1050
Рабочее давление, МПа	6,174	6,174

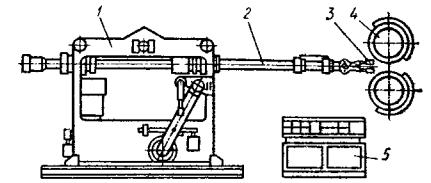


Рис. 31. Ковочные вальцы с манипулятором, работающим в наладочном и автоматических режимах: 1 — манипулятор; 2 — механическая рука; 3 — клещи; 4 — штампы ковочных вальцов; 5 — гидростанция

Габаритные размеры в плане, мм	3000× ×1500	3500× ×2000
Высота над уровнем пола, мм	1520	1420
Масса, кг	1600	2500

Система управления обеспечивает работу манипулятора (рис. 31) в наладочном и автоматических режимах в соответствии с выбранным числом вальцовочных ручьев, причем при вальцовке заготовок в одном штампе может осуществляться однократный, двухкратный и четырехкратный режимы работы.

Механизм продольного перемещения руки манипулятора с помощью синхронизирующей тяги кинематически связан с приводом вальцов, чем достигается полная синхронизация перемещения руки с заготовкой с вращением секторов штампов. Все остальные движения руки осуществляются от гидроцилиндров, для управления которыми на станине манипулятора смонтирована гидростанция.

Автоматизация кривошипных прессов. Применение средств автоматизации, расположенных в рабочем пространстве универсальных прессов, превращает их в большинстве случаев в узкоспециализированные автоматы. При этом подача нагретых заготовок на первую операцию осуществляется механической рукой, шибром, а транспортирование полуфабрикатов в рабочем пространстве пресса — поворотными столами или грейферными переключателями. Средства автоматизации могут иметь индивидуальный привод или быть кинематически жестко связанными с ползуном или устройством отбора мощности пресса.

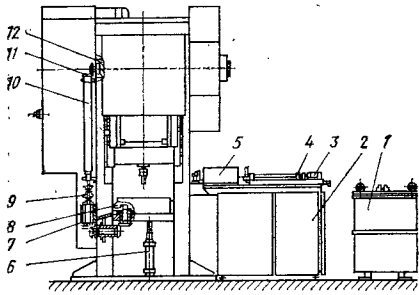


Рис. 32. Общий вид прессы и установки для нагрева заготовок:

1 — высокочастотный преобразователь; 2 — конденсаторный шкаф; 3 — пневмоцилиндр толкателя; 4 — толкатель заготовок; 5 — индуктор; 6 — пневмоцилиндр выталкивателя; 7 — матричный блок; 8 — водило; 9 — предохранительная муфта; 10 — вал отбора мощности; 11 — коническая передача отбора мощности; 12 — конец кривошипного вала

На рис. 32 показан автоматизированный кривошипный пресс, на котором производится штамповка латунных венглей пневматических шин грузовых автомобилей. Чертеж заготовки и поковки показан на рис. 33.

Краткая техническая характеристика автоматизированного прессы

Усилие, кН	16 000
Число ходов в минуту	30
Количество позиций на штампе	7
Производительность, шт/мин	15
Температура нагрева заготовки, °С	750

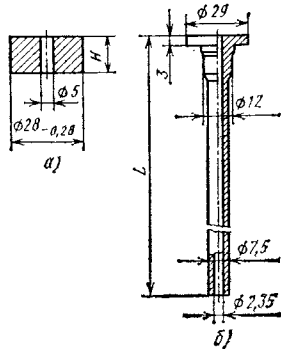


Рис. 33. Заготовка (а) и поковка (б) венглия шины грузового автомобиля

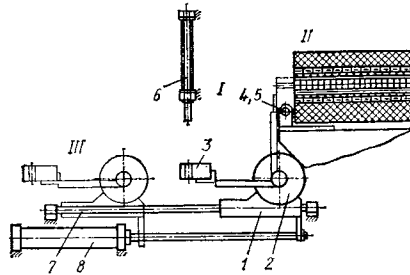


Рис. 34. Схема механической руки

Сориентированные в элеваторном бункере и прошедшие предварительный контроль по высоте заготовки (при этом немерные автоматически отбраковываются) поступают к индукционному нагревателю, в который они поштучно заталкиваются пневматическим толкателем. Проходя по каналу индуктора, латунные заготовки нагреваются до ковочной температуры. По команде от датчика температуры включается механическая рука с пневматическим приводом, которая захватывает выталкиваемую из индуктора заготовку и подает ее на первую позицию штампа, установленного на столе прессы.

Механическая рука (рис. 34) смонтирована в окне боковой стойки прессы. Она состоит из каретки 1, которая в продольном направлении может перемещаться по двум скалкам 7 с помощью пневмоцилиндра 8 и установленного на каретке поворотного пневмоцилиндра 2, к которому крепятся клещи 3. На выходе индуктора закреплены два синхронно действующих пневмоцилиндра 4 и 5 одностороннего действия и с возвратом штока от пружины, которые служат для разжима клещей при заталкивании в них нагретой заготовки. В окне прессы над клещами, находящимися на позиции 1, вертикально закреплен пневмоцилиндр 6 для проверки наличия заготовки в клещах при первом рабочем ходе механической руки.

Работа происходит следующим образом. В исходном положении каретка находится у индуктора, а плечо руки горизонтально в позиции 1. Холодные заготовки выталкиваются из индуктора и по отводному лотку падают в тару. Когда достигнута температура ковья,

по команде от датчика температуры срабатывает поворотный пневмоцилиндр 2, разворачивая клещи в позицию 11. Включаются пневмоцилиндры 4 и 5 и разжимают клещи. Как только в клещи попадает нагретая заготовка, выдвинутая из индуктора, открываются пневмоцилиндры 4 и 5, подпружиненные клещи зажимают заготовку и поворотный пневмоцилиндр возвращает их в позицию 1. В этом положении клещей срабатывает пневмоцилиндр 6 и выталкивает первую нагретую заготовку из клещей. Если заготовка вытолкнута на позиции 1, значит, клещи правильно захватывают заготовку и точно выставлены относительно выходного окна индуктора, а пневмоцилиндры 2, 4, 5 и 6 срабатывают в заданной последовательности. Затем клещи вновь поворачиваются к индуктору в позицию 11, захватывают следующую нагретую заготовку и возвращаются в позицию 1. Далее пневмоцилиндр 8 перемещает каретку в штамп на позицию III, где заготовка в клещах размещается над очком матрицы. После этого включается пресс, при первом ходе которого заготовка проталкивается из клещей в матрицу. Возврат механической руки в позицию 11 за следующей заготовкой происходит в начале подъема ползуна прессы по сигналу от командоаппарата.

На столе прессы установлен штамп, нижняя часть которого представляет собой семипозиционный поворотный блок матриц (рис. 35), а в верхней половине смонтированы пуансон, ошупывающие и контрольные устройства, приспособления для смазывания и контроля положения матриц.

Механизм периодического поворота блока матриц выполнен в виде мальтийского креста и имеет механический привод от коленчатого вала прессы, что обеспечивает взаимодействие ползуна прессы и матричного блока таким образом, что при рабочем ходе прессы блок неподвижно зафиксирован на столе прессы, а при ходе ползуна прессы вверх производится поворот его на один шаг. Вертикальный вал привода выполнен разрезным, и в него встроена шариковая предохранительная муфта, срабатывающая в случае рассогласования вращения коленчатого вала прессы и матричного блока,

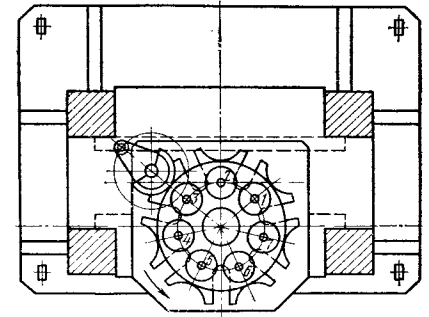


Рис. 35. Семипозиционный матричный блок (вид сверху)

возникающего, например, при заеданиях последнего.

При ходе ползуна прессы вниз нагретая заготовка из клещей механической руки заталкивается в матрицу (поз. 1, рис. 36). Заталкиватель выполнен подпружиненным и регулируемым на высоте. Если по какой-либо причине заготовка не попала в матрицу, при повороте матричного блока часть заготовки, выступающая над зеркалом штампа, нажмет на стержень конечного выключателя, и произойдет остановка прессы. В позиции 2 проводится выдавливание заготовки, смазывание иглы, сблуд ее и пуансона. В качестве смазочного материала применяют графитную пасту типа «Аквадаг», разведенную водой в соотношении 1:20, которую подают из специальной установки в рычажное устройство для смазывания и охлаждения иглы и пуансона. Это устройство одновременно является и контрольным, так как проверяет, не зависла ли поковка на игле пуансона при ходе ползуна прессы вверх. Если это произошло, то срабатывает конечный выключатель в рычажном устройстве смазывания, и пресс останавливается.

В позиции 3 проводится проверка целостности иглы. Если игла в процессе штамповки в позиции 2 сломалась и осталась в поковке, ошупывающий дорн при опускании ползуна прессы упрется в выступающий обломок иглы, приподнимется, сжимая пружину, и верхней частью нажмет на конечный выключатель, останавливающий пресс. Кроме того, внутри дорна

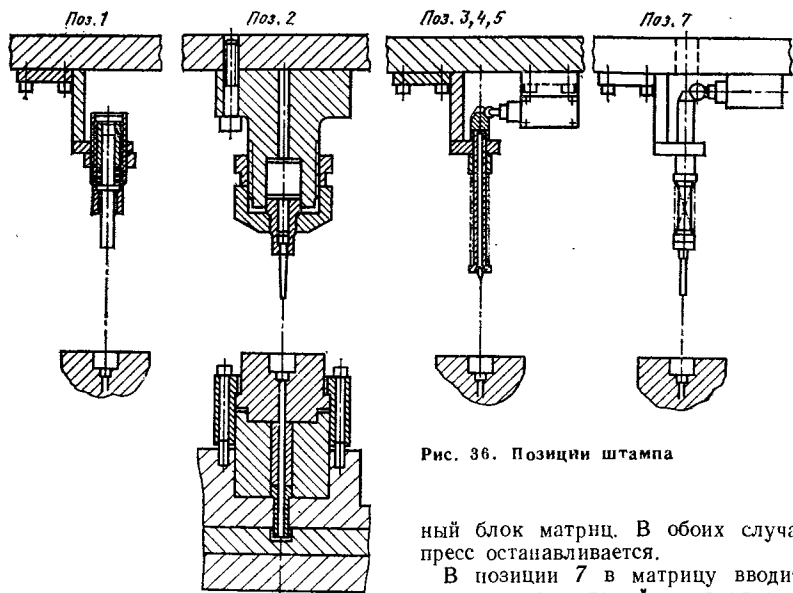


Рис. 36. Позиции штампа

ный блок матриц. В обоих случаях пресс останавливается.

В позиции 7 в матрицу вводится дорн, через который ее внутренняя полость смазывается смазкой типа «Аквадаг». Кроме того, дорн является контрольным шупом, проверяющим, вытолкнута ли поковка на предыдущей позиции. При упоре дорна в невытолкнутую поковку пресс останавливается.

Кроме указанных блокировок, в верхней половине штампа закреплен шуп, проверяющий правильность положения матричного блока при каждом ходе пресса.

Пресс работает в режиме непрерывных ходов со скоростью 30 ходов в минуту. Продолжительность цикла срабатывания механической руки и установки для индукционного нагрева заготовок — 4 с, поэтому готовая поковка получается при каждом втором ходе пресса. Это создает благоприятные условия для смазывания и охлаждения инструмента.

Один пресс рассчитан на производительность 2,5 млн. поковок в год при двухсменной работе и коэффициенте использования 0,7.

Автоматизированный пресс входит в состав комплексной автоматической линии, имеющей газовую печь для отжига поковок, автомат для правки поковок, шаговых, цепного и вибрационного межоперационных конвейеров, загрузочных и разгрузочных уст-

имеются каналы для подвода сжатого воздуха, охлаждающего головку поковки.

В позициях 4 и 5 находятся ошупывающие устройства аналогичной конструкции. В позиции 4 проводится обдув головки поковки сжатым воздухом. Установленный на этой позиции конечный выключатель является резервным. В позиции 5 ошупывающий дорн, определив наличие поковки в матрице, нажимает верхней частью на конечный выключатель, который дает при этом команду на срабатывание выталкивателя при следующем ходе пресса.

На позиции 5 (см. рис. 36) проводится выталкивание поковки из штампа и удаление ее из рабочего пространства пресса по склизу. Выталкивающий поковку стержень имеет привод от расположенного вертикально под штампом пневмоцилиндра, верхнее и нижнее положение штока которого контролируется конечными выключателями. Если не нажимается верхний конечный выключатель, то выталкивание поковки не произошло, если же не нажимается нижний конечный выключатель, то не опустился выталкиватель, и поэтому застопорен поворот-

ройте, связывающих все агрегаты в единую технологическую цепочку и осуществляющих полную автоматизацию всего процесса изготовления поковок вентиляей.

На рис. 37 показана кинематическая схема грейферного переключателя поковок по ручьям штампа универсального КГШП. Переключатель кинематически связан с прессом, на торце коленчатого вала которого установлена шестерня 37 отбора мощности. Через зубчатые передачи и карданный вал 32 осуществляется передача вращения на кулачково-рычажную систему, с помощью которой производится поперечный, продольный и вертикальный ход грейфера 2 с захватами 1. На рисунке показан только привод левой части передней балки. Привод левой части задней балки аналогичен. Для привода правых частей балок предусмотрены соответствующие карданные валы. Такой переключатель применяют для автоматизации штамповки на КГШП усилием 40 МН поковок типа шатунов двигателей автомобилей.

На рис. 38 показана схема грейферного переключателя (подачи) с индивидуальным приводом для автоматизации штамповки на универсальном КГШП. После каждого хода пресса грейферы совершают перемещение по траектории $e-a-b-v-g-d$, причем на участке $e-a$ происходит сведение грейферов и захват поковки, на участке $a-b$ подъем поковки из штампа, на участке $b-v$ перенос из ручья в ручей, на участке $v-g$ опускание поковки в штамп, на участке $g-d$ разведение грейферов и освобождение поковки, на участке $d-e$ возврат грейферов в исходное положение. Последнее движение может совершаться одновременно с рабочим ходом пресса. Привод всех двигателей грейферов осуществляется от трех гидроцилиндров, срабатывающих в требуемой последовательности. Команда на выполнение цикла поступает от командоаппарата пресса. Имеется наладочный режим управления грейферами. Отечественная промышленность серийно выпускает грейферные подачи такого типа для КГШП усилием 10—40 МН. Они обеспечивают производительность до 18 шт/мин при штамповке деталей типа шестерен с зубьями, шатунов,

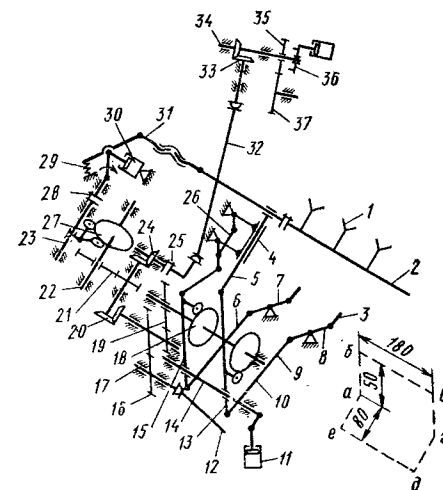


Рис. 37. Кинематическая схема грейферного переключателя для универсального кривошипного горячештамповочного пресса:

1 — захват; 2 — балка; 3 — тяга; 4 — направляющая; 5 — тяга поперечной подачи балок; 6 и 7 — тяги привода и опускания балки; 8 и 9 — коромысло и тяга привода поперечной подачи балок; 10 — кулачок привода поперечной подачи балок; 11 — пневмоцилиндр; 12 — карданный вал привода механизмов подачи на правой стойке пресса; 13 — тяга; 14 — ось; 15 — тяга; 16 — шестерня; 17 — вал; 18 — кулачок привода подъема и опускания балок; 19—21 — шестерни привода кулачков; 22 и 23 — валы привода продольной подачи балок; 24 — шестерня; 25 — ведомый вал привода подачи; 26 — тяга; 27 — кулачок привода продольной подачи; 28 — предохранительная муфта; 29 — пружинный предохранитель; 30 — демпфер; 31 — регулировочное устройство; 32 — карданный вал; 33 — шестеренная передача; 34 — вал привода подачи; 35 — ведомая шестерня; 36 — муфта выключения; 37 — ведущая шестерня

поворотных кулачков автомобиля и т. п.

Грейферные подачи с индивидуальным механическим приводом, с конусными или двухопорными грейферами (рис. 39) могут применяться для автоматизации КГШП усилием 16—50 МН при штамповке поковок массой до 30 кг производительностью 8—12 шт/мин. Они более надежны, чем грейферные модели с гидроприводом, но нужны специальные предохранители от перегрузок. Такие подачи работают в последовательном цикле с прессом.

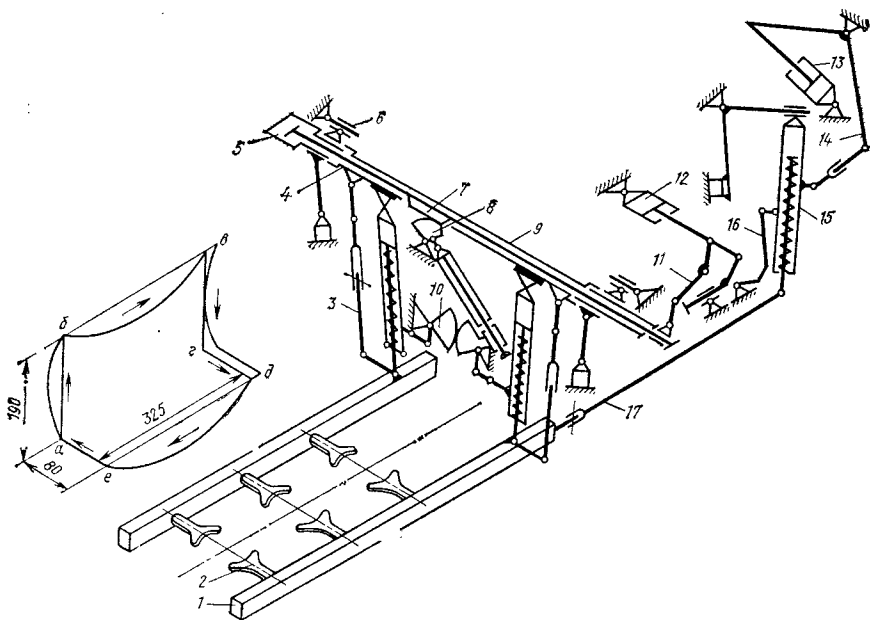


Рис. 38. Кинематическая схема грейферного переключника с гидравлическим приводом: 1 — балка; 2 — захват; 3 — тяга привода подъема и опускания балок; 4 — корпус; 5 — гидроцилиндр привода сближения и удаления балок; 6 — шарнир механизма подъема и опускания; 7 — рейка; 8 — зубчатый сектор; 9 — тяга; 10 — секторы привода сближения и разведения балок; 11 — тяги; 12 — гидроцилиндр привода продольной подачи балок; 14 — шарнир; 15 — демпфер; 16 — ограничитель хода; 17 — тяга

Автоматизация горизонтально-ковочных машин. Кинематическая схема переключника для автоматизации горизонтально-ковочной машины с вертикальным разъемом матрицы показана на рис. 40. Переключник имеет жесткую связь с кинематикой ГКМ, чем обеспечивается высокая надежность и производительность работы. Подача нагретых заготовок в ГКМ осуществляется пружинным толкателем 9, расположенным на каретке 7, приводимой в движение кинематической цепью деталей 3—6. Разжим-зажим и вертикальный ход клещей 15 осуществляется от кулачков 14 и 16.

Переключник работает следующим образом. Подача нагретой заготовки на позицию захвата осуществляется при обратном ходе ползуна ГКМ. Клещи также начинают зажиматься при обратном ходе ползуна, но при сомкнутых полуматрицах, удерживающих поковку. Вертикальный рабочий ход закрытых клещей с заготовкой

начинается после размыкания полуматриц и завершается к моменту их смыкания и началу рабочего хода главного ползуна. Далее клещи разжимаются и делают обратный ход. Цикл срабатывания клещей приблизительно 2,4 с. Производительность штамповки зависит от нагревателя и в среднем равна 15 шт/мин.

Кинематическая схема переключника для ГКМ с горизонтальным разъемом матрицы показана на рис. 41. Переключник типа «шагающая балка» имеет индивидуальный привод; опускание и возврат в исходное положение подающей балки 3 осуществляется от двух синхронно работающих планетарных редукторов 2. Верхний прижим 6 имеет пневмопривод. Работа переключника происходит следующим образом. Из нагревателя заготовка 4 подается на приемную позицию; при подъеме балка захватывается расположенными на ней призмами и при смещении балки вправо и опускании ее заготовка

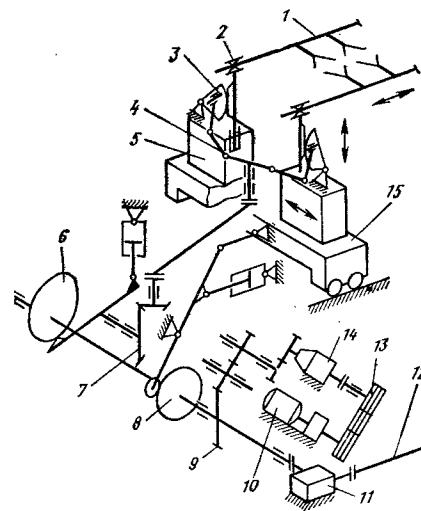


Рис. 39. Кинематическая схема автономной подачи (переключника) с механическим приводом:

1 — балка; 2 — рейка-опора; 3 — зубчатый сектор; 4 — рычаг поворотный; 5 — ползушка; 6 — кулак привода; 7 — шестеренная передача; 8 — кулак привода продольной подачи; 9 — система шестеренных передач; 10 — электродвигатель; 11 — редуктор угловой; 12 — промежуточный вал; 13 — клиноременная передача; 14 — вариатор; 15 — каретка продольной подачи

перемещается в первый ручей ГКМ. После штамповки балка поднимается и захватывает призмами заготовку. Далее верхний прижим опускается, зажимает заготовку; совместным движением балки и прижима заготовка перемещается во второй ручей и т. д. Время цикла срабатывания шагающей балки регулируется в пределах 2—8 с. Требуемая последовательность срабатывания ГКМ и механизмов переключника обеспечивается командоаппаратом.

Смазывание и охлаждение штампов для автоматизированной штамповки. На штампы наносят смазочный материал, который позволяет уменьшить теплообмен между деформируемым металлом и штампом, создает гидродинамические условия течения металла, обеспечивающие уменьшение изнашивания штампа и заполнение его объема. При нанесении смазочный материал

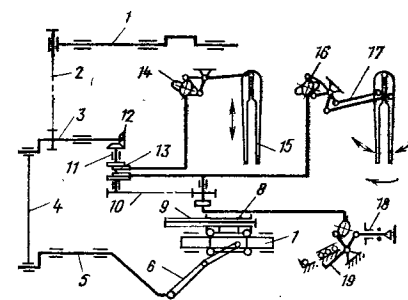


Рис. 40. Кинематическая схема переключника для универсальной горизонтально-ковочной машины с вертикальным разъемом матрицы:

1 — главный вал; 2 — цепная передача; 3 — распределительный вал; 4 — кривошипно-шатунный механизм; 5 — промежуточный вал; 6 — двулучный рычаг; 7 — труба; 8 — пружина; 9 — цепная передача; 10 — кулачковый вал; 11 — кулачок; 12 — шестеренная передача; 13 — система кулачков привода подъема и опускания клещей; 14 — кулак привода сжатия клещей; 15 — рычаги сжатия клещей; 16 — кулак привода сжатия клещей; 17 — рычаги сжатия клещей; 18 — возвратная пружина; 19 — рычаг

часто для смазывания штампов, особенно на КГШП, применяют суспензии коллоидального графита в масле или воде. При штамповке средних и тяжелых по массе поковок, сложной геометрии штампов с труднозаполняемыми элементами и на операциях, связанных с интенсивным течением металла, например, при выдавливании

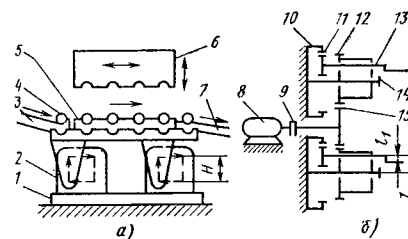


Рис. 41. Схема переключника типа «шагающая балка» для ГКМ с горизонтальным разъемом матрицы:

а — положение ручьев; б — кинематическая схема привода; 1 — основание; 2 — планетарный редуктор; 3 — подающая балка; 4 — исходная заготовка; 5 — матрица; 6 — верхний прижим; 7 — позиция удаления поковки; 8 — электродвигатель; 9 — предохранительная муфта; 10 — солнечная шестерня планетарного механизма; 11 — спутник; 12 — ведомая шестерня; 13 — вал с кривошипом; 14 — ось; 15 — ведущая шестерня

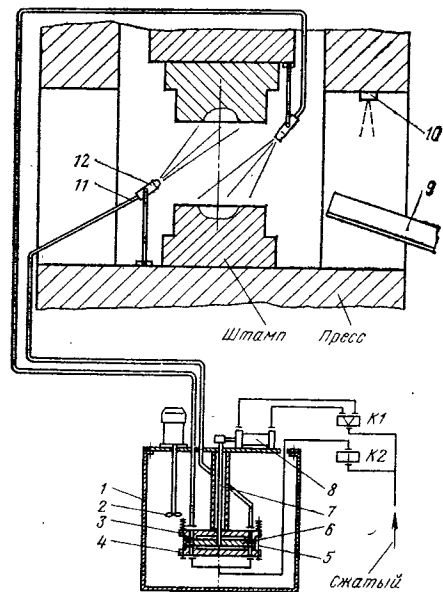


Рис. 42. Схема установки для смазывания штампов маслографитной суспензией

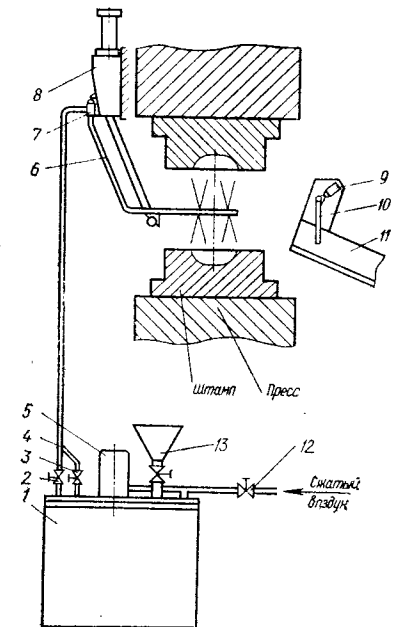


Рис. 43. Схема установки для смазывания штампов суспензией мелкодисперсного графита на водной основе

ний, обычно применяют смазочный материал в виде суспензии машинного масла и графита (до 30 %). Смазочные материалы на масляной основе применяют при температурах штампа более 250 °С. При низких скоростях деформирования, малой массе поковок и относительно холодных штампах (до 250 °С) водные суспензии графита тонкого помола (с размером частиц 5—10 мкм) предпочтительнее. Соотношение воды и графита в суспензии от 1 : 10 до 1 : 40. В условиях интенсивной штамповки мелких поковок на прессах-автоматах смазывание и охлаждение штампов осуществляется водой.

Установки для смазывания штампов состоят из емкости для смазочного материала, в которой поддерживается равномерное распределение графита по всему объему, системы сопел с трубопроводами и системы управления. При смазывании неглубоких полостей штампов (до 50 мм) сопла могут стационарно крепиться на штампе. При механизированном смазывании штамповщик включает установку педалью. При автоматической штамповке сопла крепятся на захватных органах средств автоматизации. Перед нанесением смазочного материала производится сдвиг окалины сжатым воздухом.

На рис. 42 показана схема установки для смазывания штампов маслографитными суспензиями. Установка состоит из бака 1, мешалки 2 с электроприводом и дозирующей системы, выполненной из двух неподвижных дисков 3 и 4, стягиваемых подпружиненными стяжками 5, и поворотного диска 6 с отверстиями по периметру, расположенного между неподвижными дисками. Диск 6 насажен на вал 7, который может поворачиваться пневмоцилиндром 8. Управление пневмоцилиндром осуществляется пневмоклапаном K1, а подача сжатого воздуха в установку клапаном K2. Установка имеет четыре отвода, поэтому может одновременно смазывать от одного до четырех ручьев. Установка при ручной штамповке работает следующим образом. В бак 1 заливают суспензию графита в масле и включают мешалку 2. Отштамповав очередную поковку, штамповщик сбрасывает ее на лоток 9 через боковое окно пресса. На верхней стенке окна расположен фотоэлектрический датчик 10, который срабаты-

вает от действия света нагретой поковки и дает команду на включение клапанов K1 и K2. Пневмоцилиндр 8 поворачивает вал 7 и связанный с ним диск 6. При этом отверстия диска, которые заполнены смазкой, поочередно совмещаются с отверстиями в неподвижных дисках 3 и 4, и смазочный материал из них выдувается сжатым воздухом, поступающим через клапан K2, и уносится по шлангам 11 к соплам 12. Продолжительность впрыска и, следовательно, доза наносимого смазочного материала регулируются реле времени.

На рис. 43 показана установка для нанесения на штамп смазочного материала на водной основе с мелкодисперсным графитом. Основными элементами установки являются смесеприготовительный бак 1, устройство 8 для ввода сопел в зону штампа с перепускным клапаном 7 и пневмоавтоматика. В бак 1 через заливочную горловину с фильтром 13 заливается разведенный в воде смазочный материал. Затем открывается вентиль 12, и сжатый воздух из сети поступает в бак 1 и пневмодвигатель 5, вращающий мешалку. Смазочный материал под давлением вытесняется из бака и в смеси с воздухом по шлангу 4 поступает к перепускному клапану 7. Вентили 2 и 3 регулируют качественный состав смазочного материала.

Отштамповав поковку, штамповщик сбрасывает ее через боковое окно пресса на лоток 11, перемещаясь по которому поковка отклоняет шторку 10 с упором, который нажимает на датчик 9, после чего срабатывает пневмопривод устройства 8 для подачи сопел в зону штампа. В конце хода устройства, когда сопла находятся внутри штампа, включается перепускной клапан 7, и смазочный материал по шлангу 6 поступает к соплам и распыливается на ручьи штампа. По команде от реле времени сопла выводятся из штампа, клапан 7 выключается и перекрывает путь смазочного материала к соплам.

Автоматизация и механизация обрезки облоя. При комплексной автоматизации и механизации процессов горячей штамповки обрезку облоя проводят на горячештамповочном прессе или на обрезном прессе для горячей обрезки, который встраивают в поточ-

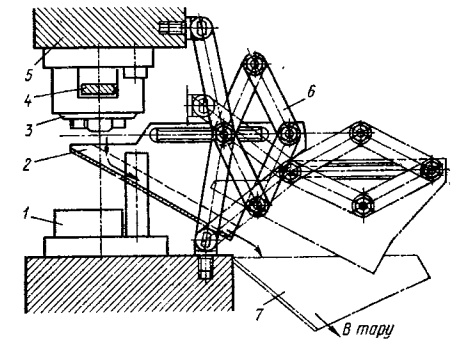


Рис. 44. Лотковое выносящее устройство

ную линию. Обрезку облоя и прошивку отверстий в поковках целесообразно проводить в комбинированных штампах за один ход пресса, что упрощает конструкцию и повышает надежность работы средств автоматизации и механизации. Основными операциями, подлежащими автоматизации и механизации, являются транспортирование поковки в ориентированном положении от штамповочной машины к обрезному прессу, захват поковки и укладка ее в ориентированном положении на обрезную матрицу, если требуется проколка перемычки и правка в отдельном штампе — передача поковки и укладка ее (в ряде случаев с поворотом на 180°) в соответствующий штамп, а затем удаление облоя и поковки в отдельные тары.

Для удаления поковок и облоя из зоны обрезного штампа применяют удаляющие устройства с пневмоприводом, а также механические рычажные сбрасыватели лоткового типа. При применении последних обрезные матрицы располагают сверху, и поковки после обрезки облоя и проколки перемычки выдаются из верхней части штампа.

На рис. 44 показано устройство с приводом от ползуна пресса 5 через систему рычагов 6. При подъеме ползуна после обрезки облоя пуансоном 1 лоток 2 подходит под матрицу 3, из которой выталкиватель, упираясь в планку 4, удаляет поковку, и она падает на дно подвижного лотка 2. При последующем опускании ползуна лоток отводится назад и сбрасывает поковку на неподвижный лоток 7,

33. Краткие технические характеристики горячештамповочных автоматов

Показатели	АМР-30	АМР-70	А0339
Номинальное усилие, кН	1600	12 000	8000
Максимальная масса поковки, кг	0,6	3	1,7
Максимальный диаметр поковки, мм	60	120	92
Производительность, шт/мин	70—100	35—70	60—100
Масса машины (без нагревательного устройства), т	27,5	100	82

по которому она попадает в тару или на транспортер. Облой убирается специальным устройством с крючковым захватом или вручную.

В ряде случаев для поковок и заусенцев массой до 2 кг возможно применение пневмосдува для удаления их из штампа в тару. При этом поковка проваливается при обрезке заусенца сквозь матрицу на стол пресса и через окно в нижней плите штампа сдувается на неподвижный лоток, далее поступает в тару для поковок. Заусенец остается на плоской поверхности обрезающей матрицы и также сдувается на другой склиз, затем поступает в тару для отходов. Давление сжатого воздуха в сети пневмосдува 4 МПа, время действия воздушной струи 2—3 с.

Горячештамповочные автоматы. Наибольшее распространение получили многопозиционные кривошипные прессы-автоматы, предназначенные для штамповки осесимметричных поковок типа колец подшипников, шестерен, фланцев и т. п. Прессы бывают двух типов: с горизонтально и вертикально расположенными рабочими позициями. В табл. 33 приведены основные технические характеристики горизонтальных автоматов фирмы «Хатебур» (Швейцария), а также данные отечественной модели автомата А0339, выпускаемого Рязанским ПО «Тяжпрессмаш».

Исходным материалом для штамповки на автоматах указанных типов является сталь в прутках длиной 4—6 м (сортамент по ГОСТ 2590—71 * повышенной точности); температура подаваемой в автоматы заготовки 1100—1200 °С; нагрев — индукционный.

Автомат модели А0339 представляет собой полностью автоматизированный

четырёхпозиционный кривошипный пресс с горизонтальным расположением позиций штамповки и приводом средств автоматизации и выталкивателей от кулачково-рычажной системы, кинематически связанной с приводом пресса. Автомат работает следующим образом. Механизм подает задвигает прутки до регулируемого упора, определяющего длину отрезаемой заготовки, механизм реза отрезает заготовку от прутка и переносит ее на ось первой позиции штамповки, где производится осадка заготовки и сбив окалины. Использование шлифованного проката и прижима прутка к упору позволяет получить заготовки, допускающие последующую безоблойную штамповку. Далее осажённую заготовку механизм переноса последовательно транспортирует на вторую позицию, где обычно производится предварительная штамповка; на третью, где производится окончательное формообразование; на четвертую, где осуществляется прошивка отверстия в поковке или разделение спаренных заготовок при многотупичной штамповке с одновременной прошивкой отверстия. Отштампованные поковки и отходы попадают на соответствующие транспортеры и раздельно направляются в цеховую тару или на дальнейшие операции: отжиг, охлаждение и др. Автомат имеет устройства для предохранения от перегрузок, которые обеспечивают останов исполнительных механизмов при работающем приводе.

Привод автомата регулируется бесступенчато, что позволяет подобрать наиболее оптимальный режим работы в зависимости от размеров и формы поковок, материала, температуры нагрева. Это обеспечивает более высокую

стойкость инструмента. Охлаждение и смазывание штампов производится водой.

Приводы механизмов реза, зажима, переноса, выталкивания поковок, механизма раскрытия клещей переноса полуфабрикатов по ручьям размещены в отдельных корпусах вне зоны штамповки, что предохраняет их от воздействия температуры, охлаждающей воды, окалины и тем самым повышает надежность и долговечность работы.

Потребителям автомат поставляют в составе автоматической линии модели Л 324.21.100, в которую кроме штамповочного автомата входят автоматизированный стеллаж для накопления и поштучной выдачи прутков, индукционная нагревательная установка проходного типа, транспортеры для раздельного удаления поковок и отходов из рабочей зоны, транспортер охлаждения поковок.

Автомат по производительности может заменить три—пять ГКМ или КГШП. Допуски на поковки колеблются от $\pm 0,20$ до $\pm 0,60$ мм на диаметр, а припуски на механическую обработку составляют 0,5—0,75 мм.

4. АВТОМАТИЗАЦИЯ И МЕХАНИЗАЦИЯ КОВКИ

Механизация и автоматизация процессов свободной ковки исключает применение тяжелого труда на всех этапах изготовления поковок, повышает производительность и точность ковки.

Для комплексного решения вопросов механизации и автоматизации процесса свободной ковки наряду с механизацией всех трудоемких работ необходимо автоматизировать управление ковочным оборудованием и манипулятором, синхронизировав их работу, управление нагревом, выдачу заготовок (слитков) из печи, подачу инструмента, смену бойков и т. д. Решение каждой из перечисленных задач является самостоятельной проблемой.

Выполнение всего комплекса задач механизации и автоматизации создает условия для перехода к программному управлению процессами свободной ковки. Сравнительная эффективность уровня механизации приведена в табл. 34.

34. Эффективность уровня механизации

Оборудование и уровень механизации	Обслуживающий персонал, чел.	Уровень эффективности, %
Пресс без механизации	8	100
Один манипулятор	5	150
Два манипулятора	3	200
Программное управление	3	220

Выбор средств механизации процессов свободной ковки зависит в основном от объема производства, серийности, максимального и минимального размера поковок.

Автоматизацию и механизацию процесса свободной ковки можно разделить на автоматизацию и механизацию нагрева заготовок, ковки на паровоздушных и пневматических молотах, ковки на гидравлических ковочных прессах.

Нагрев заготовок. Загрузка и выгрузка печей и подача нагретого металла к ковочному оборудованию осуществляется, как правило, манипуляторами, мостовыми и поворотными кранами, специальными посадочными машинами. В качестве приспособлений к ним используют посадочные вилки, патроны, клещи и цепи. Выбор средств механизации определяется типом нагревательной печи, массой и серийностью заготовок. Так, загрузка толкательных печей осуществляется поворотным электрическим краном с подвесными клещами. Нагретая заготовка выдается на приемное устройство толкателем, а затем к прессу манипулятором или ковочным поворотным краном.

Печи с выдвигным и выкатным подом обслуживаются мостовым электрическим транспортным или ковочным мостовым краном с подвесными клещами или цепями.

Использование манипуляторов в качестве посадочных машин является малоэффективным, так как во время транспортирования заготовок ковоч-

35. Количество средств механизации процессов ковки на паровоздушных ковочных молотах

Средства механизации	Масса падающих частей ковочного молота, т		
	1,0—2,0	3,15	5,0—8,0
Манипулятор ковочный	1	1	1
Посадочная машина	1	1	1
Ковочный электрический поворотный кран	—	—	1
Подвесной кантователь	—	—	1
Вспомогательный мостовой кран	1	1	1
Поворотный стол	1	1	1

ный пресс простаивает. Рациональнее применять специальные посадочные машины (шаржир-машины).

Ковка на паровоздушных и пневматических ковочных молотах. При изготовлении поковок на ковочных молотах следует механизировать технологические и транспортные операции: подачу нагретой заготовки к ковочному молоту, ковку заготовки, удаление поковки и отходов от молота.

36. Грузоподъемность основных средств механизации при изготовлении поковок на ковочных молотах

Тип ковочного молота	Масса падающих частей, т	Грузоподъемность, т				
		крана транспортного (ремонтного)	крана ковочного поворотного	манипулятора ковочного	посадочной машины	поворотного стола
Пневматический	0,15—0,4	5,0	—	0,1	—	—
	0,75—1,0	5,0	1,0	0,25	0,25	—
Паровоздушный	1,0	5,0	1,0	0,5	0,5	0,5
	2,0—3,15	10,0	3,0	1—2	1—2	2
	5,0—8,0	10,0	5,0	3—5	3—5	5

Рекомендуемое количество средств механизации на участке паровоздушного ковочного молота приведено в табл. 35.

Процесс изготовления поковок на пневматических молотах рекомендуется механизировать при массе падающих частей молота св. 0,25 т. На участках молотов свободной ковки с массой падающих частей до 1 т наиболее удобны безрельсовые манипуляторы и подвесные или безрельсовые посадочные машины.

Грузоподъемность основных средств механизации приведена в табл. 36.

Ковка на гидравлических ковочных прессах. При ковке на гидравлических прессах рекомендуется механизировать следующие технологические и транспортные операции: подачу нагретой заготовки (слитка) к прессу, ковку заготовки, удаление поковки от пресса и металлоотходов от пресса, подачу инструмента, смену ковочных бойков. Процессы билетировки слитков, ковки гладких и ступенчатых валов рекомендуется автоматизировать путем установки ковочных комплексов пресс—манипулятор.

Рекомендуемое количество средств механизации процессов ковки на гидравлических прессах приведено в табл. 37.

Рекомендуемая грузоподъемность основных средств механизации приведена в табл. 38.

В соответствии с ГОСТ 7284—80 *Е для прессов с номинальным усилием 2—3,15 МН вместо выдвижного стола

37. Количество средств механизации процессов ковки на гидравлических прессах

Средства механизации	Усилие ковочных прессов, МН				
	2,0—5,0	5,0—12,5	12,5—31,5	31,5—63,0	63,0—100,0
Посадочная машина	1	1	1	—	—
Манипулятор:					
ковочный	1	1	1	2	2
для подачи инструмента	—	1	1	1	1
Край мостовой:					
ковочный	—	—	—	1	2
вспомогательный	1	1	1	1	1
Электрический кантователь	—	1	1	1	2
Поворотный стол	1	1	1	1	1

38. Грузоподъемность основных средств механизации процессов ковки на гидравлических ковочных прессах

Усилие пресса, МН	Грузоподъемность, т						
	крана транспортного	крана ковочного	манипулятора ковочного	посадочной машины	манипулятора для подачи инструмента	кантователя	поворотного стола
5,0	10,0	—	2	3	0,25	3	2
8,0	15/3	—	5	5	0,25	10	2
12,5	20/3	—	10	7,5	0,50	20	10
20,0	30/5	50/10	30	—	0,50	40	20
31,5	50/10	75/30	50	—	1,0	60	30
63,0	100/20	200/50	80	—	2,0	120	—
100,0	150/30	250/75	120	—	2,0	200	—

Примечание. В числителе дана грузоподъемность главной тележки крана, в знаменателе — вспомогательной.

допускается применять поворотный стол с параметрами по согласованию с потребителем.

Оборудование для механизации и автоматизации процессов свободной ковки

Ковочные мостовые краны. Предназначены они для выполнения подъемно-транспортных операций в процессе ковочных работ, включая подачу нагретой заготовки на стол пресса и съем со стола, поддержание заготовки за один конец, кантование слитка, регулирование его положения на столе пресса, а также для транспортирования и установки тяжелых приспособле-

ний для ковки в кузнечно-прессовых цехах.

Кран состоит из моста, механизма передвижения крана, главной тележки, вспомогательной тележки, электрокантователя, кабины управления и электрооборудования. Главная тележка предназначена для подъема и перемещения вдоль моста тяжелых грузов (подача слитков под пресс, кантование в процессе ковки).

Вспомогательная тележка предназначена для подъема и перемещения вдоль моста небольших грузов (переброска и установка инструмента, поддержка концов заготовки в процессе ковки, поддержка оправок, патронов).

39. Технические характеристики ковочных кранов

Параметр	Кран ковочный грузоподъемностью, т		Параметр	Кран ковочный грузоподъемностью, т	
	30/10	250/75		30/10	250/75
Грузоподъемность, т: главной тележки вспомогательной кантователя	30 10 20	250 75 200	Скорость подъема крюка тележки, м/мин: главной вспомогательной	7 12	2,9 9,1
Пролет, м	25	28	Скорость передвижения тележки, м/мин: главной вспомогательной	34 35,5 73,5	30,0 44,8 65,0
Высота подъема крюка тележки, м: главной вспомогательной	12 14	23 25			

Техническая характеристика кранов грузоподъемностью 30 и 250 т приведена в табл. 39.

Ковочные поворотные краны. Применяют их главным образом в кузнечных цехах, оснащенных молотами свободной ковки с массой падающих частей 0,5 т и выше. Их используют для загрузки нагревательных печей заготовками, подачи нагретых заготовок от печи к молоту, изменения положения заготовки в процессе ковки, удаления готовой поковки от молота.

Между массой падающих частей ковочных молотов и грузоподъемностью поворотных кранов существует определенная взаимосвязь (табл. 40).

Склизы. Наклонные лотки (склизы) являются простейшим транспортным устройством для перемещения на малые расстояния относительно легких заготовок от нагревательных устройств

40. Рекомендуемые значения массы падающих частей ковочных молотов и грузоподъемности ковочных поворотных кранов

Масса падающих частей молота, т	Грузоподъемность крана, т	Вылет стрелы крана, м
0,5	1,0	4,0—4,5
1,0	1,0	4,5—5,0
2,0	2,0	5,0—5,5
3,0	3,0	5,5—6,0
5,0	5,0	6,0—6,5

к молоту, от молота в тару. Рекомендуется принимать угол наклона склиза равным 20—40°. Применяются также наклонные роликовые желоба, состоящие из двух боковых полос, соединенных рядом неприводных роликов.

Конвейеры. Для передачи поковок в горячем состоянии применяют пластинчатые конвейеры с движущейся лентой из штампованных звеньев типа траков гусеничного трактора. Рекомендуемая скорость ленты конвейеров, подающих заготовку от печи к молоту или от молота к молоту, 0,65 м/с; оптимальная ширина ленты 360 мм; длина конвейера не более 3200 мм.

При больших углах наклона ленты применяют цепно-скребковые конвейеры, состоящие из двух рядов параллельно движущихся цепей с закрепленными на них скребками. Скребки передвигают перед собой поковку по желобу.

Роликовые конвейеры приводные и неприводные. Конвейеры приводные эффективны при передаче заготовок на сравнительно большие расстояния. Расстояние между роликами не должно быть больше половины минимальной длины заготовки (слитка) плюс 100 мм. Ролики имеют обычно диаметр 150—450 мм.

Посадочные машины (шаржир-машины). Предназначены они для подачи заготовок к нагревательной печи, загрузки их в печь, выдачи заготовок из печи и подачи к манипулятору или к ковочному прессу.

Посадочные машины бывают четырех типов.

Напольные рельсовые машины применяют для обслуживания камерных печей на участке гидравлических прессов усилием до 12,5 МН (табл. 41).

При установке одного или двух ковочных прессов посадочная машина подает слиток из печи в зону действия ковочного манипулятора. При трех ковочных прессах посадочная машина подает слиток от нагревательной печи на поворотный стол, расположенный рядом с прессом.

Напольные безрельсовые машины применяются для загрузки нагревательных печей и подачи нагретых заготовок к молотам. Такая посадочная машина может обслуживать до шести нагревательных печей. Источником питания служат аккумуляторные батареи.

При массовом и крупносерийном производстве для загрузки нагревательных печей с вращающимся подом применяют напольные стационарные машины.

При ограниченных площадях в цехах применяют подвесные посадочные машины.

Кантователи. При недостаточной грузоподъемности напольного манипулятора, а также при его отсутствии применяют электрические кантователи, подвесные и напольные. Подвесные кантователи подвешиваются к крюку крана и управление ими осуществляется из кабины. Кантователи работают также совместно с манипуляторами, поддерживая свободный конец длинной поковки.

Кантователь ковочный подвесной, предназначенный для обслуживания ковочных молотов с массой падающих частей 2,0—3,0 т, подвешивается на крюк крана за рым-болт с пружинной подвеской, служащей для амортизации динамической нагрузки от удара молота. Заготовка, подлежащая кантованию, лежит одним концом на бойке молота, а вторым — поддерживается на весу цепью. Перемещение цепи обеспечивается звездочкой, привод которой осуществляется от электродвигателя через пару зубчатых колес и червячный редуктор. Сила трения между цепью и поковкой обеспечивает кантование последней и

41. Технические характеристики основных напольных рельсовых посадочных машин

Параметр	Грузоподъемность машины, т			
	1	3	5	7,5
Максимальная высота подъема, мм	900	1200	1700	2200
Раствор клещей, мм:				
минимальный	100	170	200	400
максимальный	300	500	600	1200
Скорость движения, м/мин:				
моста	70	60	50	40
тележки	60	50	45	35
Частота вращения хобота вокруг вертикальной оси, об/мин	10	6	3	3
Ширина рельсового пути моста, мм	20	60	80	110
Масса машины, т	15	25	50	70

исключает проскальзывание цепи. Мгновенная остановка и фиксация заготовки в определенном положении на бойке осуществляется дисковым электромагнитным тормозом.

При ковке коротких заготовок или слитков, когда большая часть веса поковки приходится на боек, а не на поддерживающую цепь и кантовка затруднительна, применяют дополнительные устройства в виде противовесов.

Кантователь ковочный подвесной с патроном-манипулятором (рис. 45) применяется для захвата и кантовки поковок массой до 1,0 т. Патрон-манипулятор используется совместно с подвесным кантователем, подвешенным на крюке крана, и выполняет все технологические перемещения в процессе ковки: подъем и опускание поковки с помощью крана, вращение ее вокруг горизонтальной оси, захват клещами. Привод механизма перемещения осуществляется от электродвигателя, который одновременно обеспечивает работу масляного насоса гидросистемы клещевой головки.

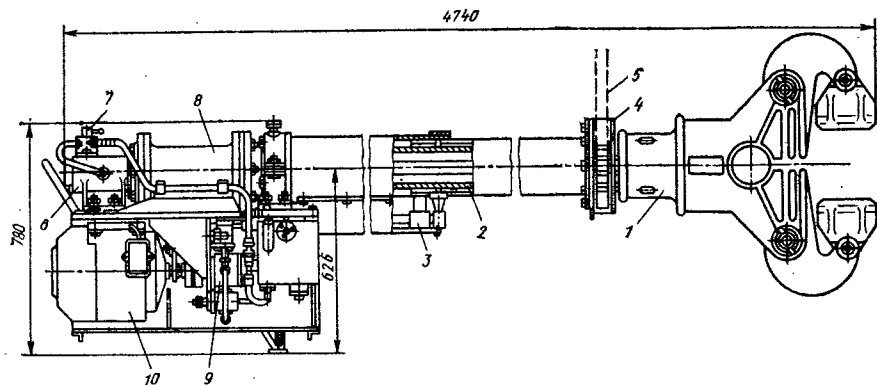


Рис. 45. Кантователь ковочный подвесной с патроном-манипулятором грузоподъемностью 10 кН:

1 — клещевая головка; 2 — рама хобота; 3 — механизм перемещения, обеспечивающий горизонтальное положение патрона; 4 — звездочка; 5 — цепь; 6 — масляный коллектор; 7 — регулятор гидравлической системы; 8 — гидроцилиндр со штоком клещевого механизма; 9 — масляный насос; 10 — электродвигатель масляного насоса и механизма перемещения

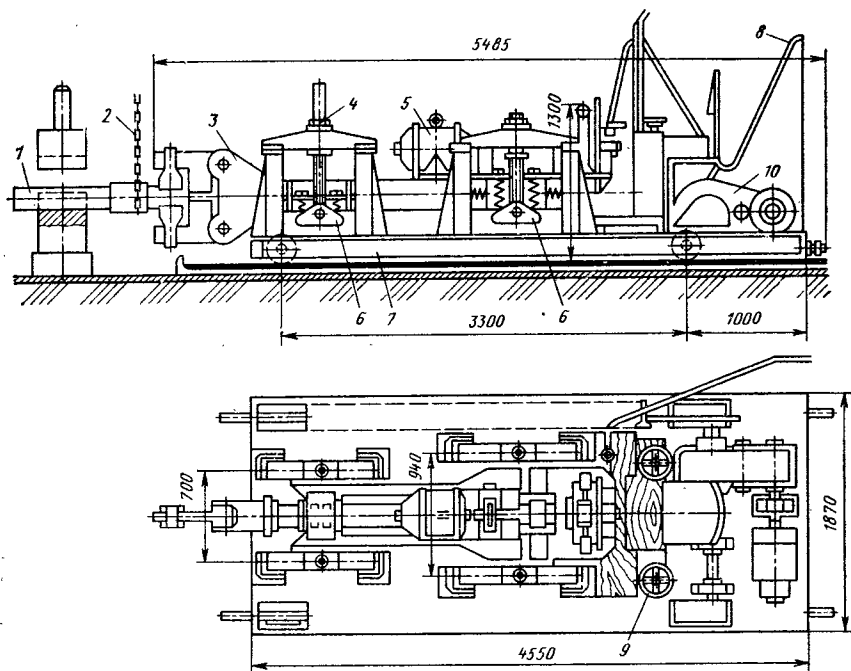


Рис. 46. Кантователь напольный рельсовый:

1 — поковка; 2 — канатная цепь; 3 — хобот; 4 — пневмоцилиндр механизма зажима и разжима клещей; 5 — электромеханический привод хобота; 6 — подвески с пружинными амортизаторами; 7 — рама кантователя; 8 — бронированный кабель электропитания; 9 — механизм регулировки вращения хобота и хода тележки

Технические характеристики кантователя следующие:

Грузоподъемность, т	1,0
Размер зажимаемых заготовок, мм:	
наибольший	370
наименьший	180
Максимальная длина поковки, мм	1500
Мощность электродвигателя, кВт	2,8
Частота вращения электродвигателя, об/мин	850
Основные размеры патрона, мм:	
длина	4740
высота	780

Кантователь напольный рельсовый (рис. 46) применяется у молотов свободной ковки для удержания заготовки в процессе ковки, кантования заготовки и для удаления ее из рабочей зоны после окончания ковки.

Привод механизма перемещения кантователя электромеханический. Вращение хобота с клещами осуществляется электродвигателем через планетарную передачу. Планетарная передача с электродвигателем и хоботом смонтирована на раме, подвешенной на подвесках с пружинными амортизаторами. Зажим и разжим клещей хобота производится через систему рычагов пневматическим цилиндром. Цилиндр работает при давлении сжатого воздуха $5 \cdot 10^5$ Па. Кантователь имеет несколько пар клещей и может зажимать заготовки различного размера.

Технические характеристики кантователя напольного рельсового следующие:

Частота вращения клещей, об/мин	19
Скорость перемещения тележки, м/мин	30
Угол поворота хобота, градусы	180
Ширина колеи, мм	1524
Диаметр ходовых колес тележки, мм	300
Высота подъема хобота, мм	550
Диаметр зажимной заготовки, мм:	
наибольший	205
наименьший	105

Столы. Столы подъемно-поворотные грузоподъемностью 0,5; 1; 2 т применяются для механизации работ на прессах и ковочных молотах с массой падающих частей 1—5 т.

Заготовку шаржир-машинной или дру-

гим механизмом извлекают из печи и укладывают на подъемно-поворотный стол. В нерабочем положении поверхность стола находится на уровне пола. При верхнем (рабочем) положении стола нагретую заготовку манипулятором подают на ковочный пресс или молот.

Технические характеристики подъемно-поворотных столов приведены ниже:

Грузоподъемность, т	0,5	1,0	2,0
Высота подъема, мм	800	800	800
Угол поворота, градусы	180	180	180
Частота вращения плиты, об/мин	4—6	4—6	4—6
Диаметр плиты, мм	750	750	750
Масса, т	1,0	1,3	1,5

Для оснащения ковочных молотов с массой падающих частей 1—5 т применяют столы поворотные неподвижные. Поворот на 180° осуществляется под действием веса заготовки, за счет установки верхней (поворотной) части стола под небольшим углом и размещения шариков подшипника концентрично центральной оси стола.

Стол поворотный приводной грузоподъемностью 7,0 т применяют для механизации работ на гидравлических ковочных прессах усилием 8,0—12,5 МН. Технические характеристики таких столов приведены ниже.

Грузоподъемность, т	7,0
Частота вращения плиты, об/мин	5
Поворот плиты, градусы	180
Габаритные размеры, мм:	
диаметр	2100
высота	1000
Время поворота заготовки, с	6
Мощность электродвигателя, кВт	1,7
Частота вращения электродвигателя, об/мин	1420
Масса, т	1,8

Манипуляторы для подачи инструмента. Крупные прессы оборудуют специальными гидравлическими подъемниками для подъема тяжелого инструмента. Для осуществления подъема и подачи инструмента в рабочую зону прессы применяют специальные рельсовые и стационарные манипу-

42. Зависимость грузоподъемности манипулятора от номинального усилия ковочного пресса

Грузоподъемность манипулятора, т	Номинальное усилие ковочного пресса, МН, дляковки стали	
	углеродистой	легированной
0,315	2,00	2,00
0,630	2,00	3,15
1,25	3,15	5,00
2,50	5,00	8,00
5	8,00	12,50
10	12,50	20,00
20	20,00	31,50
40	31,50	63,00
80	63,00	

43. Зависимость грузоподъемности манипулятора от массы падающих частей ковочного молота

Грузоподъемность манипулятора, т	Масса падающих частей молота, т, дляковки стали	
	углеродистой	легированной
0,315	1,00	1,00
0,63	1,00	2,00
1,25	2,00	3,15
2,5	3,15	5,00
5,0	5,00—8,00	—

латоры, управление которыми осуществляет машинист ковочного пресса. Рекомендуемая грузоподъемность манипуляторов для подачи инструмента приведена ниже.

Усилие ковочного пресса, МН	8,0	12,5	20,0	31,5	63,0	100,0	150,0
Грузоподъемность манипулятора, т	2,5	5,0	5,0	10,0	10,0	20,0	20,0

Клинозабивные машины. Такие машины служат для забивки и выбивки клиньев паровоздушных молотов с массой падающих частей до 8,0 т. Клинозабивная машина подвешивается на крюке мостового крана с помощью цепной подвески; питание осуществляется сжатым воздухом. Клинозабив-

ная машина имеет мультипликатор, позволяющий наносить удары, необходимые для выбивки клиньев.

Технические характеристики клинозабивной машины модели МЗК-0,63 следующие.

Давление воздуха избыточное, Па (4—7) 10⁵
 Масса подвижной бабы, т 0,54
 Габаритные размеры, мм 2100×
 ×920×
 ×490
 Масса, т 1,65

Ковочные манипуляторы. Предназначены они для выполнения транспортных и технологических операций свободнойковки. По конструктивному исполнению такие манипуляторы бывают рельсовые, безрельсовые и подвесные. Привод ковочных манипуляторов гидравлический или электро-механический.

Рекомендуемая зависимость грузоподъемности ковочных манипуляторов от номинального усилия ковочных прессов приведена в табл. 42, а от массы падающих частей ковочного молота в табл. 43.

Подвесные ковочные манипуляторы применяют для обслуживания ковочных молотов с массой падающих частей до 2,0 т. Тележка таких манипуляторов перемещается по однорельсовому пути. Хобот манипулятора может производить качание относительно горизонтальной оси, а также вращение вокруг нее на 360°.

Безрельсовые ковочные манипуляторы изготовляют грузоподъемностью до 5,0 т и применяют в основном для работы в режиме полуавтоматического и ручного управ-

вления с ковочными прессами и паровоздушными молотами. Основные технические характеристики безрельсовых манипуляторов приведены в табл. 44.

Конструкция безрельсовых манипуляторов обеспечивает захват заготовок с уровня пола.

44. Основные технические характеристики манипуляторов ковочных безрельсовых

Параметр	Грузоподъемность, т				
	0,315	0,63	1,25	2,5	5,0
Максимальный грузовой момент, кН·м	6,3	12,5	25,0	50,0	100,0
Наибольший диаметр заготовки, мм, не менее	300	350	500	600	700
Высота горизонтальной оси хобота над уровнем пола, мм, не более	500	600	600	650	750
Величина подъема хобота параллельно его оси, мм, не менее	400	400	500	550	600
Частота вращения хобота, об/мин:					
наименьшая	6	6	5	4	4
наибольшая	30	30	25	20	20
Скорость перемещения, м/мин:					
хобота в вертикальной плоскости:					
манипулятора	9,0	8,0	7,1	6,3	5,6
наименьшая	8	8	8	8	8
наибольшая	60	60	60	60	60

Рельсовые манипуляторы, изготовляемые грузоподъемностью до 80 т, а в отдельных случаях до 120 т, подразделяются на несколько типов: мостовые и тележечные, поворотные и неповоротные.

Манипулятор ковочный грузоподъемностью 2,0 т служит для механизации работ в цехах свободнойковки на молотах с массой падающих частей 3—5 т. Он производит технологические перемещения поковки: зажимает заготовки клещами, вращает поковку

в горизонтальной плоскости, поднимает ее в вертикальной плоскости.

Электрогидравлические приводы осуществляют параллельный и наклонный подъем хобота, перемещающегося во времяковки при помощи шарнирных подвесок в любом направлении. Удары, передающиеся на хобот, воспринимаются пружинными амортизаторами, расположенными в вертикальной плоскости вдоль осиковки и в поперечном направлении.

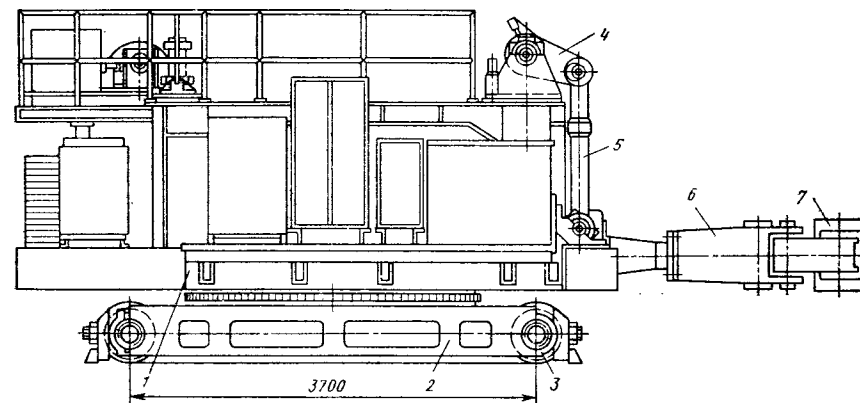


Рис. 47. Манипулятор ковочный грузоподъемностью 50 кН: 1 — поворотная рама; 2 — тележка; 3 — ходовые колеса; 4 — механизм подъема и выравнивания хобота; 5 — гидроцилиндры механизма подъема; 6 — хобот; 7 — клещи

Технические характеристики рельсового манипулятора приведены ниже:

Грузоподъемность, т	2,0
Грузовой момент, в клещах, кН·м	45
Частота вращения клещей, об/мин	17,2
Угол поворота клещей, градусы	360
Время закрытия клещей, с	1—2
Величина раскрытия клещей, мм:	
наименьшая	260
наибольшая	500
Величина выравнивания хобота, мм	450
Скорость, м/мин:	
бокового поворота хобота	8
передвижения манипулятора	40
Габаритные размеры манипулятора, мм:	
длина	6000
ширина	3235
высота	2385
Масса манипулятора с электрооборудованием, т	24,2

Манипулятор ковочный (рис. 47) грузоподъемностью 5,0 т предназначен для механизации работ на молотах с массой падающих частей 5,0—8,0 т и на гидравлических прессах усилием 8,0—12,5 МН. Манипулятор производит различные технологические перемещения поковок и обслуживает нагревательные печи. Привод продольного перемещения манипулятора и механизма поворота рамы электро-механический, механизмов зажима и вращения клещей — гидромеханический. Технические характеристики такого манипулятора следующие.

Грузоподъемность, т	5,0
Грузовой момент, кН·м	120,0
Скорость передвижения тележки, м/мин	40
Частота вращения манипулятора, об/мин	3, 7, 8
Размер зажимаемой заготовки, мм:	
наименьший	400
наибольший	720
Длина захватных губок клещей, мм	440
Величина качания клещей, мм:	
при подъеме	1880
при опускании	520
Частота вращения клещей, об/мин	14,6

Скорость зажима клещей на штоке, м/мин	1,1
Высота горизонтальной оси хобота над уровнем пола, мм	950
Наибольшая высота параллельного подъема хобота, мм	500
Угол бокового поворота хобота, градусы	360
Ширина колеи, мм	2700
Габаритные размеры, мм:	
длина	7800
ширина	4220
высота	3125
Масса манипулятора с электрооборудованием, т	53

Основные технические характеристики рельсовых манипуляторов приведены в табл. 45.

Основные параметры и размеры ковочных напольных неповоротных манипуляторов (рельсовые и безрельсовые), предназначенных для работы в составе автоматизированных ковочных комплексов с ковочными гидравлическими прессами (ГОСТ 7284—80*Е), а также для работы в режимах полуавтоматического и ручного управления с ковочными прессами и паровоздушными молотами (ГОСТ 9752—75*), определены ГОСТ 17808—82.

Ковочные комплексы с программным управлением. В состав комплекса входят: гидравлический пресс; один или два рельсовых неповоротных манипулятора; тележки с поворотным столом (для разворота и перехвата поковки в процессековки); инструментальный манипулятор; передвижной стол для бойков; устройство числового программного управления с дистанционным пультом управления. Схема типового ковочного комплекса пресс-манипулятор показана на рис. 48.

Ковочные комплексы с программным управлением предназначены для изготовления осесимметричных поковок с вытянутой осью в режиме автоматического и программного управления и поковок всех типов (колец, шайб, фланцев и т. п.) в режиме ручного и полуавтоматического управления.

Основные параметры и размеры ковочных комплексов с номинальным усилием 5,0; 8,0; 12,5; 20,0; 31,5 МН определены ГОСТ 25354—82.

Количество управляемых координат составляет пять для комплексов с одним манипулятором и девять — для

45. Основные технические характеристики манипуляторов ковочных рельсовых

Параметр	Грузоподъемность, т							
	0,63	1,25	2,50	5,0	10	20	40	80
Максимальный грузовой момент, кН·м, не менее	12,5	25,0	50,0	100,0	250,0	500,0	1000,0	2000,0
Наибольший диаметр заготовки, мм, не менее	350	500	600	750	800	950	1250	1800
Высота горизонтальной оси хобота от головки рельса, мм, не более	600	700	750	800	900	1000	1300	1800
Величина подъема хобота параллельно его оси, мм, не менее	400	500	550	600	700	800	900	1250
Боковое смещение клещей, мм, не менее	100	125	150	180	200	220	250	300
Частота вращения хобота, об/мин:								
наименьшая	6	5	4	4	3	3	2	2
наибольшая	30	25	20	18	15	14	12	10
Скорость перемещения, м/мин:								
хобота в вертикальной плоскости	8,0	7,1	6,3	5,6	5,0	4,5	4,5	4,5
манипулятора:								
наименьшая	8	8	8	8	8	6	6	5
наибольшая	60	60	60	60	40	40	35	35

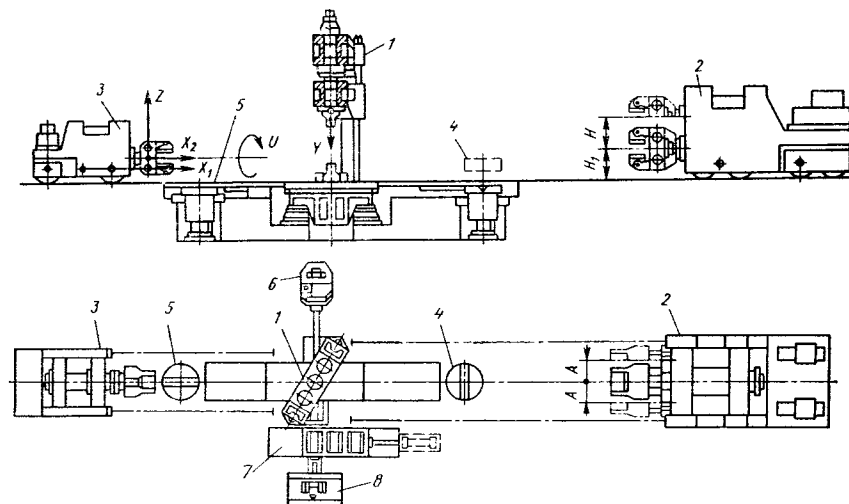


Рис. 48. Схема расположения оборудования ковочного комплекса:

1 — ковочный пресс усилием 63 МН; 2 — ковочный манипулятор грузоподъемностью 1000 кН; 3 — ковочный манипулятор грузоподъемностью 400 кН; 4 — стол поворотный грузоподъемностью 1000 кН; 5 — стол поворотный грузоподъемностью 400 кН; 6 — инструментальный манипулятор грузоподъемностью 20 кН; 7 — стол передвижной для бойков; 8 — пульт управления

46. Значения усилий гидравлических ковочных прессов и грузоподъемности напольных ковочных рельсовых манипуляторов

Номинальное усилие пресса, МН	Грузоподъемность манипулятора, т				
5,0	2,5	—	—	—	—
8,0		—	—	—	—
12,5		5,0	—	—	—
20,0	—	—	10,0	—	—
31,5	—	—	—	20,0	40,0

комплексов с двумя манипуляторами.

Дискретность задания перемещения по осям X_1, X_2, Y, Z не более 1 мм, а по оси U — не более $0,25^\circ$ (см. рис. 48).

Точность остановки деформирующего инструмента под нагрузкой составляет $\pm 1,0 \div \pm 2,0$ мм в зависимости от номинального усилия комплекса.

Входящий в комплекс гидравлический пресс имеет нижнее расположение цилиндрической группы и поперечный инструментальный стол (наряду с продольным выдвигным).

Рельсовый манипулятор имеет регулируемые скорости перемещения и вращения поковки, обеспечиваемые тиристорным электроприводом постоянного тока; жесткую связь передвижения тележки с рельсовым путем посредством цевочного зацепления; гидравлический механизм быстрой остановки осевого перемещения поковки. Манипуляторы, предназначенные для работы в составе автоматизированных ковочных комплексов, в соответствии с ГОСТ 17808—82 должны обеспечивать поворот заготовки на фиксированные углы $11^\circ 15'; 22^\circ 30'; 30^\circ; 45^\circ; 60^\circ; 90^\circ; 180^\circ$. Предельные отклонения угла поворота заготовок $\pm 1^\circ 30' \div \pm 3^\circ$, предельные отклонения линейного перемещения $\pm 8 \div \pm 20$ мм в зависимости от грузоподъемности манипулятора.

Рекомендуемые значения усилий прессов и грузоподъемности манипуляторов, используемых в ковочных программируемых комплексах, приведены в табл. 46.

Применение автоматизированных ковочных комплексов позволяет увеличить производительностьковки по сравнению с установками на базе ковочных прессов с ручным управлением и крайними кантователями в 1,6—2,2 раза; сократить численность бригады с 6—8 до 3 человек; повысить точностьковки; улучшить условия труда и культуру производства в кузнечно-прессовых цехах.

Основные технические характеристики ковочных комплексов АКП 500/2,5 и АКП 1250/5 приведены ниже.

	АКП 500/2,5	АКП 1250/5
Номинальное усилие пресса, МН	5,0	12,5
Наибольший ход подвижной траверсы, мм	710	1250
Расстояние между столом и подвижной траверсой, мм	1800	2650
Наибольший допускаемый эксцентриситет при ковке, мм	150	200
Количество сменных инструментальных блоков	4	4
Грузоподъемность манипулятора, т	2,5	5,0
Грузовой момент, кН·м	50	140
Наибольшее раскрытие клещей, мм	500	710 *
Высота горизонтальной оси хобота от головки рельса H_1 , мм	750	800 *
Величина подъема хобота H , мм	455	500 *
Боковое смещение клещей A , мм	100 *	125 *
Достижимая точность задания размера поковки с пульта при автоматической и программной ковке, мм:		
по высоте	$\pm 1,0$	$\pm 1,5$ *
по длине	$\pm 5,0$	± 8 *

* Данные ориентировочные.

Глава 10 АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ШТАМПОВКИ

1. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ГОРЯЧЕЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ

Средства информационного и технического обеспечения разрабатывают на первом этапе автоматизации проектирования. Информационные массивы включают: таблицы припусков, штамповочных уклонов, радиусов закруглений, припусков поковки, применяемого сортамента материалов поковки с указанием механических характеристик, параметров технологических процессов отрезки, нагрева, штамповки, обрезки, правки, термической обработки; классификаторы технологических операций изготовления поковки с указанием инструмента и приспособлений, штампов, их основных элементов, заготовок для штампов, основного и вспомогательного технологического оборудования, а также таблицы нормативов времени на выполнение основных и вспомогательных операций, разрядов и тарифных ставок рабочих, норм расхода материалов и их стоимости.

Стандартные программы, используемые при автоматизированной разработке конструкторской документации, включают подпрограммы для вычисления площади поперечного сечения, объема и массы тел вращения, направляющих косинусов отрезков, заданных координатами вершин, координат точек пересечения прямых, проходящих на заданном расстоянии от данных прямых, координат точек касания окружностей заданного радиуса с пересекающимися отрезками и координат центров этих окружностей, а также для перестроения контура из отрезков прямых путем изменения положения вершин контура, исключения части из них и введения новых вершин.

Оперативная информация о деталях включает следующую технологическую

информацию: номер детали, материал детали и ГОСТ на него, признак группы деталей, группу точности поковки, предполагаемую степень сложности поковки, размер заказываемой партии и геометрическую информацию. Геометрическая информация о деталях типа тел вращения дается для правой половины осевого сечения детали, рассматриваемого в прямоугольной системе координат XOY ; при этом одна из осей координат совмещается с осью вращения, а начало координат помещается вне сечения (рис. 1). В кодировочную аблицу последовательно заносят координаты всех вершин контура осевого сечения детали, указывают радиусы скругления у вершин и шероховатость тех участков поверхностей, которые начинаются с рассматриваемой вершины контура, указывают координаты баз механической обработки (табл. 1).

Технические средства включают: ЭВМ с объемом оперативной памяти более 256 Кбайт (ЕС 1030, ЕС 1033 и др.) для централизованной обработки информации; чертежно-графические автоматы (табл. 2) для декодирования конструкторско-технологической информации; устройства ввода-вывода графической информации в системе малых ЭВМ (СМ3, СМ4) (табл. 3) для диалогового режима проектирования.

Последовательность разработки конструкторско-технологической документации следующая: чертеж поковки с техническими требованиями; габаритные чертежи штампов; рабочие чертежи сменных деталей штамповых блоков; рабочие чертежи шаблонов для контроля поковки и ручьев штампов; карта технологического процесса штамповки [35].

Проектирование чертежа круглой в плане поковки состоит из следующих этапов [54, 58].

1. Определение объема детали на основании кодированной геометрической информации о контуре осевого сечения.

1. Кодирование технологической и геометрической информации о детали (см. рис. 1)

Технологическая информация	Номер чертежа		Материал, ГОСТ		Группа точности	Степень сложности	Координаты баз, мм		Годовая программа, шт.	
	10416	38ХС, 4543*	2	3			x	y		
Геометрическая информация	№	Координаты вершин, мм		Радиус, мм	Rz	№	Координаты вершин, мм		Радиус, мм	Rz
		x	y				x	y		
	1	9,5	34	0	320	8	44,1	69	0	320
	2	21	34	3	320	9	44,1	20	0	320
	3	21	37	0	320	10	30	20	5	40
	4	28,5	37	3	320	11	30	0	0	40
	5	28,5	61	0	320	12	10,5	0	0	320
6	30	71	0	320	13	9,5	1	0	40	
7	42,1	71	0	320	14	9,5	34	0	320	

2. Определение массы детали M_d и предварительная оценка массы поковки $M_{п}$ ($M_{п} = 1,5M_d$).

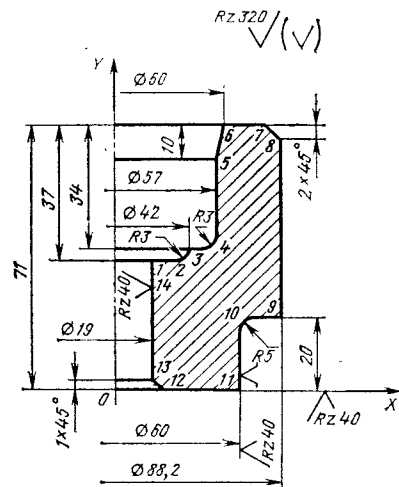


Рис. 1. Рабочий чертеж детали для кодирования

3. Вычисление припусков на отрезки контура, соответствующие механически обрабатываемым поверхностям, по табличным данным с учетом M_d , параметра шероховатости поверхности, группы точности, предварительно назначенной степени сложности поковки и характеристики отрезка L:

2. Чертежно-графические автоматы

Модель автомата	Рабочее поле	Шаг гере-ремеще-ния	Скорость переме-щения, мм/с
	мм		
ИТЕКАН-2М ЕС 7051	594×841	0,1	80
	1050× ×1000	0,05	50
ЕС 7053	841×1600	0,1; 0,05	150

$L = (x_i + x_{i+1}) \cos \beta_i + |0,5| y_{i+1} + y_i | - |y_6| \cos \alpha_i$, где y_6 — ордината базы механической обработки; x_i, y_i и x_{i+1}, y_{i+1} — координаты соседних вершин контура детали (ось вращения здесь и далее считается совмещенной с осью Y);

$$\cos \beta_i = \frac{y_{i+1} - y_i}{\sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}};$$

$$\cos \alpha_i = \frac{x_{i+1} - x_i}{\sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}};$$

L принимается за толщину (высоту), длину или ширину поковки при определении припусков по ГОСТ 7505—74*.

4. Построение контура детали путем параллельного переноса отрезков на величину рассчитанных припусков и увеличения радиусов сопряжения отрезков на полу сумму припусков, а также исключения точек, образующих «петли».

5. Перестроение контура детали отрезками, образующими наружные и внутренние уклоны из тех вершин, которые служат началом отрезков с направляющими косинусами, не удовлетворяющими ограничениям на направляющие косинусы уклонов.

6. Определение координат точки пересечения контура поковки наружной плоскостью разреза штампов, при этом необходимым переносом отрезков обеспечивается толщина поковки не менее минимально допустимой, устанавливаемой регрессионным анализом.

7. Определение координат точки пересечения контура поковки внутренней плоскостью разреза штампов; при этом обеспечивается толщина поковки не менее минимально допустимой, устанавливаемой регрессионным анализом.

8. Перестроение контура детали в области кольцевых углублений отрезками, перпендикулярными оси вращения; рассчитывают среднюю ширину углубления a; если $a \leq a_{min}$ (a_{min} определяют регрессионным анализом), углубление закрывают; если $a > a_{min}$, устанавливают среднюю глубину отверстия $l \leq 0,8a$.

9. Перестроение контура в области центрального отверстия отрезками, перпендикулярными оси вращения;

3. Устройства ввода-вывода графической информации в вычислительных машинах СМЗ, СМ4

Модель устройства	Размеры изображения, мм	Разрешающая способность, число точек	Число символов
СМ 7300	240×240	1024×1024	128
ШГЭПП2	350×350	2048×2048	111

если диаметр отверстия со стороны торца поковки $d \leq d_{min}$ (d_{min} определяют регрессионным анализом), отверстие закрывают; если $d > d_{min}$, образуют двусторонние углубления с перемычками в зависимости от отношения h_0/d , где h_0 — высота поковки по краю отверстия.

10. Построение контура прошиваемого отверстия.

11. Перестроение контура по пп. 4—10 отрезками, образующими напуски на мелкие элементы контура, из условия

$$M_{п} = \left(0,05 + 0,03 \frac{x_{is}^2}{x_{p,n}^2} \right) M_{п},$$

где $M_{п}$ — масса вводимого дополнительного напуска на элемент s; x_{is} — абсцисса ближайшей к оси вращения вершины этого элемента; $x_{p,n}$ — абсцисса точки пересечения контура поковки наружной плоскостью разреза штампов.

12. Перестроение контура по пп. 4—11 введением радиусов скругления внутренних и внешних углов в тех вершинах, где они ранее отсутствовали, по табличным данным.

13. Вычисление допусков на размеры диаметров контура по табличным данным с учетом M_d , материала детали, предварительно назначенных степени сложности и группы точности поковки.

14. Вычисление допусков на размеры по высоте по табличным данным, с учетом отклонений на неравномерность износа гравюры и недоштамповку в зависимости от положения отрезков контура по пп. 4—12 относительно плоскости разреза штампов.

15. Вычисление массы поковки в соответствии с размерами контура по

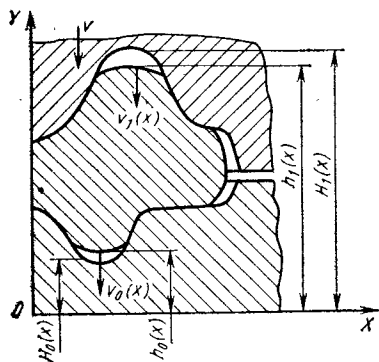


Рис. 3. Расчетная модель формоизменения поковки

диаметра заусенечного мостика $2x_5$ из условия сохранения объема поковки и равенств $2l_5 = h_3$; $x_5 - x_4 = b_3$, где h_3 и b_3 — соответственно толщина и ширина мостика заусенечной канавки.

2. Выбирают пары возможных значений диаметра и высоты осажённых ваготок D_0 и H_0 из условий

$$D_0 = 2x_3 + (0,2 \div 1,8)(x_4 - x_3);$$

$$\frac{\pi D_0^3 H_0}{4} = (1,2 \div 1,5) V_{\text{п.}}$$

3. Задают половину малого перемещения ΔS верхнего штампа в пределах $\Delta S = (0,2 \div 0,5) l_5$ и определяют на каждом шаге вычислений $n = 1, 2, 3, \dots$ положение элементов гравюры верхнего штампа:

$$(y_1)_n = (y_1)_{n-1} + (\Delta S)_n;$$

$$(y_2)_n = (y_2)_{n-1} + (\Delta S)_n;$$

$$(y_3)_n = (y_3)_{n-1} + (\Delta S)_n;$$

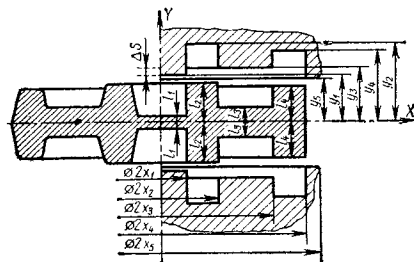


Рис. 4. Расчетные модели поковки и гравюры штампа для минимизации массы поковки

$$(y_4)_n = (y_4)_{n-1} + (\Delta S)_n;$$

$$(y_5)_n = (y_5)_{n-1} + (\Delta S)_n;$$

положение торцовых элементов заготовки, соответствующих набору металла под ступицу и реборду:

$$(y_i)_n = (y_i)_{n-1} - (\Delta y_i)_n;$$

$$(y_j)_n = (y_j)_{n-1} - (\Delta y_j)_n$$

и положение внешнего радиуса заготовки

$$(x_j)_n = (x_j)_{n-1} + (\Delta x_j)_n.$$

где индексы n и $n-1$ — шаги вычислений.

На первом этапе расчета

$$(y_1)_0 = (y_1)_0 = 0,5H_0; \quad (x_1)_0 = 0,5D_0;$$

$$(y_i)_n = (y_i)_n;$$

$$(\Delta y_i)_n = (\Delta y_i)_n;$$

$$(\Delta y_i)_n = \left\{ \frac{x_1 (y_1^2)_{n-1}}{[(x_1^2)_{n-1} - x_1^2] (y_i)_{n-1}} + \frac{x_1^2}{(x_1^2)_{n-1}} \right\} \frac{(x_1^2)_{n-1}}{3 (x_1^2)_{n-1} + x_1^2} (\Delta S)_n;$$

$$(\Delta x_j)_n = \frac{1}{2 (x_j)_{n-1} (y_i)_{n-1}} \times$$

$$\times \left\{ x_1^2 + \frac{(\Delta y_i)_n}{(\Delta S)_n} [(x_1^2)_{n-1} - x_1^2] \right\} \times (\Delta S)_n.$$

При этом, если по расчетам $(\Delta y_i)_n > (\Delta S)_n$, то принимают $(\Delta y_i)_n = (\Delta S)_n$; если $(x_j)_n = x_4$, то переходят к определению $(\Delta y_i)_n$ и $(\Delta x_j)_n$ по зависимостям для третьего этапа расчетов п. 5, заменяя в них x_2 на x_4 и принимая $x_3 = x_4$ и $(\Delta y_j)_{n-1} = (y_j)_n = 0$. Если при этих вычислениях $(\Delta y_i)_n \leq c (\Delta S)_n$, где

$$c = - \frac{x_1^2 + (x_1^2)_{n-1} - x_4^2}{x_4^2 - x_1^2},$$

то полагают $(\Delta y_i)_n = c (\Delta S)_n$ и $(\Delta x_j)_n = 0$.

Если на первом этапе расчетов $(y_5)_n = l_5$, что означает смыкание штампов, то расчеты прекращают; если $(y_i)_n = (y_3)_n$, то переходят ко второму этапу расчетов.

4. На втором этапе расчетов величины $(\Delta y_i)_n$, $(\Delta y_j)_n$ и $(\Delta x_j)_n$ определяют по зависимостям

$$(\Delta y_i)_n = \frac{x_2^2 x_3^2 (x_1^2)_{n-1}}{(3x_2^2 + x_1^2) x_3^2 (x_1^2)_{n-1} + x_1^2 (x_2^2 - x_1^2) \times [(x_1^2)_{n-1} - x_1^2] \times \left\{ \frac{x_1^2}{x_2^2} + \sqrt{3} \frac{(y_i)_{n-1} - (y_3)_{n-1}}{x_2 - x_1} + \frac{x_1 (y_1^2)_{n-1} + x_2 (y_3^2)_{n-1}}{(x_2^2 - x_1^2) (y_3)_{n-1}} - (x_1^2 + x_3^2 - x_2^2) \frac{(x_1^2)_{n-1} - x_3^2}{x_3^2 (x_1^2)_{n-1}} - k \frac{x_2^2 + x_1 x_2 - 2x_1^2}{2\sqrt{3} (x_1 + x_2) (y_3)_{n-1}} - \frac{x_3 - x_2}{(y_3)_{n-1}} + \frac{(\Delta y_i)_{n-1}}{(\Delta S)_{n-1}} \times \left[1 - \frac{x_3^2}{(x_1^2)_{n-1}} \right] \right\} (\Delta S)_n};$$

$$(\Delta y_j)_n = \frac{(x_1^2)_{n-1}}{3 (x_1^2)_{n-1} + x_1^2} \times$$

$$\times \left\{ \frac{x_3 (y_3^2)_{n-1}}{[(x_1^2)_{n-1} - x_3^2] (y_j)_{n-1}} + \frac{x_1^2 + x_3^2 - x_2^2}{(x_1^2)_{n-1}} + \frac{(\Delta y_i)_n}{(\Delta S)_n} \times \frac{x_3^2 - x_1^2}{(x_1^2)_{n-1}} \right\} (\Delta S)_n;$$

$$(\Delta x_j)_n = \frac{1}{2 (x_j)_{n-1} (y_j)_{n-1}} \times$$

$$\times \left\{ x_1^2 + x_3^2 - x_2^2 + \frac{(\Delta y_i)_n}{(\Delta S)_n} (x_2^2 - x_1^2) + \frac{(\Delta y_i)_n}{(\Delta S)_n} [(x_1^2)_{n-1} - x_3^2] \right\} (\Delta S)_n,$$

где $k = 0$ на первом шаге вычислений второго этапа и $k = 1$ на последующих шагах. При этом, если по расчетам $(\Delta y_i)_n \geq (\Delta S)_n$, то принимают $(\Delta y_i)_n = (\Delta S)_n$; если $(\Delta y_i)_n \geq (\Delta S)_n$, то принимают $(\Delta y_j)_n = (\Delta S)_n$; если

$(y_5)_n = l_5$, то расчет прекращают. Если $(y_i)_n = (y_2)_n$, то на последующих шагах вычислений принимают $(\Delta y_i)_n = (\Delta S)_n$; если $(y_j)_n = (y_4)_n$, то на последующих шагах вычислений принимают $(\Delta y_j)_n = (\Delta S)_n$.

Если

$$\frac{(\Delta y_i)_n}{(\Delta S)_n} < - \frac{x_1^2}{x_2^2 - x_1^2},$$

то вычисления $(\Delta y_i)_n$ и $(\Delta y_j)_n$ ведут по зависимостям

$$(\Delta y_i)_n = \left(1 - \frac{a_n^2}{x_2^2 - x_1^2} \right) (\Delta S)_n; \quad (1)$$

$$(\Delta y_j)_n = \frac{1}{3 (x_1^2)_{n-1} + x_3^2} \times$$

$$\times \left\{ x_3^2 - a_n^2 \frac{x_3 (x_1^2)_{n-1} (y_3^2)_{n-1}}{[(x_1^2)_{n-1} - x_3^2] (y_j)_{n-1}} \right\} \times (\Delta S)_n, \quad (2)$$

где a_n — радиус границы раздела течения металла в дисковой части заготовки:

$$a_n = 0,5 (x_2 + x_3) - \frac{\sqrt{3}}{2} (y_3)_{n-1} -$$

$$- \frac{x_1 (y_1^2)_{n-1} + x_2 (y_3^2)_{n-1}}{2 (x_2^2 - x_1^2)} -$$

$$- 0,125 (x_2 - x_1) -$$

$$- (y_3)_{n-1} \frac{(y_i)_{n-1} - (y_3)_{n-1}}{x_2 - x_1} -$$

$$- \frac{(\Delta y_j)_{n-1}}{(\Delta S)_{n-1}} \frac{(x_1^2)_{n-1} - x_3^2}{\sqrt{3} (x_1^2)_{n-1}} (y_3)_{n-1}.$$

При $a_n \leq x_2$ полагают $a_n = x_2$. Если $(x_j)_n = x_4$, то переходят к третьему этапу расчетов.

5. На третьем этапе расчетов величины $(\Delta y_i)_n$, $(\Delta y_j)_n$ и $(\Delta x_j)_n$ определяют по зависимостям

$$(\Delta y_i)_n = \frac{x_3^2 x_1^2 x_4^2}{x_3^2 x_4^2 (3x_2^2 + x_1^2) + x_2^2 (x_2^2 - x_1^2) (x_4^2 - x_3^2)} \times$$

$$\times \left[\frac{x_1^2}{x_2^2} - \frac{(x_1^2 + x_3^2 - x_2^2) (x_4^2 - x_3^2)}{x_3^2 x_4^2} + \right.$$

$$\left. + \frac{2 (y_i)_{n-1} - (y_5)_{n-1}}{x_2 - x_1} + \frac{x_2 - (x_j)_{n-1}}{(y_5)_{n-1}} \right]$$

$$\begin{aligned}
& - \frac{x_2^2 + x_1 x_2 - 2x_1^2}{2\sqrt{3}(x_2 + x_1)(y_5)_{n-1}} + \\
& + \frac{(\Delta y_j)_{n-1}}{(\Delta S)_{n-1}} \left(1 - \frac{x_3^2}{x_4^2} \right) (\Delta S)_n; \\
(\Delta y_j)_n = & \frac{x_4^2}{3x_2^2 + x_3^2} \left[\frac{x_1^2 + x_3^2 - x_2^2}{x_4^2} + \right. \\
& + \frac{2(y_j)_{n-1} - (y_5)_{n-1}}{x_4 - x_3} - \\
& - \frac{x_2^2 + x_3 x_4 - 2x_3^2}{2\sqrt{3}(x_3 + x_4)(y_5)_{n-1}} + \\
& + \frac{x_4 - (x_j)_{n-1}}{(y_5)_{n-1}} + \\
& \left. + \frac{(\Delta y_i)_n}{(\Delta S)_n} \frac{x_3^2 - x_1^2}{x_4^2} \right] (\Delta S)_n; \\
(\Delta x_j)_n = & \frac{1}{2(x_j)_{n-1}(y_5)_{n-1}} \times \\
\times [& x_1^2 + x_3^2 + (x_j)_{n-1}^2 - x_2^2 - x_4^2 + \\
& + \frac{(\Delta y_i)_n}{(\Delta S)_n} (x_2^2 - x_1^2) + \\
& + \frac{(\Delta y_j)_n}{(\Delta S)_n} (x_4^2 - x_3^2)] (\Delta S)_n.
\end{aligned}$$

Если по расчетам $(\Delta y_i)_n > (\Delta S)_n$, то принимают $(\Delta y_i)_n = (\Delta S)_n$; если $(\Delta y_j)_n > (\Delta S)_n$, то принимают $(\Delta y_j)_n = (\Delta S)_n$; если

$$(\Delta y_i)_n < - \frac{x_1^2}{x_2^2 - x_1^2} (\Delta S)_n, \quad (3)$$

то вычисления $(\Delta y_i)_n$ и $(\Delta y_j)_n$ ведут по зависимостям (1) и (2), подставляя в них

$$\begin{aligned}
a_n = & 0,5(x_2 + x_3) - \\
& - \frac{(y_5)_{n-1} [2(y_i)_{n-1} - (y_5)_{n-1}]}{2(x_2 - x_1)} + \\
& + \frac{(y_5)_{n-1} [2(y_j)_{n-1} - (y_5)_{n-1}]}{2(x_4 - x_3)} - \\
& - 0,125(x_2 + x_3 - x_1 - x_4). \quad (4)
\end{aligned}$$

При этом принимают $a_n = x_2$, если по расчетам $a_n \leq x_2$, либо $a_n = x_3$, если по расчетам $a_n > x_3$. Если по расчетам

$$\begin{aligned}
(\Delta y_j)_n < - \frac{x_1^2 + x_3^2 - x_2^2}{x_4^2 - x_3^2} (\Delta S)_n - \\
- (\Delta y_i)_n \frac{x_3^2 - x_1^2}{x_4^2 - x_3^2},
\end{aligned}$$

то вычисления $(\Delta y_j)_n$ ведут по зависимости

$$(\Delta y_j)_n = \left(1 - \frac{b_n^2 - a_n^2}{x_1^2 - x_3^2} \right) (\Delta S)_n,$$

где

$$\begin{aligned}
b_n = & 0,5[x_4 + (x_j)_{n-1}] - \\
& - (y_5)_{n-1} \frac{2(y_j)_{n-1} - (y_5)_{n-1}}{2(x_4 - x_3)} - \\
& - 0,125(x_4 - x_3) - \frac{\sqrt{3}}{2}(y_5)_{n-1},
\end{aligned}$$

а величина a_n либо определяется равенством (4), если выполняется (3), либо принимается равной нулю, если (3) не выполняется. Если $b_n < x_4$, полагают $b_n = x_4$. Если $(y_i)_n = (y_2)_n$, на последующих шагах вычислений принимают $(\Delta y_i)_n = (\Delta S)_n$ и $a_n = 0$; если $(y_j)_n = (y_4)_n$, на последующих шагах вычислений принимают $(\Delta y_j)_n = (\Delta S)_n$, подставляя в приведенные выше зависимости $x_2 = x_4$, а величину a_n в вычислениях $(\Delta y_i)_n$ по (1) при выполнении условия (3) находят по выражению

$$\begin{aligned}
a_n = & 0,5[x_2 + (x_j)_{n-1}] - \\
& - \frac{(y_5)_{n-1} [2(y_i)_{n-1} - (y_5)_{n-1}]}{2(x_2 - x_3)} - \\
& - \frac{\sqrt{3}}{2}(y_5)_{n-1} - 0,125(x_2 - x_1).
\end{aligned}$$

Если $(x_j)_n > x_5$, то в дальнейших вычислениях величину $(x_j)_{n-1}$ заменяют на x_5 ; если $(y_5)_n = l_5$, расчет прекращают.

6. Определяют из условий полного заполнения гравюры штампа и мостика заусенечной канавки

$$(y_i)_n = l_2; \quad (y_j)_n = l_4; \quad (x_j)_n > x_5$$

ту пару значения D_0, H_0 , для которой обеспечивается условие минимального объема заготовки

$$\begin{aligned}
\frac{\pi D_0^2 H_0}{4} - [V_n + \pi h_3 (D_n + b_3) b_3] \equiv \\
\equiv \min,
\end{aligned}$$

и по ней рассчитывают объем заготовки

$$V_3 = \frac{\pi D_0^2 H_0}{4} (1 + 0,01m),$$

где m — процент угара,

2. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

Общие положения

Автоматизация проектирования технологических процессов и оснастки холодной листовой штамповки на основе применения математических методов и средств вычислительной техники сокращает сроки и себестоимость проектирования, повышает качество проектов, высвобождает квалифицированных инженерно-технических работников от рутинного труда при выполнении типовых проектных расчетов и графических работ.

Системы автоматизированного проектирования (САПР) в технологическом производстве (ТП ХШП) дают возможность проектировать технологические процессы изготовления листовых деталей, решать сложные задачи по выбору оптимального варианта раскроя рулонного материала, листов и полос на прямоугольные и фигурные заготовки. Для выбора рационального варианта технологической оснастки, поиска подходящих штампов из числа тех, что были спроектированы и изготовлены ранее, разработаны соответствующие программы.

При необходимости могут быть сконструированы на ЭВМ новые штампы (чертежи изготавливаются автоматически), спроектированы технологические процессы их изготовления, подготовлены данные для изготовления рабочих и вспомогательных деталей штампов на станках с ЧПУ.

Техническую базу таких систем образуют ЭВМ Единой серии (начиная с ЕС 1022), мини-ЭВМ СМ-4; чертежные автоматы (ИТЕКАН-2М, ИТЕКАН-4, ЕС 7051, ЕС 7052, ЕС 7054); автоматизированные рабочие места (АРМ-М, АРМ 2-01).

Методическую основу систем образуют математические и эвристические модели процессов технологического проектирования и конструирования, методы принятия рациональных и оп-

тимальных проектных решений, способы кодирования и математического описания машиностроительных объектов. Проектные процедуры строятся на основе максимальной стандартизации, унификации и типизации проектных решений.

Проектирование процессов ТП ХШП на ЭВМ может быть полностью автоматизировано или осуществляться с участием человека. Первый вариант наиболее распространен и используется для решения сравнительно хорошо формализуемых, в первую очередь, расчетных задач. Второй вариант, предусматривающий наличие средств диалогового проектирования алфавитно-цифровых графических дисплеев и программного обеспечения связи между человеком и ЭВМ, позволяет человеку оперативно оценивать промежуточные результаты проектирования и активно влиять на его дальнейший ход. Этот вариант использования вычислительной техники применяется для решения логически сложных задач, процесс решения которых не может быть описан заранее в виде алгоритма.

Автоматизированное проектирование технологических процессов и штампов холодной листовой штамповки заключается в преобразовании на ЭВМ по заранее разработанной программе сведений о штампуемой детали, условиях ее производства, команд проектировщика в информацию о заготовке, последовательности и параметрах технологических операций, применяемом оборудовании, универсальной и специальной оснастке.

Автоматизированное проектирование осуществляется с помощью САПР — организационно-технической системы, состоящей из комплекса средств методического, программного, информационного, технического и организационного обеспечения.

Методическое обеспечение САПР представляет собой совокупность документов, содержащих описание методов, способов, математических моделей, алгоритмов, языков описания объектов, стандартов, на основе которых ведется проектирование.

Программное обеспечение образуют общесистемные и прикладные программы, предназначенные для реализации проектных задач, решаемых с помощью системы.

Программное обеспечение

**Информационное обеспечение
(база данных)**

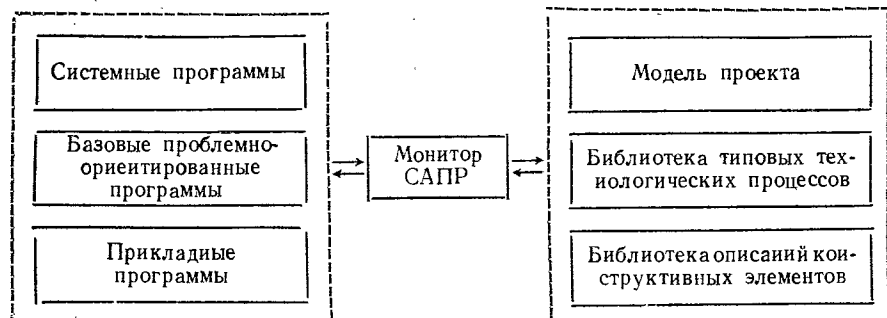


Рис. 5. Структура программно-информационного обеспечения САПР

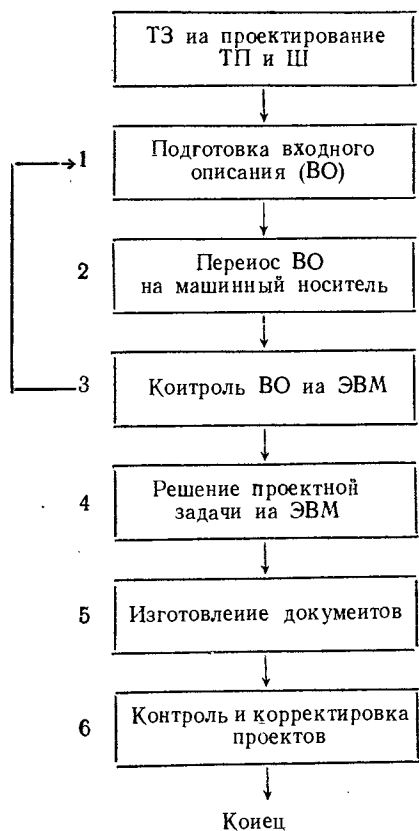


Рис. 6. Основные этапы автоматизированного проектирования

Общесистемные программы обеспечивают управление вычислительным процессом, трансляцию с алгоритмических языков, диалог проектировщика и ЭВМ и выполнение других функций.

Прикладные программы предназначены для получения проектных решений в конкретной проблемной области. Ядро комплекса прикладных программ (базовые проблемно-ориентированные программы) образуют те из них, которые обеспечивают решение типовых задач, неоднократно встречающихся при проектировании (геометрические задачи, задачи поиска данных в таблицах, печати текстовых документов, формирования программ управления чертежными устройствами, станками с ЧПУ).

Информационное обеспечение включает библиотеки стандартных проектных процедур, типовых проектных решений, конструктивных элементов, комплектующих изделий, материалов и другие данные, образующие в совокупности базу данных.

Взаимодействие между базой данных и программным комплексом осуществляет монитор — программа, управляющая процессом проектирования (рис. 5).

Техническое обеспечение САПР образует средства вычислительной и организационной техники, устройства ввода, передачи, отображения данных. Компонентами организационного обеспечения являются руководящие материалы, инструкции, положения и другие документы, определяющие правила функционирования и развития САПР в проектной организации.

Основные этапы процесса автоматизированного проектирования в САПР ТП ХШП и штампов (Ш) показаны на рис. 6.

Этап 1 — анализируется техническое задание на проектирование на одном из входных языков, составляется формализованное описание штампуемой детали, производственных условий ее изготовления, специальных требований к проекту проектировщика (технолога, конструктора).

Этап 2 — входное описание переносится на машинный носитель (перфокарты, перфоленты или магнитную ленту).

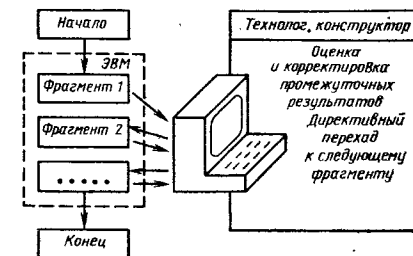


Рис. 7. Процесс автоматизированного проектирования в режиме диалога

Этап 3 — для синтаксического и частично семантического контроля входного описания разрабатываются специальные программы. Контроль описания чертежа штампуемой детали производится путем прочерчивания ее на графопостроителе или отображения на экране графического дисплея.

Этап 4 — входное описание вводится в ЭВМ, где записана программа решения конструкторско-технологической задачи. Если задача реализуется в автоматическом режиме, участие проектировщика ограничивается оценкой выдаваемых ЭВМ документов. В случае автоматизированного проек-

4. Основные технические характеристики графопостроителей, применяемых в САПР ТП ХШП

Параметр	ЕС 7051	ЕС 7053	ЕС 7054	АП 7251	ИТЕКАН-2М	ИТЕКАН-4
Размеры рабочего поля, мм	1050×1000	841×1600	1600×1200	1189×841	594×841	878×20 000
Максимальная скорость вычерчивания, мм/с	50	150	100	100	80	200
Число пишущих элементов	3	3	4	3	2	3
Шаг пишущего элемента, мм	0,05	0,1	0,05	0,05	0,125	0,025
Число символов	253	253	96	—	104	90
Интерполяция	Линейно-круговая			Линейная	Линейно-круговая	
Тип устройства	Планшетное	Барabanное	Планшетное		Барabanное	

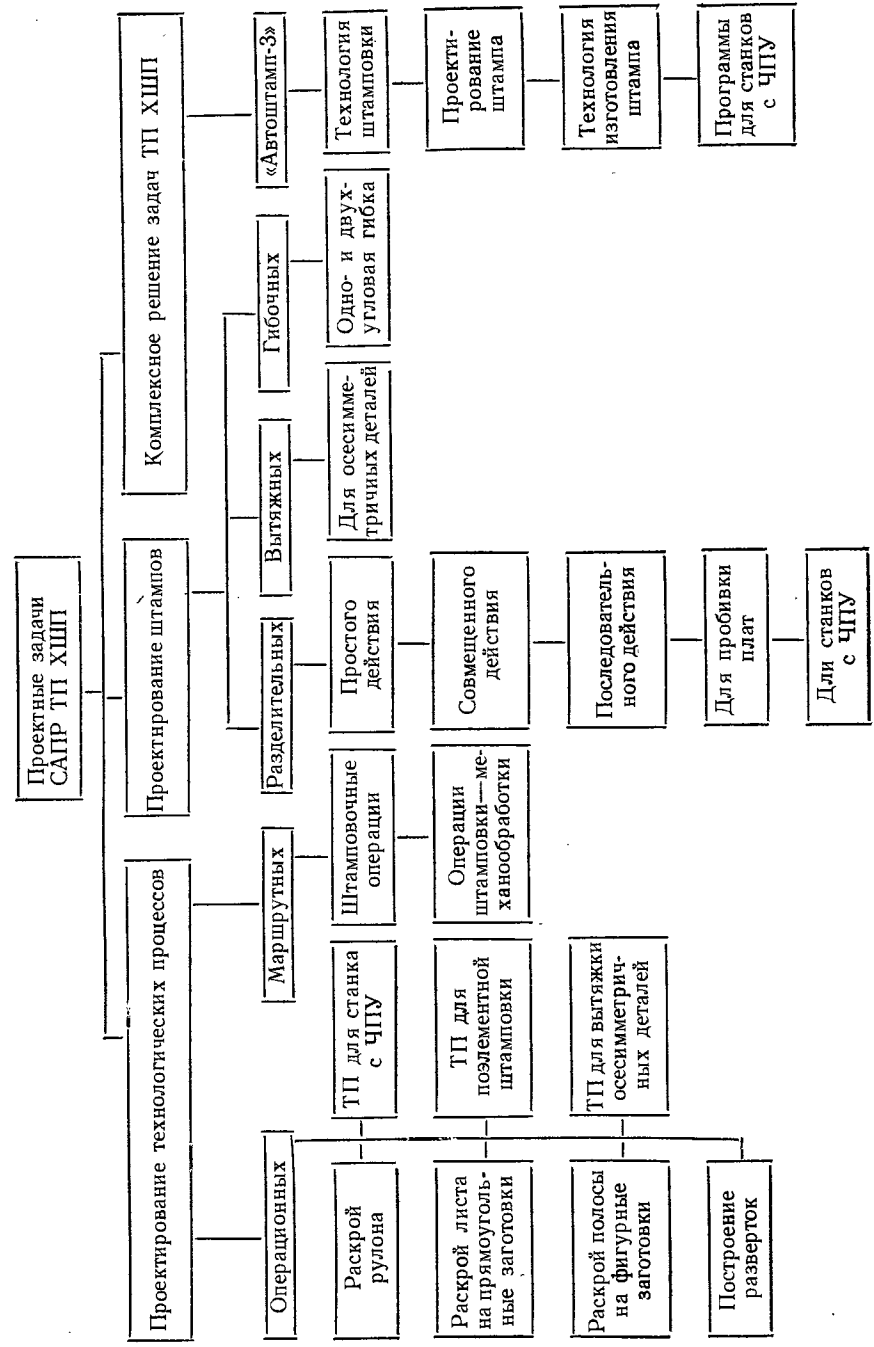


Рис. 6. Проектные задачи САПР ТП ХШП

тирования (в режиме диалога) процесс решения задачи разбивается на фрагменты и ведется в соответствии со схемой, изображенной на рис. 7.

Этап 5 — текстовые документы (технологические карты, спецификации, материальные ведомости и другие материалы) печатаются на стандартных алфавитно-цифровых печатающих устройствах ЭВМ. Графические документы — чертежи, операционные эскизы, схемы — изготавливаются на графопостроителях. Краткие характеристики отечественных графопостроителей приводятся в табл. 4.

Этап 6 — контроль документов (результатов проектирования) осуществляется проектировщиком визуально. При необходимости документы корректируются.

Проектные задачи ТП ХШП, реализованные в отечественных САПР, показаны на рис. 8.

Автоматизация решения технологических задач

Проектирование раскройных операций. *Пакет программ «Уклад»* служит для построения планов оптимального раскроя полосы на фигурные заготовки, а также листа на полосы одинаковой ширины. Задача решается для случая однорядной и двухрядной штамповки, однорядной с обратным перемещением полосы, развернутой на 180°.

Оптимальное решение ищется путем моделирования на ЭВМ линейных перемещений и поворотов относительно раскраиваемой полосы контура штампуемой детали.

Исходными для проектирования являются данные о геометрической форме и размерах детали, требуемых размерах переемычек между деталями, технологических ограничениях, точности расчета, варианте укладки, размерах имеющихся листов. Форма и размеры исходной детали описываются на геометрическом языке ИНКАНЭЛ-2А.

Найденный оптимальный вариант раскроя прочерчивается на графопостроителе. Задача решается на ЕС ЭВМ. Язык программирования ФОРТРАН-4.

Время решения одной задачи 1—10 мин при однорядном расположении деталей в полосе и 15—40 мин — при

двухрядном. Использование программы позволяет на 5—10 % улучшить коэффициент использования материала.

Пакет программ «Размещение» предназначен для решения задач рационального размещения плоских геометрических объектов. Геометрическая форма размещаемых объектов — прямоугольник, круг, многоугольник. Область размещения — в виде многоугольника (прямоугольника в частном случае). Задача размещения решается как задача математического программирования с применением аппарата годографов вектор-функций плотного размещения. На первом этапе задачи строятся допустимые варианты размещения, затем с использованием специальных методов оптимизации (метода сужающихся окрестностей, метода значимых переменных) определяется рациональный вариант размещения.

Для описания входных данных (количества и типа размещаемых объектов, размеров прямоугольников, координат вершин объектов и др.) используется специальный язык. Пакет ориентирован на решение трех классов задач (регулярное размещение, нерегулярное, компоновочные задачи) и может быть сгенерирован на решение любой из них. Пакет реализован на ЭВМ БЭСМ-6 и ЕС ЭВМ. Язык программирования ФОРТРАН-4. Время решения задачи двухрядного раскроя (с поворотом полосы) для заготовок средней сложности около 20 мин.

Пакет программ «Рациональный раскрой промышленных материалов» предназначен для проектирования планов раскроя листового или рулонного материала на прямоугольные заготовки с учетом требований массового, мелкосерийного или единичного производства и особенностей технологии раскроя, применяемого оборудования.

Данные о спроектированном плане раскроя печатаются в виде таблиц, диаграмм или оформляются в виде эскизов. Программы реализованы на ЕС ЭВМ. Язык программирования ФОРТРАН-4. Достигается экономия материала 2—7 %.

Пакет программ «Раскрой-80» предназначен для проектирования раскроя деталей типовых конфигураций с использованием типовых вариантов раскроя полосы. Характеризуется не-

большими затратами машинного времени (не более 2 мин). Помимо экономного расхода материала, при выборе варианта раскроя учитывается ряд экономических факторов, оказывающих влияние на эффективность изготовления листовых деталей в целом (затраты на проектирование, изготовление и амортизацию оснастки, заработная плата производственных рабочих). В основу пакета программ положены результаты классификации деталей и исходных материалов по следующим параметрам: вид исходного материала (лист, лента, рулон); вид исходной заготовки, поступающей на штамповочную операцию (полоса, лента); тип штампа (простого действия, совмещенного действия, последовательного действия); уровень автоматизации подачи материала (неавтоматизированная, автоматизированная); рядность (однорядный, двухрядный, n -рядный); особенности типа раскроя (безотходный, малоотходный, с отходами); особенности конструкции штампа (двухпуансонный, однопуансонный для штамповки через шаг, с последующим поворотом полосы на 180°).

Пакет программ «Раскрой—АРМ» предназначен для диалогового проектирования плана раскроя полосы на фигурные заготовки. Технической базой для решения задачи является автоматизированное рабочее место (АРМ-М). Для ввода координат контура штампуемой детали может быть использован планшет кодирования графической информации (ПКГИ).

Поиск рационального варианта раскроя производится методом секущих, параллельных направлению перемещения полосы. Диалоговые процедуры при поиске связаны с выбором угла поворота контура при расчете очередного варианта раскроя, указанием точности расчета шага штамповки и шага семейства секущих.

Диалог строится по принципу «выбора из меню» и ведется с помощью алфавитно-цифрового дисплея, входящего в состав АРМ-М. Для контроля исходных данных о контуре штампуемой детали и визуальной оценки спроектированного варианта раскроя используется графический дисплей УПГИ. Одобренный проектировщиком

вариант раскроя прочерчивается на чертежном автомате АП 7251.

Данные об угле поворота контура детали, ширине полосы, шаге штамповки, коэффициенте раскроя печатаются в виде табуляграммы. Для контроля распечатываются также координаты узловых точек исходного контура детали.

По желанию проектировщика поиск наилучшего варианта раскроя может быть реализован в автоматическом режиме путем последовательного перебора с заданным им шагом всех вариантов. При разработке программ был использован адаптированный к АРМ графический пакет РАР-ЕС. Программы разработаны на языке ФОРТРАН и работают под управлением дисковой операционной системы АРМ (ДОС-АРМ). Среднее время проектирования раскроя полосы или ленты для одной штампуемой детали 15—20 мин. За счет более рациональной укладки деталей в полосе экономится 2—5% материала.

Технологические расчеты. Пакет программ для расчета параметров вытяжных переходов для цилиндрических и прямоугольных корпусов. Диаметр штампуемых деталей (D) 3—75 мм, высота (H) до 150 мм. Программа OPERAZ рассчитывает данные для типового трехоперационного процесса комбинированной вытяжки стальных цилиндрических корпусов на прессах двойного действия ($D > 15$ мм, $H > 60$ мм).

Программа АВТОМАТ определяет параметры вытяжки стальных цилиндрических корпусов на многопозиционных вытяжных автоматах ($D < 15$, $H < 60$); программа POOPER — для стальных цилиндрических корпусов, изготавливаемых на кривошипных и гидравлических прессах ($D < 15$, $H < 60$).

Программа НТАМРР рассчитывает параметры вытяжки без утонения прямоугольных корпусов. Расчет ведется на ЭВМ ЕС 1022 или ЕС 1033. Исходными для расчета являются сведения о форме и размерах штампуемой детали, материале, радиусах закруглений на последнем переходе, годовой программе.

Табуляграммы с результатами расчета содержат сведения об усилении вытяжки и прижима, размерах полу-

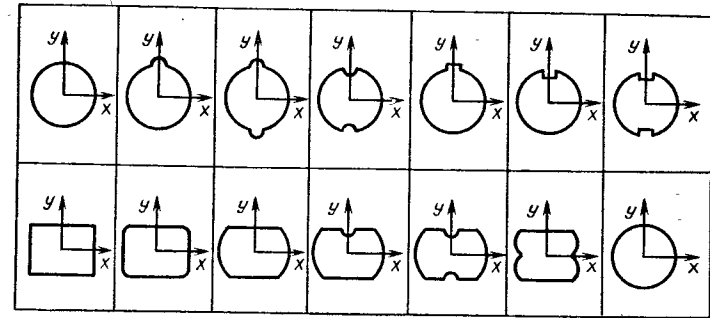


Рис. 9. Типовые формы отверстий

фабриката после каждого перехода, параметрах вытяжных матриц и пуансонов по переходам, типоразмерах применяемого штамповочного оборудования.

Пакет программ расчета параметров технологического процесса изготовления деталей из листа предназначен для комплексного решения следующих задач:

- расчет координат привязочных точек отверстий детали относительно базовой системы координат шаблона;
- поиск выбора требуемых комплектов пуансон—матрица;
- определение рациональных путей обхода пробиваемых отверстий;
- проектирование технологических операций изготовления отверстий в обрабатываемой детали;
- разработка управляющих программ (УП) для изготовления фиксаторных отверстий в шаблоне на станках с ЧПУ;

- разработка УП для изготовления отверстий в деталях на станках с ЧПУ;
- составление необходимой проектно-технологической документации.

В состав последней входят таблицы координат пробиваемых отверстий; сведений о наборах штампов, вставляемых в револьверную головку прессы за одну наладку, и схема расположения пробиваемых отверстий или чертеж шаблона.

Исходными для проектирования на ЭВМ данными являются кодированные сведения о чертеже штампуемой детали. Язык описания чертежа обеспечивает рациональное сочетание возможностей поэлементного и группового кодирования формы и расположе-

ния пробиваемых отверстий, учитывает практически все возможные способы задания размеров на чертеже, обеспечивает компактность описания, относительно небольшие затраты времени на его составление. Основные типовые формы пробиваемых отверстий приведены на рис. 9. Оси x и y используются для привязки элементов к базовой системе координат шаблона.

Исходя из кодов типовых отверстий детали, описанных в исходном задании на автоматизированное проектирование, определяется набор оснастки (комплектов пуансон—матрица) для обработки данной детали и рациональное их расположение на прессе. Данные о полном наборе оснастки хранятся на внешних носителях ЭВМ. Предусмотрена возможность занесения данных о новых и корректирования сведений об изменившихся конструкциях оснастки.

Для формирования таблицы координат все пробиваемые отверстия одинаковой формы, размеров и ориентации объединяются в группы, определяются рациональные пути обхода отверстий в каждой группе, формируются группы штампов, устанавливаемых за одну наладку.

При конструировании шаблона определяются диаметр отверстия под фиксаторные пальцы, габаритные размеры, положения установочных пальцев и мест под применение шаблона. Каждому отверстию на чертеже присваивается порядковый номер. Вычерчивание чертежей шаблонов производится на чертежных автоматах.

Автоматизация проектирования технологического процесса изготовления

деталей сокращает время проектирования в 10—12 раз, снижает его стоимость в 8—10 раз, обеспечивает получение экономического эффекта для средней детали (300—400 отверстий) в размере 60—80 руб., повышает качество проектов, освобождает технолога от утомительной, рутинной работы.

Проектирование технологических процессов изготовления деталей из листа. *Пакет программ «Технолог-1»* предназначен для автоматического проектирования индивидуальных технологических процессов на основе применения групповых методов обработки деталей. Пакет состоит из следующих программ:

АНАЛИЗАТОР — обеспечивает ведение классификации деталей из листовых материалов по виду применяемых формоизменяющих операций на основе группирования по типам оборудования и размерным характеристикам;

РАЗВЕРТКА — выполняет расчет развертки типовых изогнутых и полых деталей;

РАСКРОЙ — обеспечивает выбор рационального варианта раскроя штампуемого материала, рассчитывает его параметры и нормативные данные;

ВЫТЯЖКА-1 — производит расчет параметров исходных и промежуточных заготовок для многооперационной вытяжки цилиндрических и коробчатых деталей;

ВЫТЯЖКА-2 — обеспечивает расчет параметров операции последовательной вытяжки в ленте;

ШТАМП — формирует техническое задание на проектирование раздельных штампов простого действия и совмещенного действия, вычисляет усилие вырубki-пробивки, определяет типоразмер требуемого штамповочного оборудования;

МАРШРУТ-1 — определяет последовательность штамповочных и вспомогательных операций для изготовления плоских деталей;

МАРШРУТ-2 — определяет последовательность штамповочных и вспомогательных операций для изготовления полых деталей.

Реализованные в пакете программ «Технолог-1» алгоритмы построены с учетом влияния параметров совокупности деталей, изменения программы

их выпуска и состава технических средств предприятий на выбор варианта технологического процесса холодной листовой штамповки.

Исходными данными для проектирования технологического процесса являются сведения о конфигурации и размерах детали; ее номере, наименовании, толщине и марке штампуемого материала, количестве деталей в партии, годовой программе выпуска, сведения о термообработке и покрытии.

С помощью технологического классификатора определяются и заносятся в бланк-задание на автоматическое проектирование данные об особенностях геометрической формы и размерах детали в целом, типовых элементов ее наружного и внутренних контуров, типовых пространственных элементов, влияющих на расчет развертки. Описываются такие элементы формы детали, как рельефы, отбортовки, подрезы, ребра жесткости и пр. Типовые конфигурации деталей и их элементов, приведенные в классификаторе, разделены на следующие группы:

— типовые конфигурации, получаемые гибкой (угольник, скобы, V- и Z-образные детали);

— типовые конфигурации, получаемые вытяжкой;

— типовые конфигурации наружного контура разверток и плоских деталей, отверстий в деталях (круг, сектор, кольцо, овал, прямоугольник, параллелограмм, трапеция и т. д.);

— типовые комбинации круглых и фасонных отверстий;

— типовые плоские элементы с незамкнутым контуром (скругления, фаски, угловые вырезки, пазы, выступы и др.);

— типовые пространственные элементы (ребра жесткости, пуклевки, прочески, отбортовки);

— типовые элементы, обрабатываемые резанием (отверстия, зенковки, скосы, ступени по толщине, пазы и др.). Для каждой типовой конфигурации в классификаторе указаны код, схема штамповки размеров, приведены их буквенные и цифровые обозначения.

В ЭВМ вместе с программой проектирования, определяющей последовательность реализации отдельных его этапов и принятие технологических решений, находятся сведения, образующие информационную базу про-

ектирования технологических процессов. К ним относятся: сведения о марках штампуемых материалов; данные по сортаменту листов и лент; данные о прессовом оборудовании, об оборудовании заготовительного участка; данные об оборудовании для слесарно-механической обработки; данные о применяемой технологической оснастке; технологические данные и нормативные данные, применяемые в расчетах; сведения о наименовании и содержании основных операций и переходов холодной листовой штамповки и слесарно-механической обработки.

При внедрении программы проектирования ТП необходимо произвести корректировку содержимого базы данных в соответствии с условиями проектирования, существующими на конкретном предприятии.

Оптимальный экономический вариант технологического процесса выбирается по критерию минимальной технологической себестоимости. При этом, исходя из требуемого количества штампуемых деталей, точности изготовления и других технологических ограничений, прежде всего определяют возможность и целесообразность изготовления деталей в универсальных штампах прогрессивными методами элементной штамповки и затем уже отдают предпочтение специальным штампам.

Результатом работы программы проектирования ТП является маршрутная технологическая карта, содержащая следующие данные по каждой операции: номер цеха, наименование и содержание операции, количество ударов (ходов) пресса, наименование и шифр оборудования, его мощность, данные об оснастке, вспомогательном, мерительном и режущем инструменте, шифре профессии и разряде рабочего, штучном и подготовительно-заключительном времени и расценках.

Расчетные данные — исходные для проектирования технологической оснастки печатаются в виде специальной таблицы (тип штампа, данные о заготовке, шаг подачи, ширина полосы, данные о перемычках, параметры раскроя заготовки, число переходов вытяжки, данные о размерах детали после каждого перехода и др.).

Пакет программ «Технолог-1» ориентирован для применения на ЕС

ЭВМ с минимальным объемом оперативной памяти 256 Кбайт. Язык программирования ФОРТРАН-4. Операционная система ДОС ЕС. Среднее время выполнения расчетов для одного пакета программ 2 мин. Сроки выполнения технологических расчетов сокращаются в 2—3 раза, на 5—8 % улучшается коэффициент использования раскраиваемого материала, на 25—40 % повышается качество технологических решений и проектной документации.

Автоматизация проектирования штампов

Разработанные программные системы предназначены для проектирования в основном раздельных штампов (типовых конструкций) совмещенного, последовательного и простого действия, применяемых в радиотехнической промышленности, приборостроении, тракторосельскохозяйственном машиностроении и других отраслях промышленности. Реализованные в программах методы позволяют в автоматическом режиме проектировать штампы для изготовления плоских деталей с произвольной формой наружного контура и отверстий.

Проектирование штампов ведется на основе максимальной стандартизации, унификации и типизации конструкций штампов, их узлов и деталей, элементов деталей, типовых проектных решений. Возможности алгоритмического метода проектирования штампов ограничены, таким образом, конечным набором базовых конструкций штампов, их узлов и деталей. Последние разделяются на стандартные и типовые. Для стандартных деталей строго регламентированы форма, размеры, точность изготовления, шероховатость поверхности и другие характеристики; для типовых характерно наличие унифицированных по форме и оригинальных элементов.

Сведения о типоразмерах деталей и узлов штампов, условиях их применения, характеристиках материалов штампуемых деталей, сведения о штамповочном оборудовании, справочная технологическая информация, описание типовых изображений — фрагментов чертежей штампов — образуют базу данных, с которой взаимодействуют программы проектирования штампов.

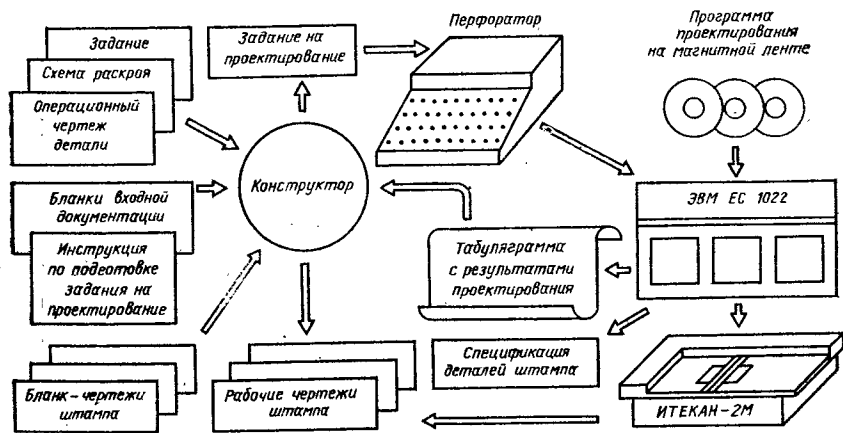


Рис. 10. Схема функционирования системы автоматизированного проектирования штампов

Основным методом, реализованным в разработанных системах автоматизированного проектирования штампов, является метод проектирования по типовым представлениям. Последние являются элементами базового набора конструкций штампов, их узлов, деталей. Выбор типовых представителей производится на основе анализа информации, содержащейся в задании на проектирование штампа. В общем случае проектирование деталей штампов сводится к выполнению следующих проектных процедур:

- выбор типового представителя из базового набора;
 - вычисление значений параметров унифицированных и стандартных элементов конструкции;
 - компоновка стандартных, унифицированных и оригинальных элементов;
 - выполнение при необходимости прочностных расчетов элементов конструкции;
 - расчет размеров режущих контуров (для рабочих деталей);
 - выбор материала детали, технических условий ее изготовления;
 - формирование цифровой модели детали и модели чертежа детали.
- Для штампа в целом производится определение параметров пространственного положения деталей штампов; выбор штамповочного оборудования и формирование и печать спецификации деталей и узлов.

Типовая схема функционирования системы автоматизированного проектирования штампов представлена на рис. 10. Программное обеспечение САПР штампов строится на основе типовых проектных процедур. Комплекс таких процедур, предназначенный для решения типовых задач проектирования разделительных штампов, реализован в виде библиотечного пакета программ «Штамп-80».

Конструкции штампов последовательного (рис. 11), совмещенного и простого действия, на которые ориентирован пакет, могут иметь различные варианты фиксации заготовки: шаговые ножи, предварительные упоры, утопающие и грибовые ловители и др. Программы разработаны с учетом того, что максимальная толщина штампуемых материалов (металлов, немаetalлических материалов) достигает 5 мм, а габаритные размеры матриц изменяются от 63×80 до 250×320 мм.

Пакет прикладных программ (ППП) ориентирован на конструкции штампов, применяемые в приборостроении, машиностроении и радиопромышленности. Он предназначен для применения в САПР детерминированного типа. По функциональному назначению программы пакета разделены на шесть групп:

- 1) решения геометрических задач на плоскости (метрических, позиционных, экстремальных);

- 2) контроля и первичной обработки входных данных в САПР штампов; обеспечивают синтаксический контроль входного описания чертежа штампуемой детали, расчет координат узловых точек контуров детали, построения модели чертежа исходной детали для визуального контроля;

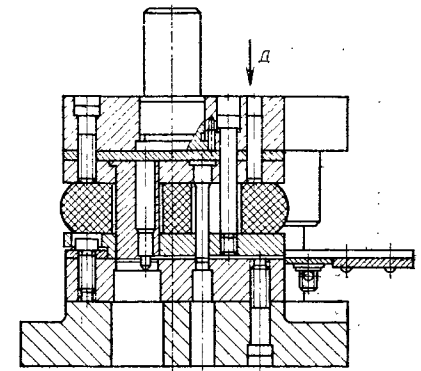
- 3) расчета размеров режущих контуров пуансонов, матриц;

- 4) определения координат центра давления штампа и усилия прессы, координат привязки рабочей зоны матрицы к осям пакета, расчета конструктивных параметров пуансонов различных конструкций, матриц, шаговых ножей, съемников и других деталей;

- 5) печати текстовых документов (спецификаций, таблицграмм с результатами проектирования штампа, данных для комплексной отладки программного обеспечения САПР штампов);

- 6) построения моделей чертежей штампов (формирования описаний типовых изображений фрагментов чертежей деталей штампов, выбора формата чертежа и компоновки на нем фрагментов изображений и др.).

В целях создания удобства и сокращения затрат труда человека, создающего на базе ППП конкретную конфигурацию САПР, большое количество программ из групп 1—3, инвариантных относительно базовых конструкций штампов, объединены в подсистему «Вход». Последняя производит контроль входных данных, используемых при проектировании штампов, преобразование их к виду, удобному для последующего решения задач по проектированию штампов, выполняет расчет размеров рабочих участков пуансонов и матриц, подготавливает данные для вычерчивания операционного чертежа исходной штампуемой детали. Эта подсистема используется без изменений при создании САПР различных конфигураций, предназначенных для проектирования разделительных штампов базовых типовых конструкций. Исходными для реализации программ этой подсистемы являются сведения о геометрической форме штампуемой детали, ее размерах, данные о расположении размеров на чертеже, сведения о схеме раскроя заготовки, штампуемом материале, указания о желаемом варианте конструкции штампа



Вид Д

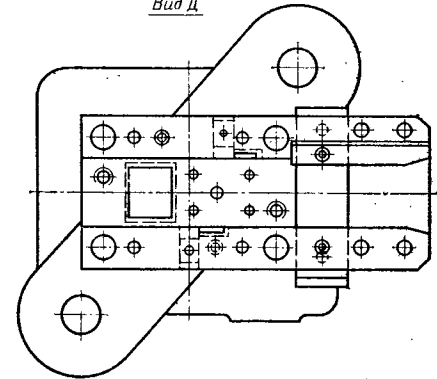


Рис. 11. Базовая конструкция штампа последовательного действия

и других условиях проектирования, подготовленные в соответствии с определенными правилами.

Пакет программ «Штамп-80» построен как пакет библиотечного типа. Каталог программных компонент (ПК) пакета насчитывает 220 единиц. Программы пакета написаны на языке ФОРТРАН-4, работает под управлением операционных систем (ДОС и ОС ЕС ЭВМ). Пакет программ предназначен для использования на ЕС ЭВМ, начиная с ЕС 1020, с минимальным объемом оперативной памяти 256 Кбайт.

Программы автоматического вычерчивания (группа 6) вместе с графическим базовым пакетом PAD-ЕС формируют данные, ориентированные на чертежно-графические автоматы (ЧГА)

5. САПР разделительных штампов

№ системы	Наименование САПР	Тип проектируемых штампов	Функциональные подсистемы	Результаты проектирования	ЭВМ и операционные системы (ОС)	Полное время выполнения задания	Базовый чертежный автомат
1	«Автоштамп-3»	Последовательно-простого и совмещенного действия; 17 модификаций конструкций; 608 типов размеров	«Вход», «Технолог-1», «Конструктор», «Чертеж», «Технолог-2», «Изготовление»	Технологический процесс штамповки, карта раскроя, спецификации, чертежи деталей (используются бланки-чертежи), технологические процессы изготовления деталей штампа, программы для обработки деталей штампа на фрезерных, сверлильных и электроэрозионных станках с ЧПУ	ЕС ЭВМ, 512 Кбайт, ОС и ДОС	5—6	ЕС 7054
2	«Автоштамп-ЕС»	Последовательно-простого действия, штампы-автоматы; семь модификаций конструкций	«Вход», «Конструктор», «Чертеж», «Изготовление»	Чертежи деталей, программа, спецификация, программные данные для координатной разметки	ЕС ЭВМ, 512 Кбайт, ОС и ДОС	4—5	ИТЕКАН-4
3	«Автоштамп-С»	Совмещенного действия, вырубные с верхним и нижним прижимом заготовки	«Вход», «Конструктор», «Чертеж»	Чертежи деталей штампов, спецификация	ЕС 1033, 512 Кбайт, ОС	4—6	ЕС 7051
4	«Штамп-2»	Последовательно-простого действия; 20 модификаций конструкций; 361 типоразмер	«Вход», «Конструктор», «Чертеж», «Изготовление»	Чертежи деталей, сборочный чертеж, спецификация, программы для электроэрозионной обработки	ЕС 1022, 256 Кбайт, ДОС и ОС	5—6	ЕС 7054

Продолжение табл. 5

№ системы	Наименование САПР	Тип проектируемых штампов	Функциональные подсистемы	Результаты проектирования	ЭВМ и операционные системы (ОС)	Полное время выполнения задания	Базовый чертежный автомат
5	«Сапроштамп-С»	Совмещенного действия	«Вход», «Конструктор», «Чертеж»	Чертежи деталей, спецификация, таблицы программ с данными о деталях	ЕС 1022, 512 Кбайт	—	—
6	«Сапрштамп-С»	Последовательно-простого действия с жестким прижимом	«Вход», «Конструктор», «Чертеж»	Чертежи деталей, спецификация, сборочный чертеж, таблицы программ с данными о деталях	ЕС 1022, 512 Кбайт	—	—

моделей ИТЕКАН-4, ИТЕКАН-2М, ЕС 7051, ЕС 7054, АП 7251. Пакет программ «Штамп-80» может быть использован как программное ядро САПР разделительных штампов различных конфигураций и отраслевых ориентаций. На основе программ пакета создана САПР «Автоштамп-ЕС». Методика подготовки входных данных, алгоритмы и программы проектирования деталей штампов, реализованные в пакете, использованы при создании САПР штампов семейства «Автоштамп». Данные о некоторых САПР разделительных штампов приведены в табл. 5. Все представленные системы обеспечивают проектирование в автоматическом режиме специальных штампов в блочно-пакетном исполнении. Последние предназначены для изготовления операциями вырубки и пробивки плоских деталей произвольной формы. Контуры должны быть образованы из дуг окружностей и отрезков прямых линий.

Предельное число элементов, образующих наружный и внутренние контуры детали, должно быть 60—120, в зависимости от вида системы число отверстий в деталях до 25, число размеров на чертеже штампуемой детали до 100. Толщина штампуемого материала 0,1—5 мм. Исходная заготовка — полоса, лента. Блоки штампов выполнены литыми или из проката, число колонок 2—4. Число типоразмеров пакетов достигает в отдельных системах 608, габаритные размеры изменяются от 50×50 до 630×630 мм. Форма пакета в плане — прямоугольная (в системе «Автоштамп-3» для штампов совмещенного действия используются круглые в плане пакеты).

Штампы простого и последовательного действия проектируются с верхним прижимом заготовки или с неподвижным съемником.

Фиксация штампуемого материала осуществляется с помощью шаговых ножей, грибковых и цилиндрических упоров, боковых прижимов, утопающих и разовых упоров, направляющих планок.

Способ описания исходных данных в системах — табличный (в системе № 4 используется наряду с табличным языковое описание). В системах № 1—3 и 5 используются таблицы кодированных сведений (ТКС) следующих ти-

нов: *A* — для описания общих сведений о проектируемом штампе (№ штампа и детали, тип штампа, параметры раскроя, указания относительно желаемого варианта конструкции штампа); *R* — для описания размеров штампуемой детали; *V* — для описания геометрической формы и структуры размерных связей между элементами детали; *D* — для описания параметров размерной сетки чертежа детали.

В системе № 4 используются следующие таблицы: ТОС (таблица общих сведений), ТГСЗ (таблица геометрических сведений), ТРД (таблица размеров и допусков), ТЭО (таблица электроэрозионной обработки). Описание чертежа штампуемой детали может быть составлено также с использованием языка размерного кодирования плоских изображений (СРКПИ).

В системе № 6 использована модификация системы кодирования ТГСЗ. Вывод графических результатов проектирования во всех системах может быть реализован с помощью чертежных автоматов ИТЕКАН-2-2М, ИТЕКАН-4, ЕС 7051, ЕС 7054, АП 7251, постпроцессоры для которых предусмотрены в графическом пакете PAD-ЕС, используемом в системах (в системе № 4 используется модифицированный PAD-ЕС).

Для проектирования используется ЕС ЭВМ с минимальным объемом оперативной памяти 512 Кбайт (для системы № 4 оперативная память может быть не менее 256 Кбайт), операционная система ДОС или ОС ЕС. Набор периферийных устройств стандартный.

Средняя стоимость автоматизированного проектирования одного штампа ~27 руб. Затраты времени (ч) распределяются по этапам следующим образом:

Подготовка исходных данных . . . 1—2
Перфорация 0,5

Счет на ЭВМ 0,2
Вычерчивание на чертежном автомате (в зависимости от его типа и степени использования бланков-чертежей) 1—5
Заполнение бланков-чертежей . . . 1
Проверка результатов проектирования 0,5

Комплексное решение задач технологической подготовки холодноштамповочного производства существенно улучшает технико-экономические показатели САПР. Так система «Автоштамп-3» в сквозном цикле решает следующие задачи: на основе анализа контура плоской детали определяются методы ее изготовления штамповкой, выбирается последовательность технологических переходов штамповки, проектируется план раскроя полосы (ленты) и план раскроя листа на полосы, проектируется операционный процесс штамповки (подсистема «Технолог-1»);

проектируется штамп с вычерчиванием рабочих чертежей его деталей (подсистемы «Конструктор» и «Чертеж»);

проектируются технологические процессы изготовления деталей штампа (подсистема «Технолог-2»);

формируются управляющие программы для изготовления деталей штампов на сверлильных, фрезерных и электроэрозионных станках с ЧПУ.

Система «Автоштамп-3» может проектировать 17 типов конструкций штампов 608 типоразмеров. По своим функциональным возможностям она превосходит не только отечественные, но и некоторые зарубежные разработки. Полный комплект конструкторской и технологической документации на штамп может быть получен за 6—7 ч. На 30—40 % сокращается трудоемкость изготовления штампов.

Глава 11 ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТАЛЬНЫХ ПОКОВОК

Качество поковок и изготавливаемых из них изделий в значительной степени зависит от термической обработки, которая состоит из двух стадий — предварительной и окончательной.

Целью предварительной термической обработки является улучшение обрабатываемости металла для изготовления изделий; подготовка структуры металла для окончательной термической обработки, т. е. получение однородной мелкозернистой структуры; снятие наклепа, снижение уровня внутренних напряжений; противофлокеничная обработка; улучшение комплекса механических свойств.

Цель окончательной термической обработки — придание металлу требуемых механических свойств.

Термическая обработка поковок имеет ряд особенностей. Одна из них — возникновение значительного перепада температур по сечению поковки (особенно у крупных), что приводит к неодновременности протекания фазовых превращений, а следовательно, к получению различных структур (от мартенситной на поверхности до перлитной в центре заготовки). Кроме того, перепад температур по сечению поковки и, как следствие, неодновременность структурных превращений приводят к возникновению внутренних напряжений, отрицательно сказывающихся на свойствах поковок.

Охлаждение поковок, вызывающее фазовое превращение при пониженных температурах (ниже 400—300 °С), обуславливает появление высоких растягивающих напряжений в поверхностной зоне, что может привести к образованию трещин. Для предотвращения их образования крупные поковки после охлаждения с температуры аустенитизации необходимо помещать в печь с температурой 300—400 °С. Если отпуску подвергается поковка с структурой перлита, то релаксация напряжений происходит в основном при повышенных температурах нагрева

(500—550 °С). Учитывать напряженное состояние поковок из различных сталей необходимо для правильной разработки оптимального режима термической обработки. Практика изготовления крупных поковок показывает, что при термической обработке необходимо добиваться минимальных остаточных напряжений, применяя для этого отпуск при высоких температурах и минимальную скорость охлаждения, особенно в области температур упругопластического состояния металла (700—450 °С).

В сталях всегда присутствует водород, ухудшающий их качество и вызывающий при определенных условиях распространенный дефект — флокены. Поэтому второй особенностью термической обработки большинства поковок является необходимость противофлокеничной обработки. В сталях сложного состава водород локализуется на дислокациях и двумерных дефектах, малоугловых и межфазных границах и т. д. На распределение водорода в структуре влияет также и тип неметаллических включений: наибольшее количество водорода скапливается у сульфидов, наименьшее — у силикатов. Поэтому возможность образования флокенов в значительной степени определяется структурным состоянием, степенью дефектности структуры, плотностью материала, т. е. пористостью, а также природой и морфологией неметаллических включений. Как правило, флокены располагаются в средней части поковки и не имеют определенной ориентировки. В крупных поковках они располагаются или берут начало в ликвиционных участках, обогащенных углеродом, фосфором, серой и легирующими элементами.

Флокены образуются в поковках при содержании в 100 г металла 4—8 см³ водорода под действием дополнительных внутренних напряжений (структурных, термических и механических), которые увеличивают локаль-

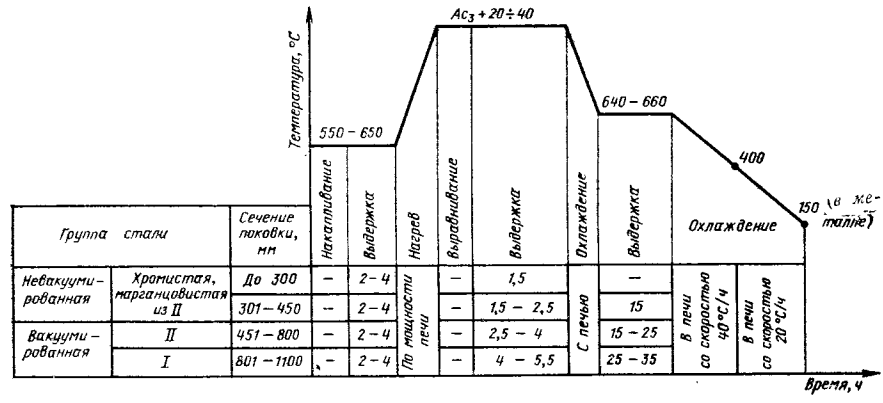


Рис. 1. Отжиг поковок из сталей I и II группы

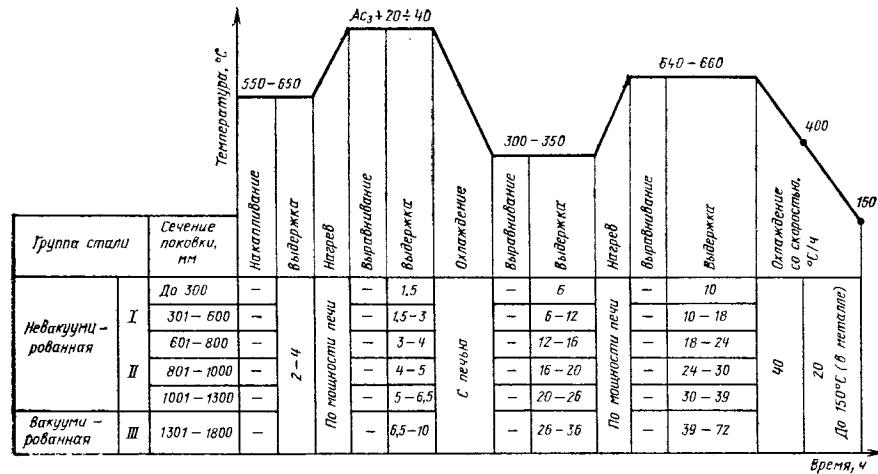


Рис. 2. Изотермический отжиг поковок из сталей I и II группы

ную концентрацию водорода в твердом растворе.

Наименьшая скорость выделения водорода происходит из переохлажденного аустенита и резко увеличивается при его распаде.

Противфлокенная термическая обработка состоит из следующих этапов:

превращения переохлажденного аустенита в перлит (для углеродистых и низколегированных сталей) или бейнит (для легированных сталей, обладающих значительной устойчивостью переохлажденного аустенита в перлитной области);

изотермической выдержки при субкритических температурах, обеспечивающей повышенную подвижность водорода и его выход из поковки; замедленного охлаждения с температуры изотермической выдержки, обеспечивающего минимум внутренних напряжений.

Как правило, поковки из углеродистых и низколегированных сталей переохлаждаются до температур 450—650°C, из высоколегированной стали — до 200—350°C. Выдержка при изотермических температурах обеспечивает удаление водорода из поверхностных слоев и перераспределение

1. Распределение сталей различной степени легированности по отношению их к флокочувствительности

Группа стали	Степень легированности сталей	Марка стали
I	Углеродистые	15, 20, 30, 35, 40, 45, 50, 55
II	Низколегированные	10Г2, 20Г, 50Г, 50Г2, 20Х, 35Х, 40Х, 50Х, 18ХГ, 15ХМ, 35ХМ, 20ХГСА, 35ХГСА
III	Среднелегированные	20ХН, 40ХН, 50ХН, 34ХН1МА, 38ХГН, 12Х1М1Ф, 25ХГМ
IV	Высоколегированные	34ХН3М, 38ХН3МА, 18Х2Н4МА, 30ХН2МФА

его в объеме заготовки, что приводит к уменьшению опасности возникновения флокенов. Длительность изотермической выдержки определяется составом стали и размерами поковок.

Режим термической обработки стальных поковок общего назначения. При выборе оптимальной технологии термической обработки стальных поковок необходимо учитывать химический состав, способ выплавки стали, сечение поковок, а также оборудование, на котором производится термическая обработка.

В практике термической обработки стальных поковок для получения необходимых структуры и свойств используют отжиг, нормализацию, нормализацию с отпуском и закалку с отпуском. Поковки из углеродистых сталей подвергаются нормализации с последующим отпуском, что обеспечивает получение требуемых свойств и является окончательной термической обработкой. Термическая обработка поковок из легированных сталей состоит из двух этапов — предварительного и окончательного.

Типовые режимы предварительной термической обработки поковок из конструкционных сталей представлены на рис. 1—3.

Стали общего назначения по степени флокочувствительности делятся на четыре группы (табл. 1), которые во многом определяют режим противфлокеновой обработки.

Общим для всех режимов термической обработки поковок является нагрев и выдержка выше критической точки A_{c3} (на 20—40°C) в начале технологического процесса. Это позволяет за счет фазовой перекристалли-

зации получить однородную мелкозернистую структуру.

В ряде случаев рекомендуется совмещать процесс охлаждения послековки с началом предварительной термической обработки с целью использования теплоты ковочного нагрева и уменьшения времени технологического процесса (см. рис. 3). В зависимости от степени флокочувствительности сталей применяют одно-, двух и трехкратный отжиг (см. рис. 1—3). Температура отжига, как правило, 640—660°C. С целью повышения эффективности противфлокеновой обработки после аустенитизации и в промежутке между отжигами применяют переохлаждение на 200—350°C.

Продолжительность предварительной термической обработки в зависимости от марки стали и размера заготовки составляет 200—1000 ч.

Для окончательной термической обработки стальных поковок используют нормализацию с высоким отпуском или закалку с высоким отпуском. Типовой режим закалки, нормализации и отпуска поковок из конструкционных сталей приведен на рис. 4. Время охлаждения поковок с температуры аустенитизации в этом случае ориентировочно определяют по экспериментальным данным, представленным в табл. 2.

Скорость нагрева под закалку до температуры 650°C, особенно для поковок больших размеров, не должна превышать 50°C/ч. Нагрев свыше 650°C до температуры аустенитизации осуществляется с большей скоростью, определяемой мощностью печи. Относительно небольшая скорость нагрева при низких температурах принята для

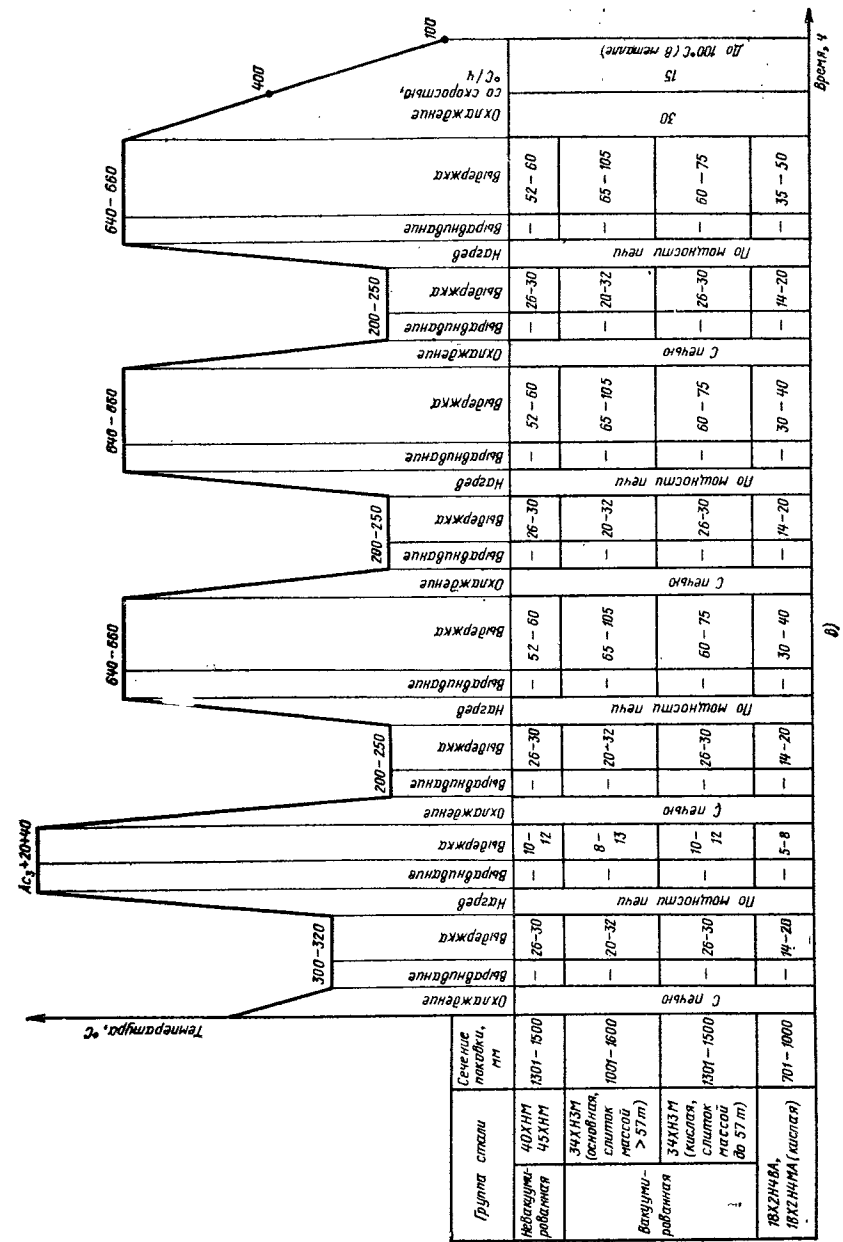
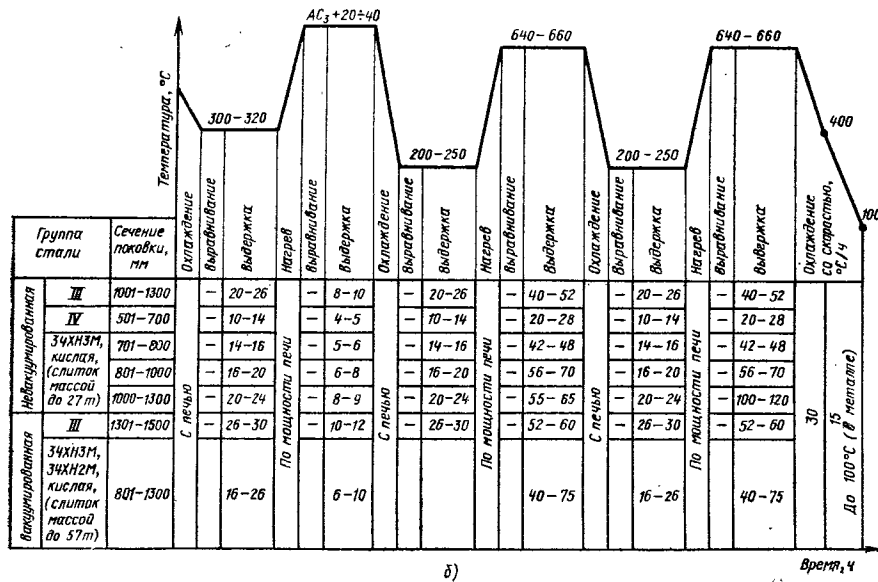
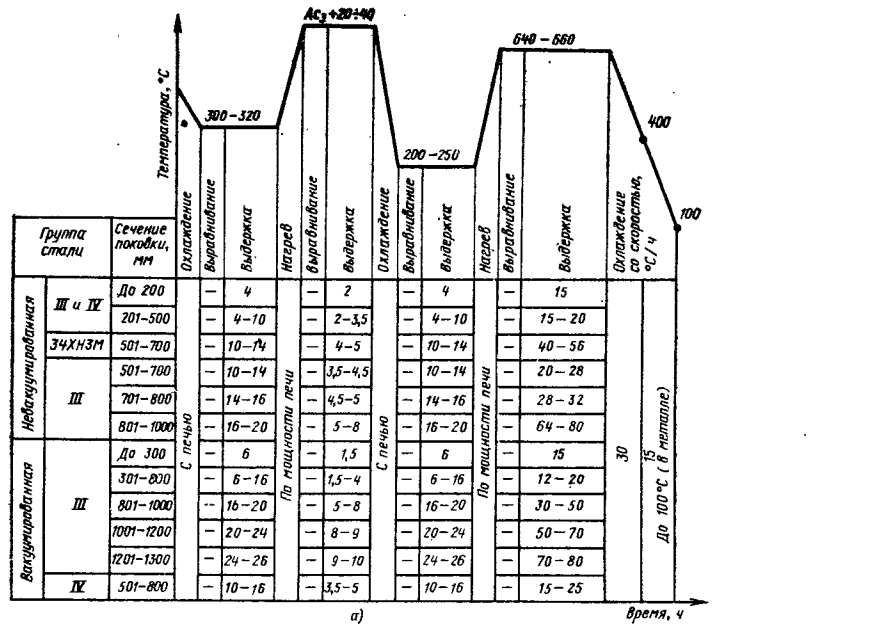


Рис. 3. Изотермический отжиг поковок из сталей III и IV группы: а — с одним отпуском; б — с двумя отпусками; в — с тремя отпусками

Рис. 3 (в)

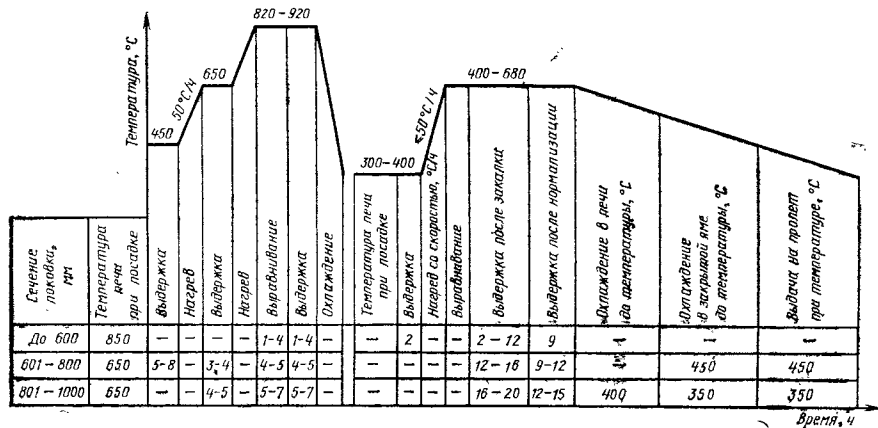


Рис. 4. Режимы окончательной термической обработки поковок из конструкционных сталей

предотвращения возникновения больших внутренних напряжений.

Температуру и время выдержки при отпуске выбирают исходя из требования минимума внутренних напряжений, возникающих в результате закалки или нормализации. Для этой цели используют обычно высокий отпуск 400—680 °С. Рекомендуется проводить отпуск не позже чем через 2—4 ч после окончания охлаждения. Поковки сечением до 600 мм разре-

шается помещать в печь, имеющую температуру их отпуска, а поковки сечением 600—1000 мм — в печь, нагретую не выше 400 °С из-за опасности возникновения большого перепада температур и, как следствие, больших внутренних напряжений. При температуре отпуска поковки выдерживают до выравнивания в них температуры ориентировочно по 2—3 ч на каждые 100 мм сечения поковки.

2. Продолжительность охлаждения сердцевинны цилиндрических поковок в различных средах

Температура аустенитизации, °С	Диаметр поковки, мм	Продолжительность охлаждения, мин, от температуры аустенитизации до температуры, °С						Температура аустенитизации, °С	Диаметр поковки, мм	Продолжительность охлаждения, мин, от температуры аустенитизации до температуры, °С									
		700	600	500	400	300	200			700	600	500	400	300	200				
Охлаждение в воде												Охлаждение в масле							
870	200	4	6	8	10	12	16	920	945	80	110	140	220	260	—				
850	250	5	7	9	11	14	18	820	1050	90	130	170	240	290	—				
850	400	14	20	27	34	44	55	850	1200	100	150	200	250	310	360				
880	580	30	38	45	52	60	—	Охлаждение на воздухе											
Охлаждение в масле												860	250	20	40	65	100	160	—
870	200	6	8	12	16	20	26	870	300	30	60	90	150	200	300				
850	250	8	10	14	17	33	—	880	520	60	90	210	260	420	—				
860	400	20	30	40	65	75	—	870	600	120	210	270	360	480	720				
850	500	40	55	63	80	120	160	850	800	160	240	300	360	540	—				
850	600	40	60	90	130	160	—	920	920	140	250	360	480	—	—				
860	700	45	80	100	180	220	—	870	1030	170	240	360	600	960	—				

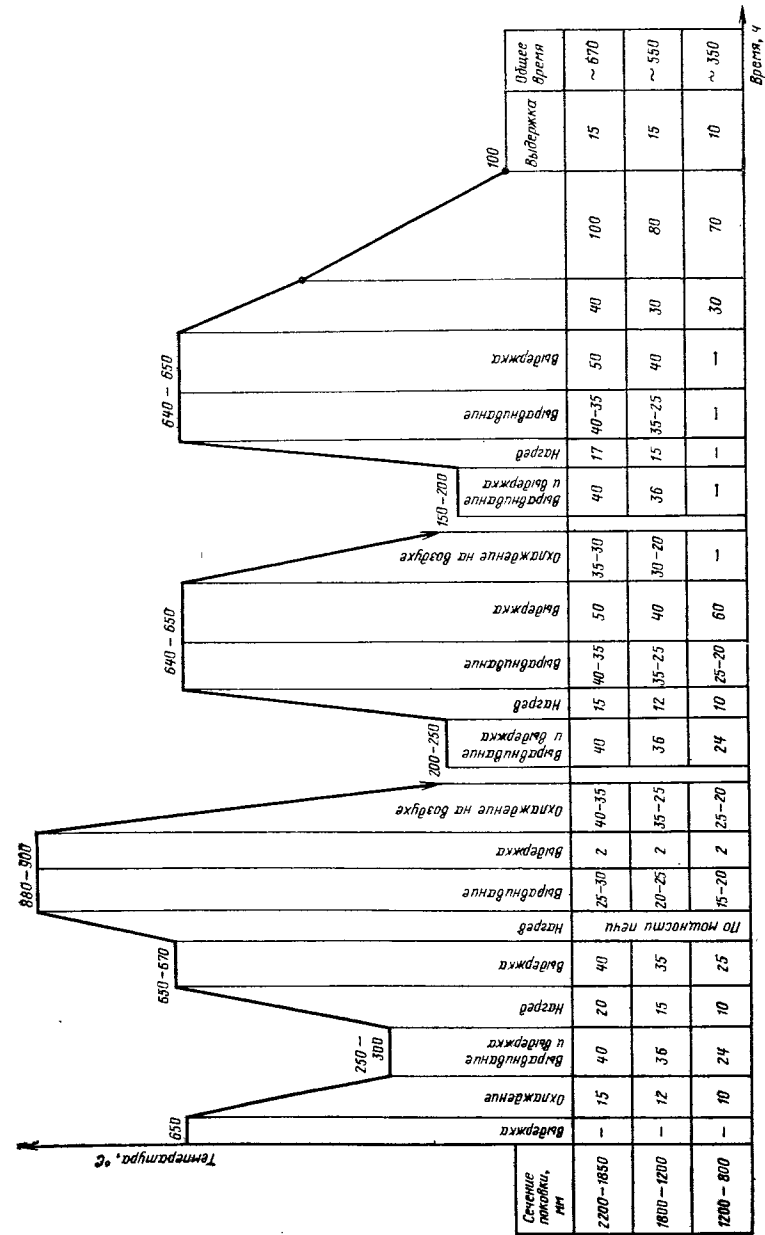


Рис. 5. Режимы ускоренной предварительной термической обработки поковок на вакуумированной стали

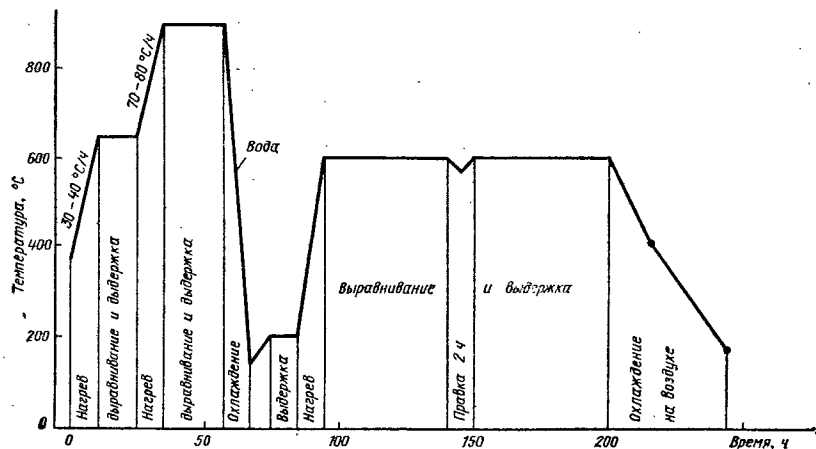


Рис. 6. Режим окончательной термической обработки роторов турбогенераторов массой 50—100 т из сталей 25ХНЗФА и 35ХНЗМФА

После окончания выдержки поковки сечением до 600 мм охлаждают на воздухе. Для поковок большего сечения применяют замедленное, ступенчатое охлаждение (см. рис. 4). Поковки ответственного назначения охлаждают с регулируемой скоростью от 40—80 до 120—350 °С/ч.

Кованые заготовки из углеродистых сталей (10, 15, 20, 25) сечением до 400 мм после нормализации в ряде случаев отпуску не подвергают. Поковки из сталей, склонных к отпускной хрупкости (38ХГН, 30ХГС и др.) при небольших сечениях (≤ 250 мм), рекомендуется с температурой отпуска охлаждать в масле или воде с последующим отпуском при 450 °С и охлаждением на воздухе. Общая продолжительность окончательной термической обработки обычно составляет 100—400 ч.

Режимы термической обработки поковок специального назначения. Термическая обработка крупных поковок для роторов турбогенераторов состоит из отжига и закалки с последующим высоким отпуском. Отжиг обеспечивает подготовку структуры поковок под окончательную термическую обработку, удаление водорода и снижение твердости для улучшения обрабатываемости. Окончательная термическая обработка придает поковке необходимый комплекс механических и служебных свойств. Для отжига

поковок для роторов турбогенераторов характерны двойное и тройное переохладение с температуры аустенизации и медленные скорости охлаждения (5—15 °С/ч). Разработан и внедрен новый сокращенный противфлокочный режим предварительной термической обработки крупных поковок сечением 800—2200 мм (рис. 5). Общая продолжительность процесса термической обработки поковок сечением 800—1200 мм ~350 ч, сечением 1250—1800 мм ~550 ч, сечением 1850—2200 мм ~670 ч, что на 30 % меньше по сравнению с существовавшими до настоящего времени режимами.

Окончательная термическая обработка роторов турбогенераторов, как правило, состоит из однократной закалки с охлаждением в масле или в воде и отпуска, во время которого производится правка. Режим окончательной термической обработки поковок валов роторов турбогенераторов массой 50—100 т приведен на рис. 6.

Термическая обработка мелких поковок, применяемых обычно в тракторном, сельскохозяйственном машиностроении и автомобилестроении, преследует две цели: улучшение обрабатываемости заготовок резанием и штамповкой и создание требуемых, в соответствии с чертежом, свойств деталей. С этой целью используют нормализа-

цию, отжиг, изотермический отжиг, улучшение.

Нормализации подвергаются поковки из углеродистых и малолегированных сталей (20, 30, 35, 40, 45, 20Х, 40Х), из которых изготавливаются вилки, крюки, фланцы, кронштейны, втулки, рычаги, валы, крестовины, оси, цапфы поворотных кулаков и др. Нормализация поковок из более легированных сталей (12ХНЗА, 20ХНТР, 25ХГНМ, 38Х2МЮА, 40ХГТР) приводит к образованию бейнитной структуры в поверхностных слоях, которая затрудняет обработку заготовок резанием. Для устранения этого недостатка поковки из легированных сталей после нормализации подвергают высокому отпуску (600—700 °С).

Изотермическому отжигу подвергаются поковки, для которых особо важна хорошая обрабатываемость резанием. К ним относятся кованые заготовки зубчатых колес коробки передач, редукторов ведущих мостов, сателлитов, валов ответственного назначения, муфт зубчатых колес, изготавливаемые из сталей 15ХФ, 15ХГН2ТА, 18ХГТ, 20Х2НЧА, 25ХГМ, 25ХГНМ, 25ХГНМТ. Температура изотермической выдержки определяется температурной областью распада переохлажденного аустенита на феррито-карбидную структуру (620—670 °С).

В тех случаях, когда требуется повышенная твердость и прочность, поковки подвергают улучшению, закалке и отпуску на заданный уровень свойств. Обычно такой вид термической обработки применяется для кованых заготовок шатунов, вилок, ступиц, рычагов, втулок, чашек, изготавливаемых из среднеуглеродистых и малолегированных сталей — 35, 40, 45, 50, 40Х, 60ХФА, 40ХН, 40ХТР.

Термическая обработка поковок валков горячей прокатки из сталей 50ХН, 60ХН, 60ХГ, 55Х, как правило, состоит из нормализации и высокого отпуска.

Цель нормализации — уменьшение остаточных напряжений, возникающих при ковке, измельчение зерна и, как следствие, повышение механических свойств поковок.

Для получения поковок хорошего качества необходимо полное превращение аустенита в феррито-карбидную

структуру, что обеспечивает удаление водорода из поверхностных зон заготовок, выравнивание его содержания во внутренних зонах и хорошую обрабатываемость резанием. Поковки из сталей, обладающих повышенной устойчивостью переохлажденного аустенита, подвергают переохлаждению до 250—350 °С и выдержке при этих температурах. Превращение переохлажденного аустенита в бейнит при этих температурах приводит к интенсификации процесса удаления водорода из поковки. Выдержка при 550—650 °С и последующее медленное охлаждение с печью способствуют предупреждению образования флокенов.

Термическая обработка поковок валков холодной прокатки, изготавливаемых из сталей 9Х, 9Х2, 9ХФ, 9Х2МФ, состоит из отжига и закалки в масле с последующим отпуском. Отжиг проводят для получения мелкозернистой структуры с равномерным распределением зернистого цемента при отсутствии карбидной сетки, а также для предотвращения возможности образования флокенов. Обычно используют режим двойного отжига, обеспечивающий высокую структурную однородность (см. рис. 3, б).

Термическая обработка поковок для деталей подшипников производится с целью улучшения обрабатываемости резанием, а также подготовки структуры к окончательной термической обработке. Варианты температурных режимов термической обработки поковок приведены на рис. 7. Поковки из сталей ШХ15, ШХ15СГ, ШХ20СГ обычно подвергают отжигу на мелкозернистый перлит (рис. 7, а).

Выдержка при температуре отжига должна быть достаточной для протекания фазовой перекристаллизации и выравнивания температуры по объему садки. Обычно время выдержки равно 3—4 ч. Охлаждение поковок до температуры 600—550 °С производят с печью, а далее на воздухе.

Скорость охлаждения поковок ориентировочно должна быть в пределах 15—20 °С/ч для садок массой более 3 т, 20—25 °С/ч для садок массой 0,5—3 т, 25—30 °С/ч для садок массой менее 0,5 т.

В тех случаях, когда деталям подшипников требуется повышенная твердость, вместо отжига проводят нор-

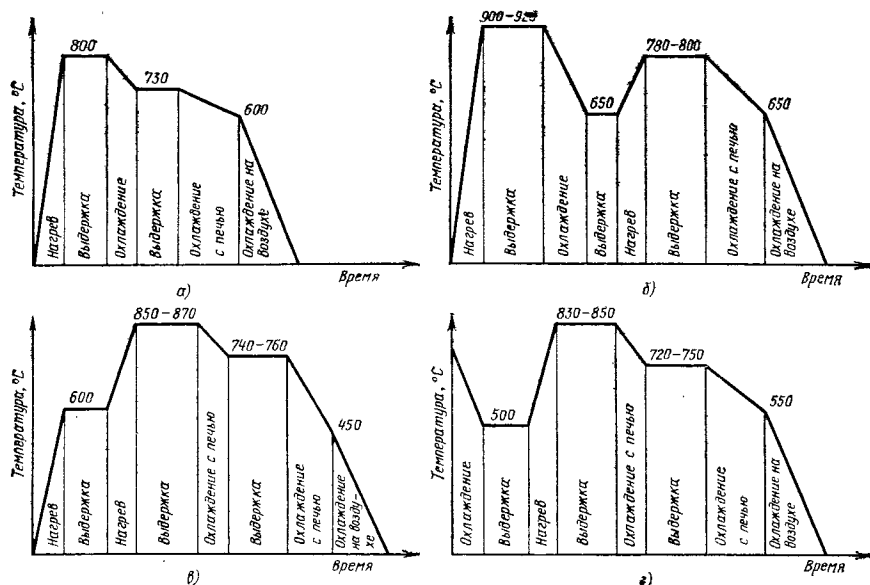


рис. 7. Режимы термической обработки поковок из подшипниковой стали

мализацию и ускоренный отжиг поковок (рис. 7, б).

Время выдержки при температуре аусленитизации 40—60 мин. Продолжительность процесса нормализации составляет 1,5—2, а ускоренного отжига 2,5—3 ч.

Отжиг поковок из стали 95X18 производят по режиму, показанному на рис. 7, в. Скорость нагрева поковок до 850—870 °С — 200 °С/ч, время выдержки при этой температуре 5—6 ч. Затем следует охлаждение с печью до 740—760 °С со скоростью 30—40 °С/ч, выдержка 4—6 ч и дальнейшее охлаждение с печью до 450 °С. Охлаждение поковок с температуры 450 °С производят на воздухе.

После горячей деформации сталей 8ХВ9Ф2-Ш и 8Х4М4В2Ф-Ш также производится отжиг для получения зернистого перлита (рис. 7, г). Время выдержки 3—5 ч при температуре 830—850 °С и 4—6 ч — при температуре 720—750 °С.

Кованые заготовки из инструментальных сталей обычно подвергают отжигу, цель которого — измельчение зерна и получение структуры зернистого перлита. Такой отжиг устраняет

опасность образования нафталинистого излома у быстрорежущих сталей. У некоторых заэвтектоидных сталей отжиг при определенных условиях устраняет карбидную сетку. Для устранения разнородности и крупнородности в поковках из легированных и высоколегированных сталей рекомендуется проводить двойной отжиг: сначала при 1000—1050 °С, а затем при 900—950 °С.

Применяется также другой вариант отжига. Поковки нагревают до 650 °С, выдерживают 4—5 ч, продолжают нагрев до 950—960 °С, охлаждают до 100 °С, нагревают до 840—860 °С, выдерживают 8—10 ч и медленно охлаждают до нормальных температур.

Термическая обработка поковок штамповых сталей состоит из нормализации, отжига или высокого отпуска в зависимости от марки стали, размера и конфигурации заготовок. Температурные режимы термической обработки поковок штамповых сталей приведены в табл. 3. Поковки крупных размеров из низколегированных сталей подвергают отжигу или нормализации. На 1 мм толщины поковки время вы-

3. Температурные режимы термической обработки и твердость поковок из штамповых сталей

Сталь	Изотермический отжиг			Отжиг с непрерывным охлаждением		Высокий отпуск	
	Нагрев	Изотермическая выдержка	Твердость HВ, не более	Температура нагрева, °С	Твердость HВ, не более	Температура нагрева, °С	Твердость HВ, не более
5ХНМ	760—790	650—660	197—229	760—790	197—241	680—700	207—241
5ХНВ	760—790	650—660	207—229	760—790	207—241	700—720	207—241
5ХНВС	780—820	650—660	207—255	780—820	207—255	680—720	255
8ХЗ	—	—	—	800—820	207—229	680—710	229—255
4ХМФС	810—830	670—700	197—241	810—820	197—255	700—755	241
4ХЗВМФ	850—860	650—660	197—229	850—860	197—229	740—760	269
4Х4ВМФС	880—900	660—680	229—241	880—900	241	750—780	269
3ХЗМЗФ	860—880	660—680	197—229	860—880	229—241	760—780	255
4Х5МФС	840—860	670—690	197—241	840—860	229—241	760—780	241—255
3Х2МНФ	780—810	650—660	197—229	780—810	197—241	690—700	229—241
5ХЗВЗМФС	840—880	690—700	229—255	840—880	229—255	750—780	269
X12ВМ	830—850	700—720	241—255	830—850	255	750—780	255
X12	840—860	700—740	207—255	840—860	241—255	—	—
X12М	850—870	700—720	207—255	850—870	241—255	750—780	255
X12Ф1	850—870	680—700	207—255	850—870	241—255	750—780	255
X6ВФ	830—850	700—720	207—241	830—850	207—241	760—790	241
9Х5ВФ	820—840	700—720	229—241	820—840	229—241	750—770	241
6Х6ВЗМФС	860—880	760—780	241—255	860—880	255	760—780	269

держки при нагреве до температуры отжига составляет 1 ч + (1,2÷1,5 мин); при изотермической выдержке 1 ч + (1,5÷2 мин). Охлаждение от температуры отжига до 400 °С производится с печью, а далее на воздухе.

Поковки малых размеров, предназначенные для изготовления штампов несложной формы, подвергаются вместо отжига высокому отпуску, что

сокращает время термической обработки, уменьшает обезуглероживание и предупреждает образование карбида WС в вольфрамовых сталях, который плохо растворяется при нагреве под закалку. Для поковок сложного инструмента, где требуется уменьшить деформацию при термической обработке, рекомендуется применять изотермический отжиг.

Глава 12 КОВКА НА МОЛОТАХ И ПРЕССАХ

1. ИНСТРУМЕНТ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ КОВКИ НА МОЛОТАХ И ПРЕССАХ

Инструмент для свободной ковки подразделяют на три группы:

- 1) основной технологический инструмент: бойки, плиты для осадки, оправки, прошивки, кольца, раскатки, уголки, пережимки, обжимки, топоры;
 - 2) поддерживающий инструмент: клещи, стойки, патроны;
 - 3) мерительный инструмент: кронциркули, угольники, нутромеры, линейки, калибры, шаблоны.
- Инструмент подразделяют на универсальный и специализированный.

Технологический инструмент для ковки на молотах (табл. 1—53)

Бойки для молотов. Высота бойков для молотов определяется конструктивно с учетом высоты подшаботника и нижнего положения бабы молота.

1. Размеры зеркала бойков паровоздушных молотов

Номинальная масса падающих частей, кг	Размеры зеркала бойка, мм	Номинальная масса падающих частей, кг	Размеры зеркала бойка, мм
1000	400×240	5000	710×400
2000	530×300	8000	800×480
3150	600×340		

Размеры зеркала бойка (см. табл. 1) регламентированы ГОСТ 9752—75*. Поддерживающий инструмент для ковки на прессах приведен в табл. 54—57.

Материал для инструмента и некоторые правила его эксплуатации

Ковочный инструмент изготавливают из стали марок, указанных в табл. 58. Подвергаемый ударным нагрузкам инструмент рекомендуется подогревать до температуры 150—200 °С для обеспечения высокой стойкости. Технологический инструмент и приспособления, подвергающиеся нагреву при эксплуатации, следует периодически контролировать по твердости и при необходимости подвергать повторной термической обработке.

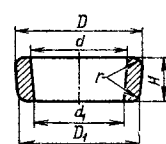
Приспособления

Захватные приспособления наиболее распространенных типов представлены в табл. 59.

2. Размеры зеркала бойков пневматических молотов

Номинальная масса падающих частей, кг	Размеры зеркала бойка, мм	Номинальная масса падающих частей, кг	Размеры зеркала бойка, мм
75	145×65	400	265×100
150	200×85	750	345×130
250	225×30	1000	390×150

3. Кольца оправочные кузнечные

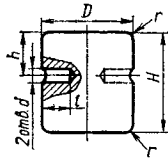


D	H	D ₁	d	d ₁	r			
180	80	160	100	80	3,0			
190		170	110	90				
200		180	120	100				
210		190	130	110	4,0			
220		200	140	120				
240		220	160	140				
250		230	170	150				
260		240	180	160				
280		260	200	180				
300		280	220	200				
115	60	95	65	45	2,5			
120		100	70	50				
125		105	75	55				
130		110	80	60	90			
140		120		70				
150		130						
160		140	100	80		3,0		
170		150	110	90				
320		100	300	240			220	5,0
340			320	260			240	
360	340		280	260				
380	360		300	280	380			
400	380		320	300				
420	400		340	320		100		
450	430		370	350				

Продолжение табл. 4

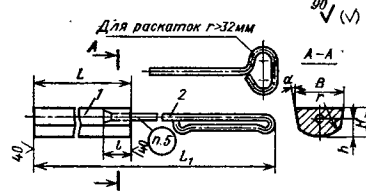
D	H	D ₁	d	h	h ₁	l	r	D	H	D ₁	d	h	h ₁	l	r
280	320	248	28	100	60	12	12	380	500	330	160	32			
	400	240		250				375	80						
300	200	280	36	60	80	20	16	400	320	368	100	125	40	80	20
	250	275		400					360	125					
	320	268		500					350	160					
	400	260		250					395	80					
320	200	300	16	60	80	20	16	420	320	388	100	125	40	80	20
	250	295		400					380	125					
	320	288		500					370	160					
	400	280		250					425	80					
340	250	315	32	80	80	20	16	450	320	418	40	100	50		
	320	308		400					410	125					
	400	300		500					400	160					
	500	290		320					448	100					
360	250	335	16	80	80	20	16	480	400	440	125	160	100		
	320	328		500					430	160					
	400	320		630					417	200					
	500	310		320					460	100					
380	250	355	16	80	80	20	16	500	400	460	125	160	100		
	320	348		500					450	160					
	400	340		630					437	200					

5. Надставки кузнечные для молотовых и прессовых работ



D	H	d	h	l	r	D	H	d	h	l	r	
70	100					220	250	20	80			
80	125					320	100		12			
90		250	22	80		16						
100	160					400	125		50	20		
110		250	25	80								
125		400	125									
36	60				3	140	200	12	60			
40		250	80	32	6	160	250					
45		180	200	16	60		8	320	250	28	80	25
50	80				4	200	250	18	80			32
55		320	40	10								
60		400	125									

6. Раскатки полукруглые (по ГОСТ 11421—75*)

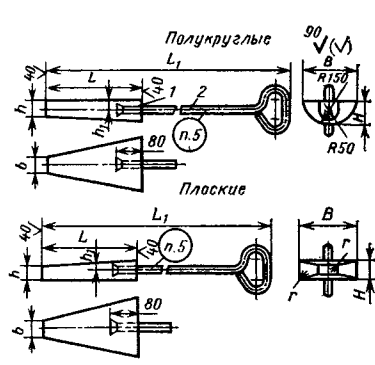


А Размеры в мм

r	B	H	L	L ₁	l	h	α, градуса
10	20	16	200	1210	50	8	—
16	32	20	250			10	
20	40	25	320	1260	60	12	—
32	50	32				1380	
40	60	40	400	1340		25	
50	80	50	500	1540		32	
60	100	60	630	1670	80	40	10
80	120	80	710	1750		50	

Примечание. Здесь и далее в таблицах этого раздела 1 — инструменты; 2 — ручка; знак п. 5 или п. 14 — места маркировки.

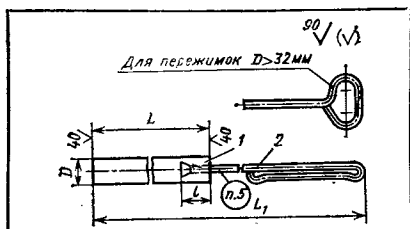
7. Раскатки клиновые (по ГОСТ 11422—75*)



Размеры в мм

B	b	L	L ₁	H	h	h ₁	r
280	100	500	1820	100	75	50	—
320	80	450	1770	80	60	40	15
400	100	630	2050	100	75	50	20

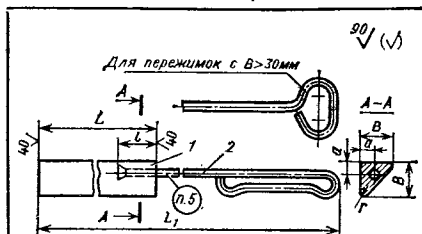
8. Пережимки круглые (по ГОСТ 11423—75*)



Размеры в мм

D	L	L ₁	l
10	800	—	—
16			
20	100	870	30
	200	950	50
32	100	870	30
	200	950	50
40	100	1190	30
	200	1270	50
50	100	970	30
	200	1050	50
60	160	1030	30
	250	1100	
75	200	1050	50
100	310	1230	80
	400	1320	

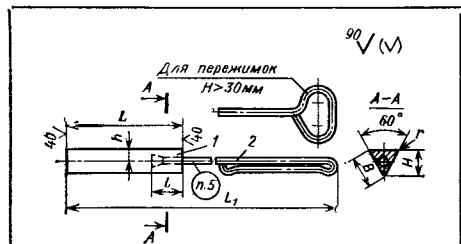
9. Пережимки треугольные (по ГОСТ 11424—75*)



Размеры в мм

B	L	L ₁	l	a	r
20	125	900	25	7	2
	175	1000		10	3
30	150	1025	30	13	4
	200	1175		16	
40	150	1020	30	16	4
	200	1170		20	
50	250	1280	35	23	5
	300	1330		25	
70	250	1220	35	23	5
	300	1385		25	
85	350	1435	35	25	5
	400	1815		25	
100	400	1425			

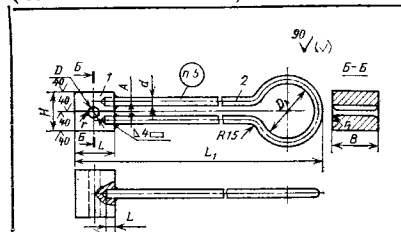
10. Пережимки треугольные равносторонние (по ГОСТ 11425—75*)



Размеры в мм

H	h	B	L	L ₁	l	r
20	7,5	23	100	930	20	2
30	10,0	35	200	1180		3
40	13,0	46	250	1230		4
50	17,0	58	300	1270	30	6
60	20,0	70				
75	25,0	86	1420	40		
100	33,0	116	400	1420	40	

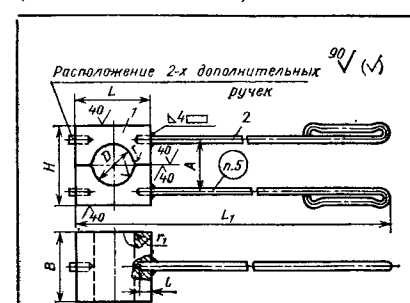
11. Обжимки круглые пружинные (по ГОСТ 11426—75*)



Размеры в мм

D	D ₁	d	H	B	L	L ₁	l	A	r	r ₁
8				40					4	
10	80		60	70	630		32			
12			50							
14	12						25			5
16			90						5	
18			80	750			40			
20			80	110						
22										
25	120									
28				90						
30		15								
32			90	120	100		45	7	10	
36						850				
38			100	130	110		50			
40										
45										
50			125	140	125	855				
55	150						30	60		
60				150	140	950				
65										
70	18	140		160				10	15	
75				160	180		70			

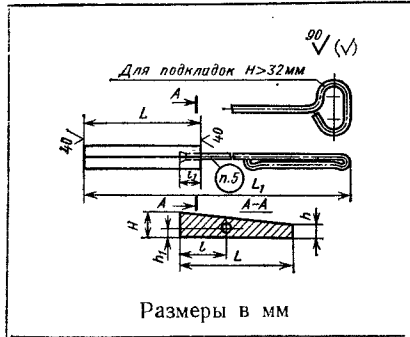
12. Обжимки круглые разъемные (по ГОСТ 11427—75*)



Размеры в мм

D	B	H	L	L ₁	l	A	r	r ₁
80						100	15	
85		160	170	1040				10
90		180	180	1050		120	16	
95	160				30	130	18	12
100		200	190					
105								
110		220	200	1170		140	20	
115								
120		240	220		40	160	22	14
125	170							
130								
135	180	260	220	1180	40	160	25	
140								
145					60		26	14
150	200	280	240		180			
160	220	300	260	1190				
170	250	320	280	1210	70			
180	280	340	300	1350		200	30	
200	300	360	320	1370				16

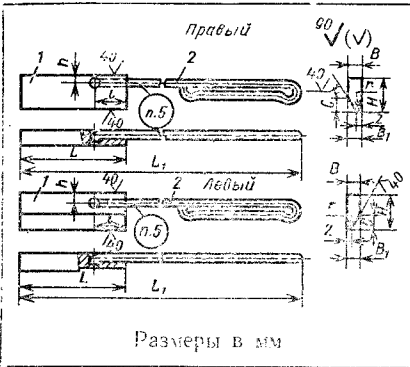
13. Подкладки клиновые (откосы)
(по ГОСТ 11428—75*)



Размеры в мм

H	h	h ₁	L	L ₁	l	l ₁
20	10	8	100	870	36	30
32	16	10	125	895	40	50
40	20	16	140	1110	50	
55	32	20	160	1230	60	50
80	40	32	220	1170	85	
105	50	40	260	1210	120	

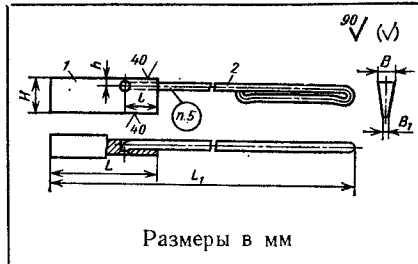
15. Топоры односторонние
(по ГОСТ 11430—75*)



Размеры в мм

B	B ₁	L	L ₁	l	H	h	C	r
18	14	100	950		36	12	12	10
20	16	160	900	30	50	15	18	16
25	18	180			75	17	20	18
32	20	200	1100	50	100	18	25	20

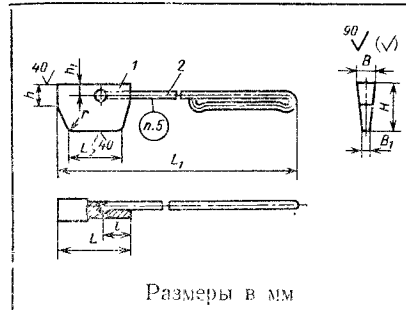
14. Топоры двусторонние
(по ГОСТ 11429—75*)



Размеры в мм

B	B ₁	L	L ₁	l	H	h	
18	6	100	950	30	36	12	
20	7	160	1000		50	50	16
25	9	180	1000		50	75	18
32	14	200	1200	50	100	18	
36	14	250	1200		125	20	25
40	16	280	1300	80	150	25	
45	18	320			180	32	
50	18	360	1350	200			

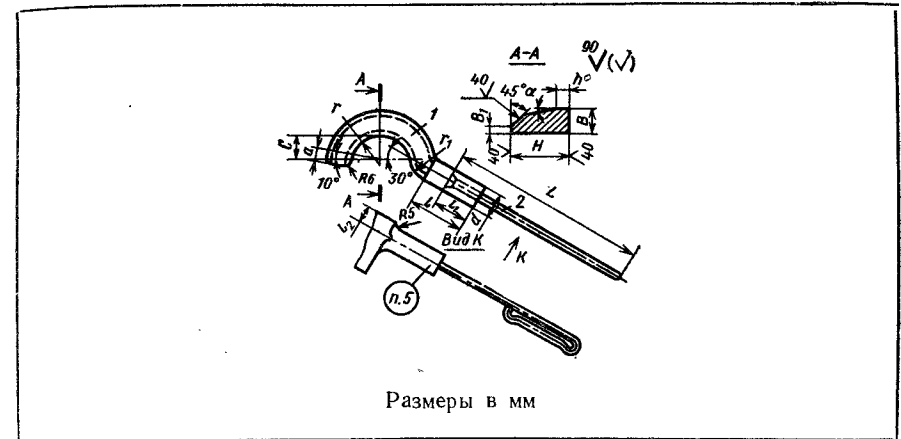
16. Топоры трапециевидные
(по ГОСТ 11431—75*)



Размеры в мм

H	b	B ₁	L	L ₁	L ₂	l	h	h ₁	r
80	20	8	125	835	90	50	32	16	10
110	25	12	180	1035	125		36	20	
140	32	16	220	1182	140	80	45	25	
200	36	20	280	1300	160		70	36	16

17. Топоры полукруглые (по ГОСТ 11432—75*)



Размеры в мм

r	r ₁	H	h	B	B ₁	L	l	l ₁	l ₂	d	a	C	α, градусы
16	32	32	10	16	3	900	50	30	13	16	10	12	10
20	36	40		14	18				18	16			
25	40	50	12	20	15	20	12	20	25				
32	40	50	14	20	16	22	32						
36	45	60	22	5	16	22	32						
40	50	70	16	24	17	24	16	40					
50	50	70	26	6	18	26	40						
65	60	80	30	8	20	30	20	45					
75	90	18	8	20	30	20	45						
80	65	32	1000	21	32	25	45						
100	70	100	20	34	10	22	34	32	50				
160	140	125	24	38	12	80	50	24	38	40	55	5	
180	160	140	26	40		25	40	45	65				

18. Обсечки (по ГОСТ 11433—75*)

Для обсечек H>32мм

Размеры в мм

H	B	L	L ₁	l
20	18	160	985	25
25	20	200	1150	
32	25	250	1100	
36	32	320	1360	80
40		360	1400	
50	40	400	1440	
60		450	1490	
70		500	1540	
80	60	560	1160	
90	70		1520	
100	80	630	1590	
		710	1670	

19. Клещи продольно-поперечные плоские (по ГОСТ 11384—75*)

Размеры в мм

H	H ₁	L	B	l
12	50	630	20	70
16	55		20	90
20	60	710	25	110
32	70	800	28	160

20. Клещи с плоскими губками (по ГОСТ 11385—75*)

Размеры в мм

H	H ₁	B	L	l
3	20	16	340	40
5	32	20	450	60
10				
20	36	25	500	
30			560	70
45			600	80
60	40	32	630	90
75	45		40	670
90		710	110	

21. Клещи поперечные с круглыми губками (по ГОСТ 11386—75*)

Размеры в мм

H	H ₁	B	L	D
25	70	12	710	50
32	80			75
50	90			100
60	100	25	800	125
75	110	32	900	150
90	120			175
110	130	36	950	200
125	140			250

22. Клещи поперечные с полукруглыми губками (по ГОСТ 11387—75*)

Размеры в мм

B	L	H	H ₁	D
12	320	6	16	10
16			20	12
18	360	10	25	14
20	450		28	16
24	500	12	30	18
26	560		34	20
30	16	16	40	25

23. Клещи поперечные с квадратными губками (по ГОСТ 11388—75*)

Размеры в мм

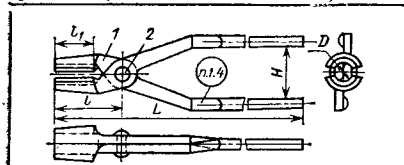
H	H ₁	B	L	B ₁
40	80	18	800	70
50	90	20	900	100
80	100	24	1000	140
100	120	25	1250	180

24. Клещи выгнутые (по ГОСТ 11389—75*)

Размеры в мм

H	H ₁	a	L	D	l	A
50	60	40	1000	75	140	55
60		40	1120	100	180	70
80	70	40	1180	125	220	85
100		50	1250	150	280	100
110	80	60	1320	175	320	110
125		60	1400	200	360	125
140		65	1500	225	400	140
155		75	1600	250	450	150

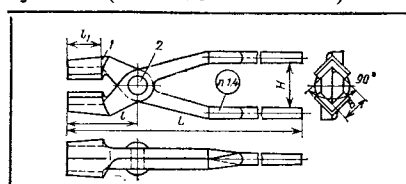
25. Клещи продольные с круглыми губками (по ГОСТ 11390—75*)



Размеры в мм

D	L	H	l	l ₁
10	530	50	70	35
15	560			
20	600	55	85	45
30	630			
40	670	60	90	50
50	710		95	
60		70	100	
75	750	80	125	60
90	800	85	140	75
100		90		80
125	850	100	160	85
140	900		180	

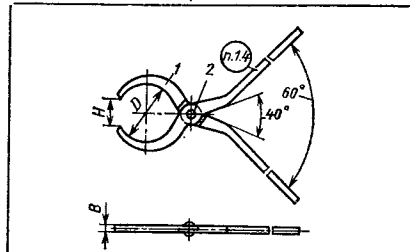
26. Клещи продольные с квадратными губками (по ГОСТ 11391—75*)



Размеры в мм

B	L	H	l	l ₁
25	630	40	80	40
30		50		
40	710	60	100	50
50		70		
60	800	75	125	60
70		80		
80	850	90	140	70
100		100		
125	900	110	180	100
150		1000		

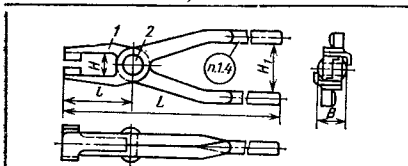
28. Клещи вспомогательные для заготовок цилиндрических (по ГОСТ 11393—75*)



Размеры в мм

D	B	H
100	12	50
125		60
150		80
175		90
200		100
220	18	110
250	20	125
300		

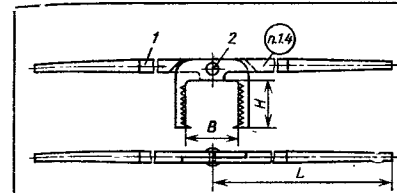
27. Клещи продольные с прямоугольными губками (по ГОСТ 11392—75*)



Размеры в мм

B	H	H ₁	L	l
25	25	50	560	80
30	28	60	630	90
40	38		710	100
50	46	750	110	
60	52	70	800	125
80	65	90	850	140
100	75	100	900	160
125	115	120	950	200
150	125	130	1000	220

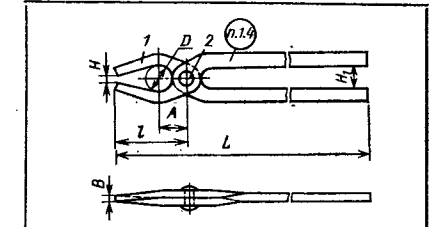
29. Клещи вспомогательные для заготовок прямоугольных (по ГОСТ 11394—75*)



Размеры в мм

B	L	H
120	800	100
140		110
160	850	120
180		130
200		140
250		160
280	1060	170
300		1120

30. Клещи вспомогательные (по ГОСТ 11395—75*)

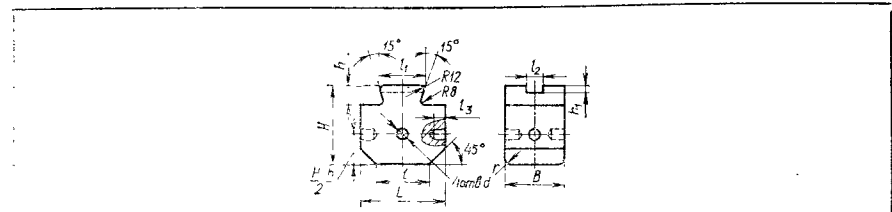


Размеры в мм

H	H ₁	B	L	D	l	A
6	25	4	630	30	80	30,0
10				40		36,0
16	32	6	750	50	110	43,0
				7		60
20	32	8	800	70	125	57,5
25				80		65,0
32	36	10	850	90	140	72,5
36				40		100

Инструмент и приспособления для ковки на прессах (табл. 31—53)

31. Наставки верхнего бойка



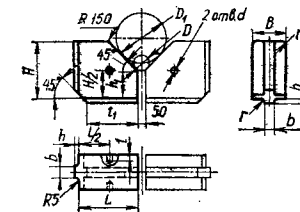
Размеры в мм

Модель пресса, МН	L	B	d	H	l	h ₁	l ₁	l ₂	l ₃	r	
8	450	320	50	400	93	40	340	255	60	60	20
		350									
12,5	500	400					450				
	560										

Продолжение табл. 31

Усилие пресса, МН	L	B	d	H	h	h ₁	l	l ₁	l ₂	l ₃	r														
12,5	630 710	400	50	500			560	370	70	70	30														
	800 560																								
	630 710																								
	800																								
20	1000 1250 1600	400					500	108	50	98	40	1120 1320	370												
	800 1000 1250 1600																								
	32	800 1000 1250 1600														630	1500	710	900	1120	1500	450	80	100	50
		800 1000 1250 1600																							
800 1000 1250 1600																									
800 1000 1250 1600																									
50		800 1000 1250 1600	710	80	600	123	60	670 850 1060 1500	450 700	150	150	75													
		800 1000 1250 1600																							
		800 1000 1250 1600																							
		800 1000 1250 1600																							

32. Вкладыши вырезные нижнего бойка



Размеры в мм

Усилие пресса, МН	L	D	B	b	D ₁	d	H	h	h ₁	l	l ₁	r
8	535	140 220	320		450 530		560		400 270			
		140 220										
12,5	600	200 370 350	400	90	500 700 1050	50	600	30	320 200 190	100		50
		200 370 350										
20	675	200 300 400	400		600 900 1100				400 290 180			
		200 300 400										
32	775	300 360 800	500		750 1100 1400				180 110 60			
		300 360 800										
50	775	300 360 800 300 500 600	710	100	750 1100 1400 900 1350 1600	60	710	40	180 110 60 430 210 90	120	675	70
		300 360 800 300 500 600										

33. Плиты низкие круглые для осадки и прошивки

Усилие пресса, МН	Масса плиты в сборе, кг	d, мм	Масса вкладыша, кг
20	12 000	315	1320
32		395	1390
		495	1500
		620	1670

Примечание. 1 — плита; 2 — вкладыш сменный; 3 — кольцо сменное

34. Плиты верхние плоские

Усилие пресса, МН	D, мм	H, мм	α , °	Масса, кг
20	1400	320	25	3960
32	1600	400	20	6410

Примечание. 1 — плита; 2 — штырь транспортный.

35. Плиты нижние литые высокие

Усилие пресса, МН	d	H	D	D ₁	l	r сфера	Масса, кг
8	250	630	900	800		770	2 780
12,5	320	710	1120	1000	170	1350	4 830
20	400	800	1400	1250	200	1490	8 640
32	500		1800	1600	240	2400	13 930
50	630	1000					16 720

Размеры в мм

36. Плиты нижние кованные высокие

Усилие пресса, МН	Масса, кг
23 50	32 920

37. Плиты нижние кованные низкие

Усилие пресса, МН	d	A	D сфера	H	h	D ₁	R сфера	Масса, кг
20	400	720	1600	360	180	1400	1900	4 700
32	500	900	2000	500	250	1800	3540	11 500
50	630	1020	2500	710	360	2240	4400	24 900

Размеры в мм

38. Плиты верхние литые

Усилие пресса, МН	D	D ₁	H	r сфера	α , градусы	Масса, кг
20	1250	1120	320	2200	30	2870
32	1400	1320	400	2700	25	4570
50	1600	1500		3200	20	6000

Размеры в мм

Примечание. 1 — плита; 2 — штырь транспортный.

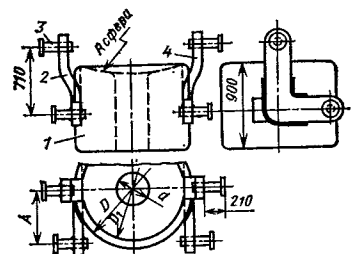
39. Плиты верхние кованные

Усилие пресса, МН	D сфера	D ₁	r сфера	Масса, кг
32	2000	1700	3070	13 000
50	2500	2240	4392	20 050

Размеры в мм

Примечание. 1 — плита; 2 — штырь транспортный.

40. Плиты нижние для осадки и кантовки слитков

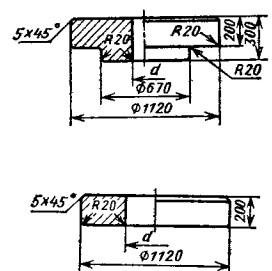


Усилие пресса, МН	d	D	D_1	A	R сфера	Масса, кг
20	320	1250	1120	560	2200	8 470
32	400	1400	1320	700	2700	10 220

Размеры в мм

Примечание. 1 — плита; 2 — коромысло левое; 3 — цапфа; 4 — коромысло правое.

41. Кольца сменные для круглых и квадратных осадочно-прошивочных плит



d , мм	Масса, кг	Вид плит
160	1780	Квадратные
200	1750	
250	1700	
320	1420	Круглые и квадратные
400	1350	
500	1240	
630	1060	

42. Пережимки круглые (см. эскиз к табл. 8)

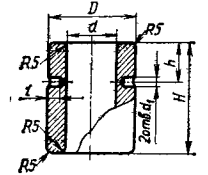
Размеры в мм

D	L	$\approx L_1$	l
55	630	3500	80
60	710	3600	
70	800	3800	
80	900	4300	100
90	1000	4400	120
100	1120	5000	
110	1250	5600	

43. Пережимки треугольные (см. эскиз к табл. 9)

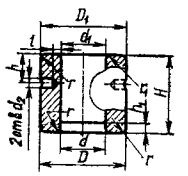
Размеры в мм

B	L	$\approx L_1$	l
125	800	3700	140
160	900	4300	
200	1000	4850	180
250	1120	5450	
320	1250	5950	
400		6050	

45. Надставки пустотелые (D св. 350 мм)


Размеры в мм

D	H	h	d	d_1	l
360	250	100	220	25	50
	400	150	250		
400	250	100	280	32	60
	320	150	300		
500	250	100	320	32	60
	320	150	360		
630	320	125	380	80	50
	630	150	400		

44. Прошивки пустотелые (D св. 350 мм)


Размеры в мм

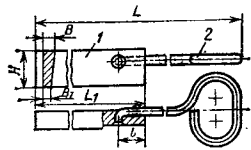
D	H	D_1	d	d_1	d_2	h	h_1	l	r
400	320	380	200	210	30	100	40	60	15
500		480	250	260				50	
630	400	610	320	330	40	150	60	100	20
710		690	360	370				80	

46. Топоры двусторонние (см. эскиз к табл. 14)

Размеры в мм

H	L	B	B_1	$\approx L_1$	l
200	400	50	32	2600	100
				2700	
				2800	
				3000	
250	630	80	1250	3630	140
				3830	
				4250	
320	500	60	40	3400	120
				3800	
	630			4000	
				1250	
400	630	80	50	4100	140
				4300	
450	1000			4500	
				1250	

17. Топоры односторонние



Размеры в мм

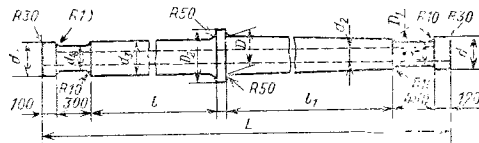
H	L	≈L ₁	B	B ₁	l
100	400	2400	45	32	60
110	500	2500	50	36	80
	630	2600			
	800	2800			

19. Обсечки (см. эскиз к табл. 18)

Размеры в мм

B	H	L	≈L ₁
50	125	800	4300
60		1000	4500
70		3700	
60	160	1250	5250
80		3750	
90	180	1000	4350
100	200	1250	4690

51. Оправки удлиненные для вытяжки поковок



Размеры в мм

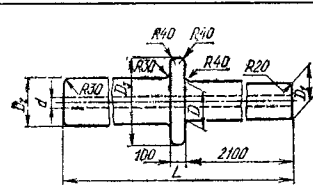
D	L	D ₁	D ₂	d	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	l	l ₁
220	8500	160	320	190	140	90	220	200	1400	6000
250		190	380	220	180	100	250	230		
280		220	450	280	220					

48. Топоры двусторонние трапециевидальные (см. эскиз к табл. 16)

Размеры в мм

H	L	≈L ₁	B	B ₁
160	320	3150	45	25
200	400	4000	50	32
250	500			

50. Оправки для вытяжки поковок



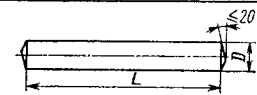
Размеры в мм

D	L	D ₁	D ₂	D _n	d
320	3150	279		600	100
400		379	400	710	
500		479	500	800	140

Продолжение табл. 51

D	L	D ₁	D ₂	d	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	l	l ₁
320	8500	260	450	300	240	110	280	250	1400	6000
360	9000	300	530	340	280		300	280	1920	5000
400		340	560	400	340					
450		390	600	420	370					
500	8000	450	670	480	420	120	360	340	1620	4000
560		510	750	560	480		380	360		
630		580	800	600	560		400	380		
710		660	850	670	640					
800	6700	760	950	790	740	400	380	1620	4000	
900		860	1060	880	840					

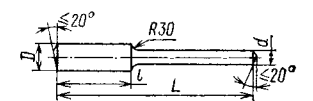
52. Оправки для раскатки



Размеры в мм

D	L	D	L
200	1250	500	3150
250	1600	630	4000
	2000		5000
320	2500	800	6300
400		1000	8000

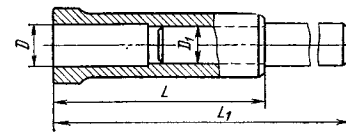
53. Оправки одноступенчатые для раскатки



Размеры в мм

D	L	d	l	D	L	d	l
200	1250	125	630	500	3150	320	1600
250	1600	160	800	630	4000	400	
320	2000	200	1000	800	5000	500	2000
400	2500	250	1250				

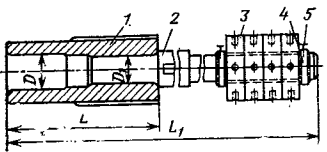
54. Патроны для ковки слитков массой до 40 т



Размеры в мм

Масса слитка, т	Диаметр хвостовика слитка	D	L ₁	D ₁	L	Масса, кг
6	300	320	7 180	300	2000	8 510
13	380	400	9 620	380	2240	14 110
25	480	500	10 250	450	2500	23 110
40	600	630	11 480	480	2800	27 470

55. Патроны дляковки слитков массой св. 40 т

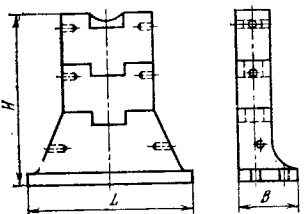


Масса слитка, т	Диаметр хвостовика слитка	D	L ₁	D ₁	L	Масса, кг
100	750	800	12 050	710	3350	77 500
160	950	1000	15 050	800	3350	111 360

Размеры в мм

Примечание: 1 — головка; 2 — штанга; 3 — противовес; 4 — кольцо; 5 — болт стопорный.

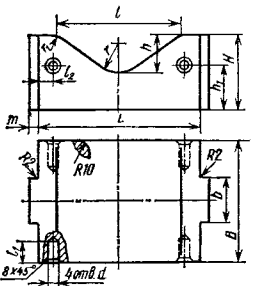
56. Стойки для раскатки



Усилие пресса, МН	H	B	L
20	1400	450	1400
	1700	710	1800
32	2000	800	2120
	2360		2240
50	2500	900	2650
100	3500	1150	3500

Размеры в мм

57. Вкладыши



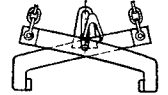
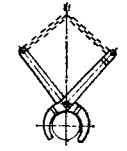
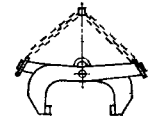
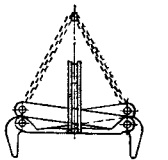
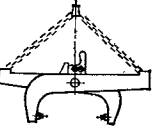
H	B	b	d	h	h ₁	L	l	l ₁	l ₂	m	r	r ₁
180	300	120	25	70	100	335	270	60	50	20	80	40
250			50	150	120	595	500	70	80			150
300				180	150							80
320	400	150	60		160	695	600	80	90	40	180	
340				200	200	795	700		100		200	100

Размеры в мм

58. Сталь для инструмента

Инструмент	Марка стали
Бойки цельные, сменные надставки и вкладыши к бойкам	50, 50Г, 40ХН, 5ХНВ, 5ХГМ
Плиты для осадки: кованные литые	Ст 3, 35, 35Л
Топоры, просечки	35ХМ, 5ХНВ, 7ХЗ, 8ХЗ, 5ХГМ, 5ХНМ
Прошивки сплошные и пустотелые	40Х, 50Х, 5ХНВ, 5ХГМ
Надставки к прошивкам	40, 50, 50Х
Пережимки, раскатки, подкладки	40, 45, 40Х
Обжимки	40, 45, 50, У7, 40Х
Оправки: для раскатки и вытяжки калибровочные	35, 40, 50, 40ХН, 5ХГМ, 50, 50Х, 5ХГМ
Кольца: оправочные для осадки	50, 35, 50, 5ХГМ
Ручки к топорам и другому инструменту	Ст 3, 15, 20
Клещи	15, 20, 25, Ст 3
Патроны: головки противовес	35, Ст 3, Ст 3
Стойки для раскатки: основание и подставка вкладыши	35, 5ХНВ

59. Типы захватных приспособлений для транспортирования заготовок и слитков

Приспособления	Область применения
Клещи зажимные полуавтоматические 	Захват и транспортирование невысоких поковок
Клещи охватывающие 	Захват и транспортирование поковок и слитков
Клещи зажимные: для легких поковок 	Захват и транспортирование поковок любой формы
для тяжелых поковок 	
Клещи зажимные с кернами и защелкой 	Захват и транспортирование поковок любой формы и установка их в вертикальное положение

2. КОВОЧНЫЕ ОПЕРАЦИИ

Осадкой называют формоизменяющую операцию, в процессе которой производится уменьшение высоты заготовки при увеличении площади ее поперечного сечения.

Осадку применяют, когда необходимо: получить поковку или участок ее с поперечным сечением большим, чем сечение заготовки или слитка; увеличить уковку; уменьшить анизотропию механических свойств и улучшить эти свойства в осевом и поперечных направлениях поковки; более равномерно распределить и измельчить карбиды в сталях карбидного класса; зрывать торцевые поверхности заготовки и увеличить поперечное сечение перед прошивкой.

При использовании операции осадки для увеличения уковки и уменьшения анизотропии механических свойств следует учитывать, что уковка положительно влияет до известного предела, улучшение механических свойств в поперечных направлениях приводит к снижению их в осевом направлении.

Неравномерность нагрева способствует в процессе осадки искривлению продольной оси и смещению ликвационных зон. Слитки с подкорковыми дефектами надо предварительно подвергать обжигу, чтобы предотвратить вскрытие дефектов в процессе осадки.

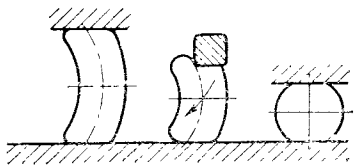


Рис. 1. Исправление прогиба при осадке коротких заготовок

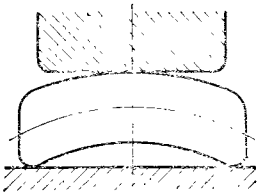


Рис. 2. Предварительное исправление прогиба при осадке длинных заготовок

Степень деформации (%) при осадке

$$\varepsilon = \frac{H_{\text{заг}} - H_1}{H_{\text{заг}}} 100,$$

где $H_{\text{заг}}$ и H_1 — соответственно исходная и конечная высоты заготовки.

В обычных условиях осадки в результате неравномерности деформации заготовка приобретает бочкообразную форму. Повышению равномерности осадки способствуют: уменьшение трения на поверхности контакта металла с инструментом путем повышения качества его обработки и применения (при осадке на прессе) смазочных материалов; использование нагретых прокладок толщиной 15–20 мм между инструментом и торцами заготовки из низкоуглеродистой стали; применение плоских выточек для удержания смазочных материалов на торцах заготовки глубиной 1–3 мм при ширине 1–2 мм.

В качестве смазочных материалов применяют сухие древесные опилки, графит с машинным маслом, водный раствор коллоидного графита (5–10%) и жидкого стекла (15–20%) и др.

Во избежание продольного изгиба (искривления) не рекомендуется осадка заготовок с отношением высоты к диаметру или к меньшей стороне сечения больше 2,5. В случае изгиба заготовку необходимо сразу же выправить одним из двух способов (рис. 1 и 2). Первый заключается в нажатии на искривленную заготовку по контактной поверхности со стороны, противоположной вогнутости (см. рис. 1), в результате чего она исчезает. После устранения искривления контактную площадь, по которой прикладывается нагрузка, увеличивают осадкой до полного перекрытия всего торца. Искривление очень длинных заготовок из высокопластичных материалов исправляют вначале вторым способом (рис. 2), а затем первым способом.

Разновидности осадки. *Осадка заготовок или слитков без хвостовика* (выступа) для получения поковки типа дисков или под последующую прошивку.

Осадка заготовок или слитков с хвостовиком для получения поковки с

местным утолщением (высадка) или как предварительная операция перед последующей вытяжкой. В качестве инструмента применяют плоские или вогнутые плиты, причём в нижней плите есть отверстие для хвостовика.

Осадка (высадка) в подкладных кольцах для получения поковки типа фланцев и дисков с одним или двумя выступами. Отверстия в кольцах выполняют обычно с уклоном до 7° к высаживаемой части в зависимости от сложности извлечения поковки из колец. При высадке средней части заготовки с применением двух колец уклон по внутреннему отверстию одного кольца обязателен.

Выбор молота. Массу падающих частей молота, необходимого для осадки заготовки круглого или квадратного сечения, можно определить по формуле

$$G = 0,17 \left(1 + 0,17 \frac{D_{\text{пок}}}{H_{\text{пок}}} \right) \sigma_T \varepsilon_K V_{\text{заг}}, \quad (1)$$

где $D_{\text{пок}}$ и $H_{\text{пок}}$ — соответственно диаметр и высота заготовки после осадки, мм; σ_T — напряжение течения металла при температуре осадки, приближенно равное пределу прочности при той же температуре, МПа; ε_K — степень деформации за последний удар ($\varepsilon_K = 0,025$ — для крупных, $\varepsilon_K = 0,060$ — для мелких поковок); $V_{\text{заг}}$ — объем заготовки, см³.

На рис. 3 приведена диаграмма для выбора массы падающих частей молота при ковке с осадкой поковки зубчатых колес (без помощи манипулятора).

Пример. Определить массу падающих частей молота для осадки заготовки из стали ($\sigma_B = 600$ МПа) с исходными размерами $D_{\text{заг}} = 160$ мм, $H_{\text{заг}} = 300$ мм до высоты $H_{\text{пок}} = 100$ мм. Предел прочности стали $\sigma_B = 22$ МПа; при температуре заготовки 1200 °С принимаем $\varepsilon_K = 0,63$.

1. Средний диаметр после осадки

$$D_{\text{пок}} = D_{\text{заг}} \sqrt{\frac{H_{\text{заг}}}{H_{\text{пок}}}} = 160 \sqrt{\frac{300}{100}} = 277 \text{ мм.}$$

2. Объем заготовки

$$V_{\text{заг}} = \frac{\pi D_{\text{заг}}^2 H_{\text{заг}}}{4} = \frac{3,14 \cdot 160^2 \cdot 300}{4} = 6050 \text{ см}^3.$$

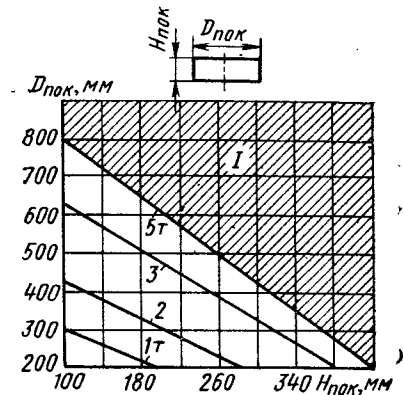


Рис. 3. Диаграмма для выбора массы падающих частей молота дляковки поковки типа зубчатых колес:

I — зона геометрических размеров поковки, изготавливаемых на гидравлических прессах; 1Г–5Г — масса падающих частей молота

3. Масса падающих частей молота

$$G = 0,17 \left(1 + 0,17 \frac{277}{100} \right) 22 \cdot 0,63 \cdot 6050 \approx 1000 \text{ кг.}$$

Выбор прессы. Усилие прессы, необходимое для осадки заготовки круглого и квадратного сечения, можно определить по формуле

$$P = \psi \left(1 + 0,17 \frac{D_{\text{пок}}}{H_{\text{пок}}} \right) \sigma_T F \cdot 10^{-6},$$

где ψ — масштабный коэффициент; F — площадь поперечного сечения поковки после осадки, мм²; остальные обозначения см. в (1).

Пример. Определить усилие прессы, необходимое для осадки заготовки из стали ($\sigma_B = 600$ МПа) с исходными размерами $D_{\text{заг}} = 740$ мм, $H_{\text{заг}} = 1200$ мм до высоты $H_{\text{пок}} = 600$ мм.

Предел прочности стали при температуре осадки $\sigma_B = \sigma_T = 22$ МПа. Принимаем коэффициент $\psi = 0,75$.

1. Средний диаметр после осадки

$$D_{\text{пок}} = D_{\text{заг}} \sqrt{\frac{H_{\text{заг}}}{H_{\text{пок}}}} = 740 \sqrt{\frac{1200}{600}} = 1045 \text{ мм.}$$

2. Площадь поперечного сечения поковки после осадки

$$F = \frac{\pi D_{\text{пок}}^2}{4} = \frac{3,14 (1045)^2}{4} = 860000 \text{ мм}^2.$$

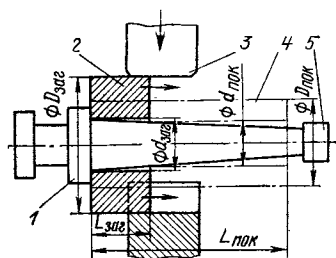


Рис. 4. Схема протяжки с оправкой:
1 — бурт оправки; 2 — заготовка; 3 — боек; 4 — поковка; 5 — оправка

8. Усилие пресса

$$P = 0,75 \left(1 + 0,17 \frac{1045}{600} \right) 22 \cdot 860 \cdot 000 \cdot 10^{-6} \approx 18,4 \text{ МН,}$$

т. е. необходим пресс усилием 20 МН.

Протяжкой называют формозменяющую операцию, в процессе которой производится удлинение заготовки или ее части за счет уменьшения площади поперечного сечения. Протяжка способствует устранению внутренних дефектов (пустот) и улучшает механические свойства металла в осевом направлении заготовки.

Для обеспечения при протяжке более равномерной деформации по сечению и длине, а также для более полного устранения внутренних дефектов (пустот) необходимо соблюдать следующие условия.

Относительную подачу надо принимать в пределах $0,5 < l/h < 1$, где l — подача; h — размер сечения в направлении приложения усилия.

Границы подачи следует смещать после каждого прохода. Более благоприятной является протяжка с последующим обжимом по всей длине перед кантовкой.

Ковку участками — поясами — при обычной конструкции бойков (с параллельными рабочими поверхностями) следует допускать только в технологически неизбежных случаях (например, при протяжке полых поволоков с оправками) или при получении коротких участков.

Следует осуществлять максимально возможные обжимы, допускаемые пластичностью металла при данной схеме напряженного состояния. Исключение составляет первоначальная протяжка слитков, когда рекомендуются обжи-

мы в пределах 20—60 мм на размер. При большей величине обжима могут вскрыться подкорковые пузыри, в результате чего на поковке окажутся поверхностные дефекты.

При отсутствии в слитках подкорковых дефектов данная предосторожность излишня.

Пластические свойства углеродистой и среднелегированной конструкционных сталей практически не ограничивают степень деформации.

Протяжка производится на плоских, вырезных и комбинированных бойках (верхний — плоский, нижний — вырезной). Производительность протяжки на вырезных бойках на 20—40 % выше, чем на плоских.

Разновидности протяжки. Протяжкой с оправкой получают полые заготовки типа цилиндров, толстостенных труб, втулок и т. д. Поковки могут быть гладкими (рис. 4) или с уступами. Длина заготовки $L_{заг}$ увеличивается до длины поковки $L_{пок}$, и площадь поперечного сечения заготовки уменьшается в данном случае практически только за счет уменьшения наружного диаметра полой заготовки $D_{заг}$. Внутренний диаметр заготовки $d_{заг}$ остается практически постоянным ($d_{заг} = d_{пок}$). Для облегчения съема поковки с оправки последнюю выполняют конической (конусность 1 : 100—1 : 150). Для повышения стойкости внутри оправки сверлят отверстие, по которому подают охлаждающую жидкость. Оправку перед протяжкой вводят в нагретую заготовку, диаметр отверстия в которой должен быть больше диаметра оправки. Ковку начинают с конца заготовки, обращенного к меньшему диаметру оправки. При этом в процессе ковки заготовка перемещается

в сторону бурта оправки до упора в него. Вначале куют концевой пояс с одной стороны заготовки, а потом со стороны заготовки, обращенной к бурту оправки. Концевые пояса куют в первую очередь потому, что металл по краям заготовки остывает быстрее. Затем поковку куют в направлении от ее края, противоположного бурту оправки, к бурту оправки. В этом случае металл течет вдоль оси заготовки в одном направлении — от бурта оправки к ее концу. Так как диаметр конца оправки немного меньше

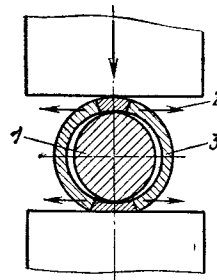


Рис. 5. Протяжка с оправкой на плоских бойках

диаметра у бурта, то между поковкой и оправкой образуется очень малый зазор, за счет которого усилие съема поковки с оправки уменьшается. Оправку необходимо извлекать из поковки сразу же после окончания ковки.

При протяжке с оправкой используют вырезные бойки; при протяжке высокопластичного материала применяют вырезной (нижний) и плоский (верхний) бойки. При протяжке с оправкой с использованием двух плоских бойков (рис. 5) искажается форма отверстия поволоки 3 (оно становится овальным), а внутренний диаметр его будет больше диаметра оправки 1 (2 — направление течения металла).

Уковка при протяжке с оправкой

$$y = \frac{F_{заг}}{F_k} = \frac{D_{заг}^2 - d^2}{D_{пок}^2 - d_{пок}^2} = \frac{\delta_{заг} D_{заг, ср}}{\delta_{пок} D_{пок, ср}} = \frac{L_{пок}}{L_{заг}},$$

где $\delta_{заг}$, $\delta_{пок}$ — соответственно толщина стенки заготовки и поковки; $D_{оср}$, $D_{пок, ср}$ — соответственно средний диаметр заготовки и поковки.

Раскаткой на оправке (рис. 6) получают относительно короткие тонкостенные поковки типа колец, обечаек, бандажей и т. д. При раскатке на оправке увеличиваются внутренний и наружный диаметры заготовки, а также незначительно высота за счет уменьшения толщины стенки исходной заготовки. В этом случае раскатка идет вдоль касательных к среднему диаметру заготовки (увеличивается длина заготовки по среднему диаметру).

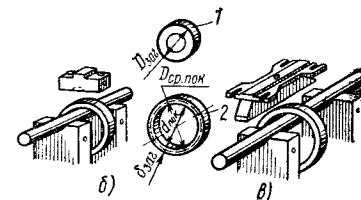
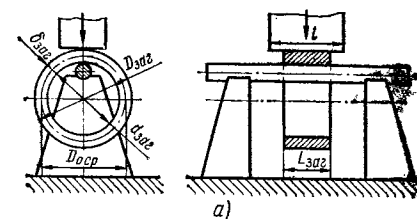


Рис. 6. Раскатка на оправке:

а — схема; б — обычным бойком; в — бойком-лягушкой

В качестве инструмента используют плоский боек (рис. 6, б) или при работе на прессах узкий боек-лягушку и цилиндрическую оправку. При раскатке в заготовке 1 выполняют отверстие, а длина бойка 1 (рис. 6, а) должна быть больше высоты поковки 2. Обычно диаметр оправки вначале раскатки $d_{опр} = (0,85 + 0,95) d_{заг}$. После подгрева поковки диаметр оправки увеличивают.

После каждого нажатия происходит обратная подача заготовки путем поворота оправки в опорах подставки. Относительный обжим при раскатке

$$\epsilon_n = \frac{\delta_{заг} - \delta_{пок}}{\delta_{заг}};$$

уковка при раскатке

$$y = \frac{F_{заг}}{F_k} = \frac{\delta_{заг} L_{заг}}{\delta_{пок} L_{пок}} = \frac{D_{ср, пок}}{D_{заг, ср}},$$

при этом $L_{заг}/L_{пок} \approx 1$, $y \approx \delta_{заг}/\delta_{пок}$. Получаемые величины будут немного завышены. Раскатку на оправке рассчитывают с помощью специальных таблиц, диаграмм (рис. 7) и формул для протяжки на плоских бойках.

Пример. Определить высоту заготовки под раскатку для поковки с размерами (см. рис. 7): $D_{пок} = 982$ мм, $d_{пок} = 822$ мм, $H_{пок} = 200$ мм, диаметр прошиваемого отверстия $d_{заг} = 200$ мм.

Требуемая высота заготовки перед раскаткой (с учетом отходов, выражен-

60. Ориентировочные значения коэффициента уширения K при раскатке кольцевых поковок на гидравлических прессах

Наружный диаметр D , мм	Высота поковок $H_{пок}$, мм										
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
До 1500	0,70	0,82	0,90	0,93	0,95	0,95	0,95	—	—	—	—
1501—2000	0,60	0,70	0,80	0,85	0,88	0,90	0,92	0,93	0,94	—	—
2001—3000	—	—	—	0,70	0,80	0,85	0,90	0,92	0,93	0,93	0,95

Примечание. Высота заготовки $H_{заг} = KH_{пок}$.

ных через коэффициент 1,05) $H_{заг} = 1,05 KH_{пок}$.

Коэффициент уширения K по диаграмме на рис. 7 для $\frac{d_{пок}}{d_{заг}} = \frac{822}{200} = 4,1$ и

$\frac{H_{пок}}{D_{пок}} = \frac{200}{982} (< 0,3)$ равен 0,77. Тогда $H_{заг} = 1,05 \cdot 0,77 \cdot 200 = 162$ мм.

При раскатке на прессах приближенно определить уширение — коэффициент K — можно по табл. 60.

Выбор молота. Масса падающих частей молота для протяжки

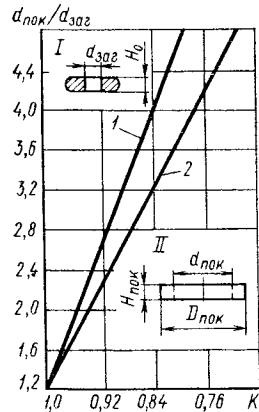


Рис. 7. Определение высоты заготовки перед раскаткой на молотах:

1 — $H_{пок}/D_{пок} > 0,3$; 2 — $H_{пок}/D_{пок} < 0,3$; I — эскиз заготовки перед раскаткой; II — эскиз поковки (K — коэффициент уширения)

может быть определена по формуле

$$G = 1,7v \left(1 + 0,17 \frac{l}{h_{заг}} \right) \times \sigma_T \epsilon h_{заг} b_{заг} l \cdot 10^{-1}, \quad (2)$$

где G — масса падающих частей, кг; v — коэффициент, учитывающий форму бойков (для плоских $v = 1,0$, для круглых вырезных $v = 1,25$); l — подача, см; $h_{заг}$, $b_{заг}$ — высота и ширина заготовки, см (при протяжке круглой заготовки в круглых вырезных бойках принимают $h_{заг} = b_{заг} = d_{заг}$; $d_{заг}$ — диаметр заготовки, см) σ_T — напряжение текучести при температуре вытяжки, приближенно равное пределу прочности σ_B при той же температуре МПа; ϵ — принимаемая степень деформации за один удар (выше критической для данной стали, но не более $\sim 0,3$).

Пример. Определить массу падающих частей молота для протяжки на плоских бойках ($v = 1$) заготовки из стали с $\sigma_B = 360$ МПа с размерами $h_{заг} = b_{заг} = 10$ см при подаче $l = 10$ см и степени деформации за один удар $\epsilon = 0,1$.

Предел прочности стали $\sigma_B = 36$ МПа при температуре 1100°C . Тогда

$$G = 1,7 \cdot 10 \left(1 + 0,17 \frac{10}{10} \right) 36 \cdot 0,1 \cdot 10 \cdot 10 \times 10^{-1} \approx 700 \text{ кг.}$$

Массу падающих частей молота для ковки протяжки, валов с уступами можно определить по диаграмме, приведенной на рис. 8.

В табл. 61 приведены данные для ориентировочного выбора массы падающих частей молота для протяжки конструкционной или в зависимости от размеров одного сляка.

61. Ориентировочная масса падающих частей ковочного молота для протяжки в зависимости от размеров сечения заготовки

Масса падающих частей, кг	Страна квадрата или диаметра исходной заготовки, мм, для молотов	
	паровоздушных	пневматических
150	—	40/110
250	—	60/140
400	—	75/160
500	80/180	80/180
750	95/200	—
1000	110/230	—
1500	125/260	—
2000	140/280	—
3000	165/330	—
4000	180/370	—
5000	200/400	—

Примечание. В числителе приведены минимальные значения стороны квадрата или диаметра заготовки, в знаменателе — максимальные.

Выбор пресса. Усилие пресса, необходимое для протяжки, может быть определено по формуле

$$P = v\psi \left(1 + 0,17 \frac{l}{h_{заг}} \right) \sigma_T b_{заг} l \cdot 10^{-5},$$

где ψ — масштабный коэффициент; l — подача, мм; $h_{заг}$, $b_{заг}$ — соответственно высота и ширина заготовки, мм при протяжке круглой заготовки в круглых вырезных бойках принимают $h_{заг} = b_{заг} = d_{заг}$, где $d_{заг}$ — диаметр заготовки, мм; остальные обозначения см. в (2).

Пример. Определить усилие пресса для протяжки на плоских бойках ($v = 1$) заготовки из стали с $\sigma_B = 600$ МПа с размерами $h_{заг} = b_{заг} = 800$ мм при подаче $l = 600$ мм. Предел прочности стали $\sigma_B = 60$ МПа при температуре 1000°C . Принимаем $\psi = 0,75$. Тогда

$$P = 1 \cdot 0,75 \left(1 + 0,17 \frac{600}{800} \right) 60 \cdot 800 \cdot 600 \times 10^{-5} = 11 \text{ МН.}$$

В табл. 62 приведены данные для ориентировочного выбора усилия пресса для протяжки конструкционной или в зависимости от размеров одного сляка.

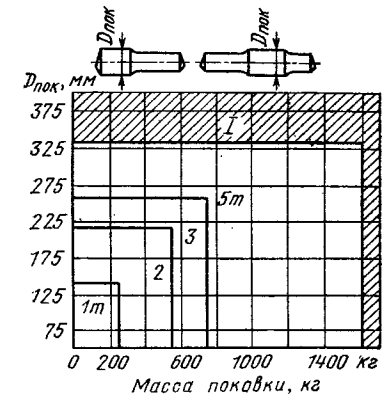


Рис. 8. Диаграмма для выбора массы падающих частей молота при ковке валов с уступами:

I — зона геометрических размеров поковки, изготавливаемых на гидравлических прессах; II — масса падающих частей молота

Передача — это смещение одной части заготовки относительно другой при сохранении параллельности осей или плоскостей частей заготовки.

Передача производится плоскими бойками в одной или двух плоскостях. Пережим металла делают обычно на глубину передачи. При передаче в одной плоскости (рис. 9, а) правую боковую грань верхнего бойка устанавливают в одной плоскости (линии передачи) с левой боковой гранью нижнего бойка. При передаче в двух плоскостях (рис. 9, б) после пережима металла левую боковую грань верхнего бойка ставят в одной плоскости с вертикальной стенкой верхнего пережима, а правую боковую поверхность нижнего бойка — в одной плоскости с вертикальной стенкой нижнего пережима. Свободный конец заготовки во время передачи необходимо поддерживать цепью края или опирать на подставки.

Прошивка — это получение полостей в заготовке за счет вытеснения материала. Для прошивки применяют прошивки (рис. 10 и 11) сплошные и пустотелые. Диаметр прошивки выбирают примерно равным 1/2—1/3 наружного диаметра заготовки. Прошивку заготовок можно производить с одной стороны без поворота на 180° , применяя кольца, аналогичные показанным на рис. 11 для полых прошивней.

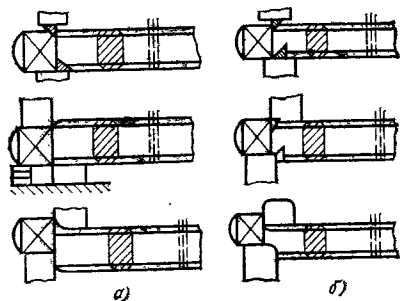


Рис. 9. Передача

a — в одной плоскости; *b* — в двух плоскостях

Перед прошивкой заготовку подвергают осадке, выравнивая торцы заготовки для точной установки прошивня.

При прошивке применяют смазочный материал, чаще смесь графита с мазутом или с машинным маслом, а также толченый уголь, порошкообразный графит или смесь графита с коксом. Для нанесения смазочного материала прошивень вдавливает в металл на глубину 10—30 мм и приподнимает. В образовавшееся углубление помещают смазочный материал и затем производят дальнейшее вдавливание прошивня. Применять смазочный материал следует осторожно, так как при его горении образуются газы, стремящиеся вытолкнуть прошивень из металла.

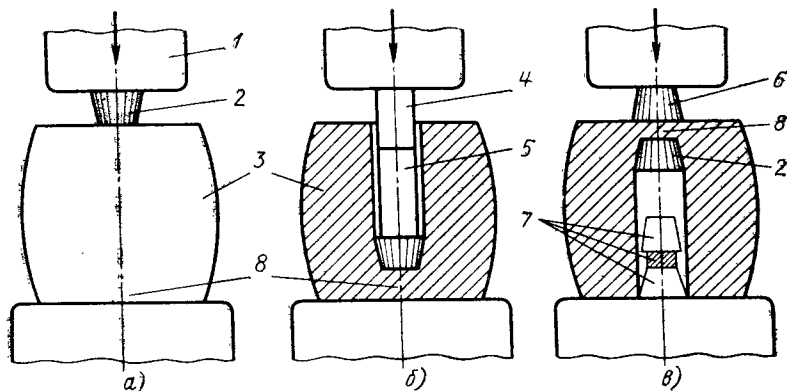


Рис. 10. Схема прошивки без подкладного кольца:

a—*c* — этапы прошивки; 1 — верхний боек; 2 — сплошной прошивень; 3 — заготовка; 4 и 5 — надставки; 6 — прорезной прошивень; 7 — прошивень и отход металла после прошивки; 8 — прибыльная сторона слитка

62. Ориентировочное усилие пресса для протяжки в зависимости от размеров слитка

Усилие пресса, МН	Диаметр исходного слитка, мм		Усилие пресса, МН	Диаметр исходного слитка, мм	
	мини-малый	максим.-малый		мини-малый	максим.-малый
5	200	550	32	1000	1600
8	300	800	40	1200	1900
10	400	900	50	1400	2100
12,5	500	1000	60	1600	2300
16	600	1150	80	1900	2600
20	700	1300	100	2100	2800
25	850	1500			

Поэтому верхний боек не следует поднимать над прошивнем выше расстояния, на которое он углубляется в заготовку.

При высоте заготовки, большей высоты прошивня, используют надставки.

Усилие при прошивке сплошным прошивнем

$$P = \frac{\pi d^2}{4} \sigma_{\text{в}} \left(1 + \frac{\mu d}{3h} + \beta \ln \frac{D}{d} \right).$$

где d — диаметр прошивня; μ — коэффициент трения между прошивнем

и заготовкой; h — толщина отхода;

$$\beta = \frac{2}{\sqrt{3}} \text{ — коэффициент Лодэ, учитывающий влияние схемы напряженного состояния; } D \text{ — наружный диаметр заготовки после прошивки.}$$

Схема получения сквозных отверстий в низких ($H/D = 1/3 + 1/4$) заготовках на подкладном кольце приведена на рис. 12. В этом случае прошивень устанавливают большим диаметром вниз и заготовку фактически пробивают, т. е. вначале прошивень внедряется в металл на глубину (0,2—0,3) H , а затем следует отделение отхода. Усилие прошивки

$$P = (0,7 + 0,8) \sigma_{\text{впл}} dH.$$

При этом отход больше, чем при прошивке высоких заготовок.

Скручивание — это формоизменяющая операция, при которой производят поворот части заготовки вокруг продольной оси. Скручивание применяют при ковке многоколенных коленчатых валов, крупных сверл, бурильных инструментов и т. п.

Чтобы избежать трещин и разрывов, скручиваемую часть поковки следует гладко и без поверхностных дефектов отковать или обработать на станке с плавными переходами к смежным участкам и равномерно подогреть. При скручивании длина деформируемого участка уменьшается, поэтому

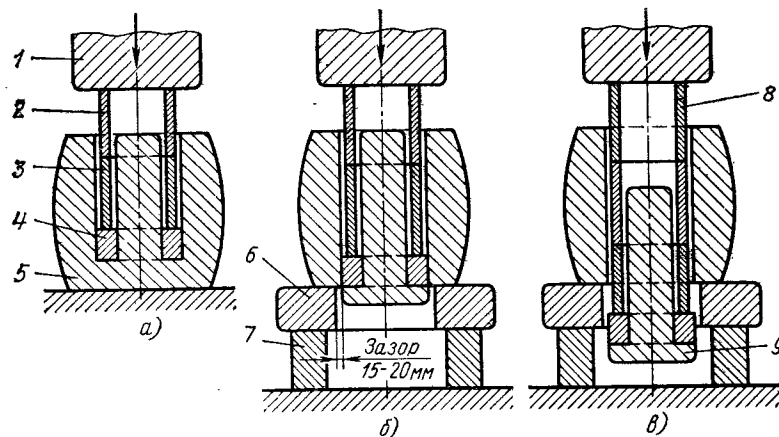


Рис. 11. Схема прошивки пустотелым прошивнем:

a—*c* — этапы прошивки; 1 — боек; 2, 3, 4, 8 — надставки; 4 — прошивень; 5 — прибыльная сторона слитка; 6 — кольцо; 7 — подставка; 9 — отход металла

для компенсации укорочения по сечению предусматривают некоторый запас металла.

Скручивание производят при помощи рычагов-вилок, поворачиваемых в зависимости от требуемого усилия вручную или с помощью мостовых кранов. Усилие, необходимое для скручивания цилиндрического участка на любой угол, можно определить по формуле

$$P = \frac{\pi d^3 \sigma_{\tau}}{24l \cos \alpha \cdot 10^3},$$

где d — диаметр в месте скручивания, мм; σ_{τ} — напряжение текучести металла при температуре закручивания, МПа, приближенно равно пределу прочности $\sigma_{\text{в}}$ при той же температуре; l — длина плеча вилки, мм; α — угол поворота вилки от горизонтальной плоскости.

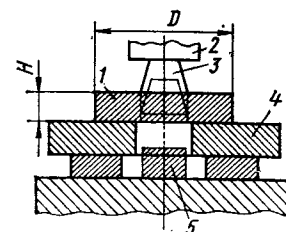


Рис. 12. Прошивка на подкладном кольце: 1 — заготовка; 2 — боек; 3 — прошивень; 4 — кольцо; 5 — отход металла

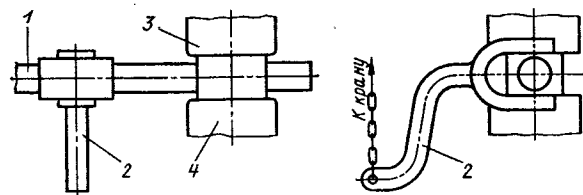


Рис. 13. Схема скручивания: 1 — груз (противовес); 2 — изогнутая вилка; 3 — верхний боек; 4 — нижний боек

Отрубка, разрубка (рис. 14). Отрубкой называют полное отделение части заготовки по незамкнутому контуру путем внедрения в заготовку деформирующего инструмента. Разделение заготовки на части по незамкнутому контуру называют разрубкой.

Разрубку поковок круглого сечения при ковке в комбинированных или вырезных бойках обычно производят с трех сторон. Топор устанавливают на середине бойка и поковку прорубают за центром сечения. После поворота поковки на 120° тем же топором производят еще одну разрубку на ту же глубину; оставшийся участок отрубает с третьей стороны коротким трапециевидальным топором. При разрубке в вырезных бойках применяют специальные топоры или накладки (рис. 15).

Разрубку крупных поковок под прессом с выдвигаемым столом можно производить высоким топором в одном направлении. Для этого топором или трехгранником предварительно делают круговую зарубку. Далее нижний боек отводят в сторону так, чтобы его боковая плоскость находилась под серединой верхнего бойка, устанавливают топор и нажимают верхнего бойка поковку прорубают до отделения металла. Если высота топора недостаточна, применяют надставки (квадраты).

При ковке на плоских бойках разрубку ведут с двух или четырех сторон. Высоким топором поковку с одной стороны прорубают на глубину не-

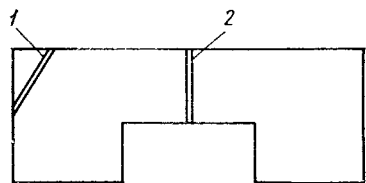


Рис. 14. Отрубка (1) и разрубка (2)

сколько меньше высоты сечения, затем поворачивают ее на 180° и производят окончательную разрубку квадратом — просечкой, что исключает образование заусенца. Поковки большого сечения при отсутствии высоких топоров сначала надрубают глубиной середины с одной стороны, поворачивают на 180° и тем же топором отрубает остальную часть сечения.

Разрубку с четырех сторон применяют для крупных поковок и поковок, у которых торцы не подвергают в дальнейшем механической обработке. При таком способе после надрубки топором по двум длинным сторонам поковку поворачивают на 90° и разрубку с двух других сторон двумя квадратами, устанавливая один из них на нижнем бойке. После поворота еще на 90° топором производят окончательную разрубку.

Топор, внедряясь в металл, образует скопы, поэтому в местах отрубки предусматривают запас металла, который затем сглаживают бойками или раскатками. При разрубке крупных заготовок на прессах рекомендуется применять топоры с противовесом (рис. 16).

Гибкой называют образование или изменение углов частями заготовки или придание ей криволинейной формы.

При гибке изменяется форма поперечного сечения заготовки за счет растяжения (утяжки) наружных и

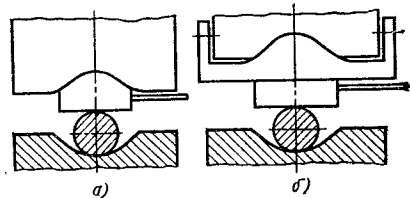


Рис. 15. Разрубка с вырезным бойком: а — специальным топором; б — с помощью накладки

сжатия внутренних слоев металла. Растяжение происходит выше нейтрального слоя, сжатие, иногда с образованием складок, — ниже этого слоя и тем больше, чем меньше радиус закругления и больше угол загиба. Поэтому в необходимых случаях для получения одинакового сечения по всей длине предусматривается утолщение в изгибаемых местах.

Длину заготовки для поковки, изготовляемой гибкой из полосы, можно рассчитать следующим образом:

1) если внутренний радиус равен или больше $1/2$ толщины заготовки, то длину последней вычисляют по средней линии поковки (прямые участки плюс длина кривых изгиба в углах);

2) если внутренний радиус меньше $1/2$ толщины заготовки, то ее длину определяют как сумму прямоугольных участков с добавлением $1/4$ толщины полосы (или диаметра) на каждый угол изгиба.

К полученной длине прибавляют до трех толщин исходной заготовки на обрезку концов после гибки в зависимости от способа разрезки металла и последующей обработки концов.

Наиболее распространенные и простые приемы гибки: ручная при помощи вилки, с помощью крана, в штам-

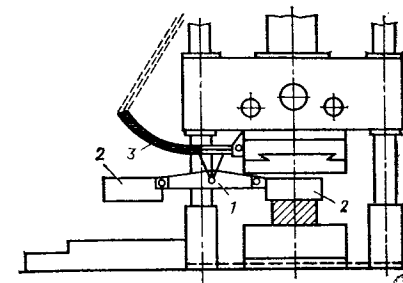


Рис. 16. Разрубка топором с противовесом: 1 — державка; 2 — топоры; 3 — моно-рыльс

пе, на плите со штырями при помощи рычага (рис. 17).

Правкой называют устранение искажений формы заготовки путем пластического деформирования.

Необходимость правки поковок вызывается чаще всего следующими нарушениями технологического процесса: несоблюдением прямолинейности в концековки;

прогибом в процессе длительного пребывания в печах при отсутствии или редкой (более 0,5 м) укладке прокладок;

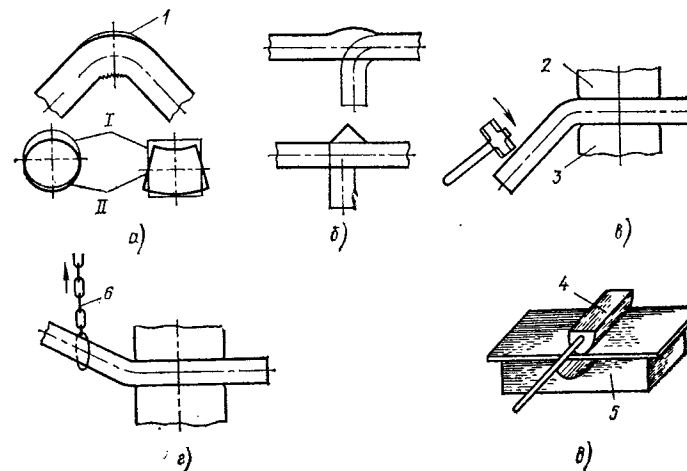


Рис. 17. Гибка:

а — искажение формы поперечного сечения; б — усиление места гибки; в — гибка заготовок кувалдой; г — гибка с помощью крана; д — гибка раскаткой в подкладном штампе; е — искажение формы сечения; 2 — верхний боек; 3 — нижний боек; 4 — раскатка; 5 — штамп; б — кран; 1 — форма сечения заготовки до гибки; 1/1 — форма сечения поковки после гибки

прогибом от неравномерного по сечению охлаждения поковок (например, при укладке горячей поковки на холодные плиты, сырой пол);

прогибом из-за небрежной передачи поковок на стеллажи охлаждения или укладки;

короблением (поводкой) при термообработке из-за несовершенства процесса нагрева или охлаждения.

Для исправления кривизны с целью упрощения процесса стремятся применять холодную правку. Однако холодную правку не всегда можно допускать.

Холодноправленные поковки легко изменяют свою форму, особенно если на них действуют нагрузки, противоположные по знаку тем, которые были применены при правке. В процессе эксплуатации они могут изгибаться при нагрузках значительно меньших, чем расчетные. Поэтому целесообразно производить высокий отпуск порядка 680—700 °С или же выполнять правку в нагретом состоянии при тех же температурах. Холодная правка вызывает в металле наклеп, который при последующей термической обработке может привести к образованию зон с укрупненным зерном, что ухудшит качество детали. Для ответственных деталей, эксплуатирующихся при знакопеременных нагрузках и устанавливающихся на изделие без механической обработки, вредной является холодная правка вручную при помощи удара кувалдой или тяжелым молотком, дающим местные вмятины.

Для правки технологически неизбежных искривлений поковок или деталей применяют рихтовальные станки различных конструкций.

При правке на прессах в качестве инструмента применяют правильные плиты (снизу) и плоский боек (сверху) несколько большей ширины, чем боек, применяемый дляковки. Для повышения эффекта правки используют прокладку толщиной 8—10 мм. Расстояние между ними меняют в зависимости от размеров поковки и величины искривления. Наименьшая высота прокладок обеспечивает безопасность работы, исключая их вылетание из-под поковки. Расположение прокладки под кромками поковки не допускается.

3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Основными этапами разработки технологического процессаковки являются:

составление чертежа поковки с назначением припусков, допусков и напусков и определение массы поковки; определение массы и размеров заготовки, установление необходимой уковки и выбор слитка или проката на заготовку;

выбор основных, вспомогательных и отделочных кузнечных операций и их последовательности, а также основного и вспомогательного инструмента и приспособлений;

выбор кузнечного оборудования необходимой мощности и габаритных размеров;

установление режимов нагрева и охлаждения поковки, типов и размеров нагревательных устройств;

определение состава обслуживающего персонала и норм времени на ковку; разработка мероприятий по организации рабочего места и охраны труда.

Чертеж поковки составляют на основании чертежа готовой детали или чертежа обработанной поковки, поставляемой заказчику; при этом устанавливают припуски на обработку резанием, допуски на ковку и при необходимости напуски на ковку.

На рис. 18 показана схема расположения припусков и допусков на поковке.

Контур поковки вычерчивают сплошными контурными линиями по номинальным размерам. Габаритный контур готовой детали или заготовки после механической обработки вычерчивают на чертеже поковки тонкими линиями.

Цифры без скобок над размерной линией обозначают номинальные размеры, цифры в скобках под размерной линией — номинальные размеры детали или обдирочные размеры заготовки, если последняя непосредственно после обдирки подвергается термической обработке; цифрами со знаками плюс и минус, расположенными справа от номинального размера поковки, указывают соответственно величины верхнего (положительного) или нижнего (отрицательного) отклонения.

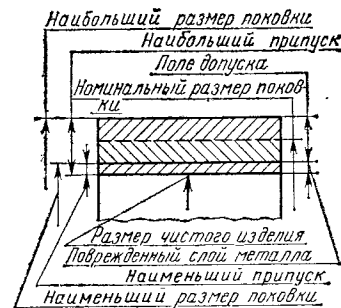


Рис. 18. Схема расположения припусков и допусков на поковке

Припуски на обработку и допуски на ковку, а также условия образования уступов, выемок, фланцев, буртов регламентированы ГОСТ 7829—70 для поковок, изготавливаемых под молотами, и ГОСТ 7062—79 для прессовых поковок массой до 100 т. ГОСТами предусмотрены припуски и допуски для поковок различной формы, изготавливаемых из углеродистой и легированной сталей.

Примеры назначения припусков и допусков на детали круглого и прямоугольного поперечных сечений типа валов и брусков показаны на рис. 19.

Пример чертежа поковки круглого сечения с уступами и выемками, выполненного в соответствии с ГОСТ 7062—79 из стали 35, приведен на рис. 20.

На чертеже всегда проставляется общая длина поковки. В поковках типа вала длину элемента, который куют последним (элемент диаметром 380 ± 9 мм на рис. 20), не проставляют, а определяют расчетным путем. Размеры поковок типа вала с усту-

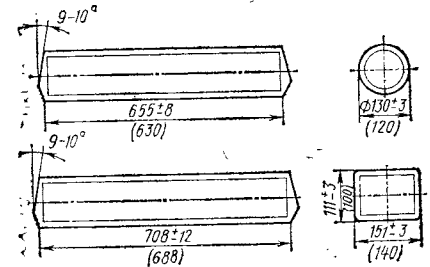


Рис. 19. Примеры назначения припусков и допусков на поковки, получаемые на молотах

пами проставляют от базового сечения, являющегося торцом участка с наибольшим диаметром (правый торец участка диаметром 740 ± 11 мм).

Припуски и допуски на поковки из высоколегированных сталей и сплавов цветных металлов назначают по заводским и ведомственным нормам. Припуски и допуски на поковки из углеродистой стали, если их масса больше 100 т, также назначают по нормам.

Кроме припусков и допусков, оговоренных ГОСТ 7829—70 и ГОСТ 7062—79*, есть припуски на пробы для различных испытаний и контроля макроструктуры, а также припуски под захваты для подвешивания поковок при термообработке. Как правило, их назначают на концевые части поковок, обращенные к приближенной части слитков. На длину пробы назначают напуск, величина которого равна ширине проточки при отрезке пробы. Так, при ковке на прессе и молоте длина пробы (припуск на пробу) равна 200 мм. Участок поковки

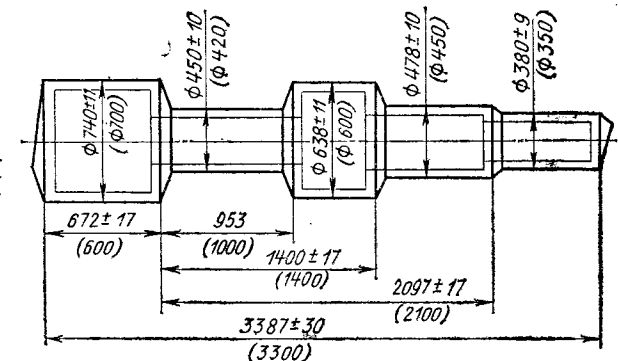
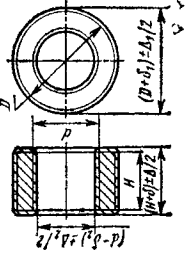


Рис. 20. Пример чертежа поковки круглого сечения с уступами и выемками, полученной ковкой на прессе

Диаметр детали <i>D</i> или размер сечения <i>L, B</i>	Размеры детали, на которые назначаются припуски и предельные отклонения	Высота <i>H</i> детали											
		до 50	св. 50 до 65	св. 65 до 80	св. 80 до 100	св. 100 до 125	св. 125 до 150	св. 150 до 180	св. 180 до 215	св. 215 до 250	св. 250 до 300	св. 300 до 360	
		Припуски ($\delta_1; \delta_2$) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta_1}{2}; \pm \frac{\Delta_2}{2}$)											
Св. 110 до 150	<i>H, L, B, d</i>	7±2 9±2 15±2	8±2 9±2 16±2	8±2 10±3 16±2	9±2 11±3 17±3	10±3 11±3 17±3	11±3 12±4 18±4	12±3 13±4 19±4	13±4 14±5 20±5	14±5 14±5 20±5	—	—	—
Св. 150 до 200	<i>H, L, B, d</i>	7±2 10±3 16±3	8±2 10±3 17±3	8±2 11±3 17±3	9±2 12±4 18±4	10±3 12±4 18±4	11±3 13±4 19±4	12±3 13±4 19±4	13±4 14±4 20±5	14±5 15±5 21±5	15±5 16±6 22±6	16±6 17±6 23±6	17±6 18±6 24±6
Св. 200 до 250	<i>H, L, B, d</i>	8±3 11±3 17±3	9±3 11±3 18±3	9±3 12±3 18±3	10±3 13±4 19±4	11±4 13±4 19±4	12±4 14±4 20±5	13±4 14±4 20±5	14±5 15±5 21±5	15±5 16±6 22±6	16±6 17±6 23±6	17±6 18±6 24±6	18±6 19±7 25±7
Св. 250 до 300	<i>H, L, B, d</i>	9±3 12±4 18±4	10±3 12±4 19±4	10±3 13±4 19±4	11±3 14±4 20±5	12±4 14±4 20±5	13±4 15±5 21±5	14±4 15±5 21±5	15±5 16±6 22±6	16±6 17±6 23±6	17±6 18±6 24±6	18±6 19±7 25±7	19±7 20±7 26±7
Св. 300 до 360	<i>H, L, B, d</i>	9±3 13±4 19±4	10±3 13±4 20±4	10±3 14±4 20±4	11±3 15±5 21±5	12±4 15±5 21±5	13±4 16±6 22±5	14±4 16±6 22±5	15±5 17±6 23±6	16±6 18±6 24±6	17±6 19±7 25±7	18±6 20±7 26±7	19±7 21±8 27±8

Диаметр детали <i>D</i> или размер сечения <i>L, B</i>	Размеры детали, на которые назначаются припуски и предельные отклонения	Высота <i>H</i> детали											
		до 50	св. 50 до 65	св. 65 до 80	св. 80 до 100	св. 100 до 125	св. 125 до 150	св. 150 до 180	св. 180 до 215	св. 215 до 250	св. 250 до 300	св. 300 до 360	
		Припуски ($\delta_1; \delta_2$) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta_1}{2}; \pm \frac{\Delta_2}{2}$)											
Св. 360 до 420	<i>H, L, B, d</i>	10±3 14±5 20±5	11±4 15±5 21±5	11±4 15±5 21±5	12±4 16±6 22±6	13±5 16±6 22±6	14±5 17±6 23±6	15±5 18±6 24±6	16±6 19±7 25±7	17±6 20±8 26±8	18±6 21±8 27±8	19±7 22±8 28±8	20±7 23±9 29±9
Св. 425 до 485	<i>H, L, B, d</i>	10±3 15±5 21±5	11±4 15±5 22±5	11±4 16±5 22±5	12±4 17±6 23±6	13±5 17±6 23±6	14±5 18±6 24±6	15±5 18±6 24±6	16±6 19±7 25±7	17±6 20±8 26±8	18±6 21±8 27±8	19±7 22±8 28±8	20±7 23±9 29±9
Св. 485 до 550	<i>H, L, B, d</i>	—	12±4 16±6 23±6	12±4 17±6 23±6	13±4 18±7 24±7	14±5 18±7 24±7	15±5 19±7 25±7	16±5 19±7 25±7	17±6 20±8 26±8	18±6 21±8 27±8	19±7 22±9 28±9	20±7 23±9 29±9	21±8 24±9 30±9
Св. 550 до 620	<i>H, L, B, d</i>	—	13±5 17±6 24±6	13±5 18±6 24±6	14±5 19±7 25±7	15±6 19±7 25±7	16±6 20±7 26±7	17±7 20±7 26±7	18±7 21±8 27±8	19±8 22±9 28±9	20±8 23±9 29±9	21±8 24±9 30±9	—
Св. 620 до 700	<i>H, L, B, d</i>	—	14±6 18±7 25±7	14±6 19±7 25±7	15±6 20±8 26±8	16±7 20±8 26±8	17±7 21±8 27±8	18±8 21±8 27±8	19±8 22±9 28±9	20±9 23±10 29±10	21±9 24±9 30±9	—	—

66. Припуски и предельные отклонения размеров для поковок типа раскатных колес, изготавливаемых свободной ковкой на молотах



Размеры в мм

Диаметр детали D	Размеры детали, на которые назначаются припуски и предельные отклонения	Высота детали H																			
		св. 50 до 65	св. 65 до 80	св. 80 до 100	св. 100 до 125	св. 125 до 150	св. 150 до 180	св. 180 до 215	св. 215 до 250	св. 250 до 300	св. 300 до 360										
До 110	H	7±2	8±3	9±3	10±3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	D	9±3	11±3	12±4	13±4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	d	12±3	13±3	14±3	15±4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Св. 110 до 150	H	7±2	8±2	9±3	10±3	11±4	12±4	12±4	13±4	13±5	14±5	14±5	15±5	16±6	—	—	—	—	—	—	—
	D	10±3	11±3	12±4	13±4	13±4	14±4	14±4	15±5	16±6	16±6	17±6	17±6	18±5	19±5	19±5	20±5	—	—	—	—
	d	13±3	14±3	15±4	16±4	16±4	17±4	17±4	18±4	18±4	19±5	19±5	20±5	20±5	21±6	21±6	22±6	—	—	—	—
Св. 150 до 200	H	7±2	8±2	9±3	10±3	11±4	12±4	12±4	13±4	13±5	14±5	14±5	15±5	16±6	—	—	—	—	—	—	—
	D	11±3	12±3	13±4	13±4	13±4	14±4	14±4	15±5	16±6	16±6	17±6	17±6	18±5	19±5	19±5	20±5	—	—	—	—
	d	14±3	15±3	16±3	16±4	16±4	17±4	17±4	18±4	18±4	19±5	19±5	20±5	20±5	21±6	21±6	22±6	—	—	—	—

Припуски (δ_1, δ_2) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta_1}{2}; \pm \frac{\Delta_2}{2}$)

Продолжение табл. 66

Высота детали H

Диаметр детали D	Размеры детали, на которые назначаются припуски и предельные отклонения	Высота детали H																						
		св. 50 до 65	св. 65 до 80	св. 80 до 100	св. 100 до 125	св. 125 до 150	св. 150 до 180	св. 180 до 215	св. 215 до 250	св. 250 до 300	св. 300 до 360													
Св. 200 до 250	H	7±2	8±2	9±3	10±3	11±4	12±4	12±4	13±5	13±5	14±5	14±5	15±5	15±6	15±6	16±6	16±6	17±6	17±6	18±7	18±7	19±7	19±7	
	D	11±3	12±3	13±4	14±4	14±4	15±4	15±4	16±5	16±5	17±6	17±6	18±6	18±6	18±6	19±6	19±6	20±6	20±6	21±7	21±7	22±7	22±7	
	d	14±3	15±3	16±4	17±4	17±4	18±4	18±4	19±5	19±5	20±6	20±6	21±6	21±6	22±6	22±6	23±6	23±6	24±6	24±6	25±7	25±7	26±7	26±7
Св. 250 до 300	H	8±2	9±2	10±2	11±3	12±4	12±4	13±4	14±5	14±5	15±5	15±5	16±6	16±6	17±6	17±6	18±6	18±6	19±6	20±6	20±6	21±6	21±6	
	D	12±3	13±4	14±4	15±5	15±5	16±5	16±5	17±6	17±6	18±6	18±6	19±6	19±6	20±6	20±6	21±6	21±6	22±6	22±6	23±6	23±6	24±6	24±6
	d	15±3	16±4	17±4	18±4	18±4	19±5	19±5	20±6	20±6	21±6	21±6	22±6	22±6	23±6	23±6	24±6	24±6	25±6	25±6	26±6	26±6	27±7	27±7
Св. 300 до 360	H	9±3	10±3	11±4	12±4	13±5	13±5	14±5	15±5	15±5	16±6	16±6	17±6	17±6	18±6	18±6	19±6	19±6	20±6	20±6	21±6	21±6	22±7	22±7
	D	13±4	14±4	15±5	16±5	16±5	17±6	17±6	18±6	18±6	19±6	19±6	20±6	20±6	21±6	21±6	22±6	22±6	23±6	23±6	24±6	24±6	25±7	25±7
	d	16±4	17±4	18±4	19±5	19±5	20±6	20±6	21±6	21±6	22±6	22±6	23±6	23±6	24±6	24±6	25±6	25±6	26±6	26±6	27±7	27±7	28±7	28±7
Св. 360 до 420	H	10±4	11±4	12±4	13±5	14±5	14±5	15±5	16±6	16±6	17±6	17±6	18±6	18±6	19±6	19±6	20±6	20±6	21±6	21±6	22±7	22±7	23±7	23±7
	D	14±5	15±5	16±5	17±6	17±6	18±6	18±6	19±6	19±6	20±6	20±6	21±6	21±6	22±6	22±6	23±6	23±6	24±6	24±6	25±7	25±7	26±7	26±7
	d	17±5	18±5	19±5	20±6	20±6	21±6	21±6	22±6	22±6	23±6	23±6	24±6	24±6	25±6	25±6	26±6	26±6	27±7	27±7	28±7	28±7	29±7	29±7

Припуски (δ_1, δ_2) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta_1}{2}; \pm \frac{\Delta_2}{2}$)

Продолжение табл. 66

Диаметр детали <i>D</i>	Высота детали <i>H</i>												Припуски (δ_1, δ_2) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}; \pm \frac{\Delta_1}{2}; \pm \frac{\Delta_2}{2}$)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	до 50	св. 50 до 55	св. 65 до 80	св. 80 до 100	св. 100 до 125	св. 125 до 150	св. 150 до 180	св. 180 до 215	св. 215 до 250	св. 250 до 300	св. 300 до 360																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Св. 420 до 485	<i>H</i>	10±4	11±4	12±4	13±5	14±5	15±6	16±6	17±7	18±7	19±7	20±8	21±8	22±8	23±8	24±8	25±8	26±8	27±8	28±8	29±8	30±8	31±9	32±9	33±9	34±10	35±10	36±10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
	<i>D</i>	15±6	16±6	17±6	18±6	19±7	20±7	21±8	22±8	23±9	24±9	25±9	26±9	27±9	28±9	29±9	30±9	31±9	32±9	33±9	34±10	35±10	36±10	37±10	38±10	39±10	40±10	41±10	42±10	43±10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Св. 485 до 550	<i>d</i> при <i>D-d</i>	18±6	19±6	20±6	21±6	22±6	23±6	24±6	25±6	26±6	27±6	28±6	29±6	30±6	31±6	32±6	33±6	34±6	35±6	36±6	37±6	38±6	39±6	40±6	41±6	42±6	43±6	44±6	45±6	46±6	47±6	48±6	49±6	50±6	51±6	52±6	53±6	54±6	55±6	56±6	57±6	58±6	59±6	60±6	61±6	62±6	63±6	64±6	65±6	66±6	67±6	68±6	69±6	70±6	71±6	72±6	73±6	74±6	75±6	76±6	77±6	78±6	79±6	80±6	81±6	82±6	83±6	84±6	85±6	86±6	87±6	88±6	89±6	90±6	91±6	92±6	93±6	94±6	95±6	96±6	97±6	98±6	99±6	100±6	101±6	102±6	103±6	104±6	105±6	106±6	107±6	108±6	109±6	110±6	111±6	112±6	113±6	114±6	115±6	116±6	117±6	118±6	119±6	120±6	121±6	122±6	123±6	124±6	125±6	126±6	127±6	128±6	129±6	130±6	131±6	132±6	133±6	134±6	135±6	136±6	137±6	138±6	139±6	140±6	141±6	142±6	143±6	144±6	145±6	146±6	147±6	148±6	149±6	150±6	151±6	152±6	153±6	154±6	155±6	156±6	157±6	158±6	159±6	160±6	161±6	162±6	163±6	164±6	165±6	166±6	167±6	168±6	169±6	170±6	171±6	172±6	173±6	174±6	175±6	176±6	177±6	178±6	179±6	180±6	181±6	182±6	183±6	184±6	185±6	186±6	187±6	188±6	189±6	190±6	191±6	192±6	193±6	194±6	195±6	196±6	197±6	198±6	199±6	200±6	201±6	202±6	203±6	204±6	205±6	206±6	207±6	208±6	209±6	210±6	211±6	212±6	213±6	214±6	215±6	216±6	217±6	218±6	219±6	220±6	221±6	222±6	223±6	224±6	225±6	226±6	227±6	228±6	229±6	230±6	231±6	232±6	233±6	234±6	235±6	236±6	237±6	238±6	239±6	240±6	241±6	242±6	243±6	244±6	245±6	246±6	247±6	248±6	249±6	250±6	251±6	252±6	253±6	254±6	255±6	256±6	257±6	258±6	259±6	260±6	261±6	262±6	263±6	264±6	265±6	266±6	267±6	268±6	269±6	270±6	271±6	272±6	273±6	274±6	275±6	276±6	277±6	278±6	279±6	280±6	281±6	282±6	283±6	284±6	285±6	286±6	287±6	288±6	289±6	290±6	291±6	292±6	293±6	294±6	295±6	296±6	297±6	298±6	299±6	300±6	301±6	302±6	303±6	304±6	305±6	306±6	307±6	308±6	309±6	310±6	311±6	312±6	313±6	314±6	315±6	316±6	317±6	318±6	319±6	320±6	321±6	322±6	323±6	324±6	325±6	326±6	327±6	328±6	329±6	330±6	331±6	332±6	333±6	334±6	335±6	336±6	337±6	338±6	339±6	340±6	341±6	342±6	343±6	344±6	345±6	346±6	347±6	348±6	349±6	350±6	351±6	352±6	353±6	354±6	355±6	356±6	357±6	358±6	359±6	360±6	361±6	362±6	363±6	364±6	365±6	366±6	367±6	368±6	369±6	370±6	371±6	372±6	373±6	374±6	375±6	376±6	377±6	378±6	379±6	380±6	381±6	382±6	383±6	384±6	385±6	386±6	387±6	388±6	389±6	390±6	391±6	392±6	393±6	394±6	395±6	396±6	397±6	398±6	399±6	400±6	401±6	402±6	403±6	404±6	405±6	406±6	407±6	408±6	409±6	410±6	411±6	412±6	413±6	414±6	415±6	416±6	417±6	418±6	419±6	420±6	421±6	422±6	423±6	424±6	425±6	426±6	427±6	428±6	429±6	430±6	431±6	432±6	433±6	434±6	435±6	436±6	437±6	438±6	439±6	440±6	441±6	442±6	443±6	444±6	445±6	446±6	447±6	448±6	449±6	450±6	451±6	452±6	453±6	454±6	455±6	456±6	457±6	458±6	459±6	460±6	461±6	462±6	463±6	464±6	465±6	466±6	467±6	468±6	469±6	470±6	471±6	472±6	473±6	474±6	475±6	476±6	477±6	478±6	479±6	480±6	481±6	482±6	483±6	484±6	485±6	486±6	487±6	488±6	489±6	490±6	491±6	492±6	493±6	494±6	495±6	496±6	497±6	498±6	499±6	500±6	501±6	502±6	503±6	504±6	505±6	506±6	507±6	508±6	509±6	510±6	511±6	512±6	513±6	514±6	515±6	516±6	517±6	518±6	519±6	520±6	521±6	522±6	523±6	524±6	525±6	526±6	527±6	528±6	529±6	530±6	531±6	532±6	533±6	534±6	535±6	536±6	537±6	538±6	539±6	540±6	541±6	542±6	543±6	544±6	545±6	546±6	547±6	548±6	549±6	550±6	551±6	552±6	553±6	554±6	555±6	556±6	557±6	558±6	559±6	560±6	561±6	562±6	563±6	564±6	565±6	566±6	567±6	568±6	569±6	570±6	571±6	572±6	573±6	574±6	575±6	576±6	577±6	578±6	579±6	580±6	581±6	582±6	583±6	584±6	585±6	586±6	587±6	588±6	589±6	590±6	591±6	592±6	593±6	594±6	595±6	596±6	597±6	598±6	599±6	600±6	601±6	602±6	603±6	604±6	605±6	606±6	607±6	608±6	609±6	610±6	611±6	612±6	613±6	614±6	615±6	616±6	617±6	618±6	619±6	620±6	621±6	622±6	623±6	624±6	625±6	626±6	627±6	628±6	629±6	630±6	631±6	632±6	633±6	634±6	635±6	636±6	637±6	638±6	639±6	640±6	641±6	642±6	643±6	644±6	645±6	646±6	647±6	648±6	649±6	650±6	651±6	652±6	653±6	654±6	655±6	656±6	657±6	658±6	659±6	660±6	661±6	662±6	663±6	664±6	665±6	666±6	667±6	668±6	669±6	670±6	671±6	672±6	673±6	674±6	675±6	676±6	677±6	678±6	679±6	680±6	681±6	682±6	683±6	684±6	685±6	686±6	687±6	688±6	689±6	690±6	691±6	692±6	693±6	694±6	695±6	696±6	697±6	698±6	699±6	700±6	701±6	702±6	703±6	704±6	705±6	706±6	707±6	708±6	709±6	710±6	711±6	712±6	713±6	714±6	715±6	716±6	717±6	718±6	719±6	720±6	721±6	722±6	723±6	724±6	725±6	726±6	727±6	728±6	729±6	730±6	731±6	732±6	733±6	734±6	735±6	736±6	737±6	738±6	739±6	740±6	741±6	742±6	743±6	744±6	745±6	746±6	747±6	748±6	749±6	750±6	751±6	752±6	753±6	754±6	755±6	756±6	757±6	758±6	759±6	760±6	761±6	762±6	763±6	764±6	765±6	766±6	767±6	768±6	769±6	770±6	771±6	772±6	773±6	774±6	775±6	776±6	777±6	778±6	779±6	780±6	781±6	782±6	783±6	784±6	785±6	786±6	787±6	788±6	789±6	790±6	791±6	792±6	793±6	794±6	795±6	796±6	797±6	798±6	799±6	800±6	801±6	802±6	803±6	804±6	805±6	806±6	807±6	808±6	809±6	810±6	811±6	812±6	813±6	814±6	815±6	816±6	817±6	818±6	819±6	820±6	821±6	822±6	823±6	824±6	825±6	826±6	827±6	828±6	829±6	830±6	831±6	832±6	833±6	834±6	835±6	836±6	837±6	838±6	839±6	840±6	841±6	842±6	843±6	844±6	845±6	846±6	847±6	848±6	849±6	850±6	851±6	852±6	853±6	854±6	855±6	856±6	857±6	858±6	859±6	860±6	861±6	862±6	863±6	864±6	865±6	866±6	867±6	868±6	869±6	870±6	871±6	872±6	873±6	874±6	875±6	876±6	877±6	878±6	879±6	880±6	881±6	882±6	883±6	884±6	885±6	886±6	887±6	888±6	889±6	890±6	891±6	892±6	893±6	894±6	895±6	896±6	897±6	898±6	899±6	900±6	901±6	902±6	903±6	904±6	905±6	906±6	907±6	908±6	909±6	910±6	911±6	912±6	913±6	914±6	915±6	916±6	917±6	918±6	919±6	920±6	921±6	922±6	923±6	924±6	925±6	926±6	927±6	928±6	929±6	930±6	931±6	932±6	933±6	934±6	935±6	936±6	937±6	938±6	939±6	940±6	941±6	942±6	943±6	944±6	945±6	946±6	947±6	948±6	949±6	950±6	951±6	952±6	953±6	954±6	955±6	956±6	957±6	958±6	959±6	960±6	961±6	962±6	963±6	964±6	965±6	966±6	967±6	968±6	969±6	970±6	971±6	972±6	973±6	974±6	975±6	976±6	977±6	978±6	979±6	980±6	981±6	982±6	983±6	984±6	985±6	986±6	987±6	988±6	989±6	990±6	991±6	992±6	993±6	994±6	995±6	996±6	997±6	998±6	999±6	1000±6

Продолжение табл. 66

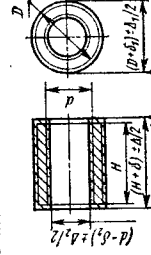
Диаметр детали <i>D</i>	Высота детали <i>H</i>												Припуски (δ_1, δ_2) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}; \pm \frac{\Delta_1}{2}; \pm \frac{\Delta_2}{2}$)
	до 50	св. 50 до 65	св. 65 до 80	св. 80 до 100	св. 100 до 125	св. 125 до 150	св. 150 до 180	св. 180 до 215	св. 215 до 250	св. 250 до 300	св. 300 до 360		
Св. 690 до 765	<i>H</i>	12±5	13±5	14±5	15±6	16±6	17±7	18±7	19±8	20±8			

Диаметр детали D	Высота детали H										Припуски (δ_1, δ_2) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$; $\pm \frac{\Delta_1}{2}$; $\pm \frac{\Delta_2}{2}$)	
	св. 50 до 50	св. 50 до 65	св. 65 до 80	св. 80 до 100	св. 100 до 125	св. 125 до 150	св. 150 до 180	св. 180 до 215	св. 215 до 250	св. 250 до 300		
Св. 920 до 1000	—	—	17±7	18±8	19±8	20±8	21±9	22±10	23±10	24±10	—	
			24±11	25±11	26±11	27±11	28±11	29±11	30±11	31±11		32±11
Св. 1000 до 1085	—	—	27±11	28±11	29±11	30±11	31±11	32±11	33±11	34±11	—	
			29±11	30±11	31±11	32±11	33±11	34±11	35±11	36±11		
Св. 1085 до 1200	—	—	18±8	19±9	20±9	21±9	22±10	23±10	24±10	25±11	—	
			25±11	26±11	27±11	28±11	29±11	30±11	31±11	32±11		33±11
Св. 1200 до 1285	—	—	28±11	29±11	30±11	31±11	32±11	33±11	34±11	35±11	—	
			29±11	30±11	31±11	32±11	33±11	34±11	35±11	36±11		
Св. 1285 до 1400	—	—	20±9	21±9	22±9	23±9	24±10	25±10	26±10	27±10	—	
			27±12	28±12	29±12	30±12	31±12	32±12	33±12	34±12		
Св. 1400 до 1500	—	—	30±12	31±12	32±12	33±12	34±12	35±12	36±12	37±12	—	
			32±12	33±12	34±12	35±12	36±12	37±12	38±12	39±12		
Св. 1500 до 1600	—	—	20±9	21±9	22±9	23±9	24±10	25±10	26±10	27±10	—	
			27±12	28±12	29±12	30±12	31±12	32±12	33±12	34±12		
Св. 1600 до 1700	—	—	30±12	31±12	32±12	33±12	34±12	35±12	36±12	37±12	—	
			32±12	33±12	34±12	35±12	36±12	37±12	38±12	39±12		
Св. 1700 до 1800	—	—	20±9	21±9	22±9	23±9	24±10	25±10	26±10	27±10	—	
			27±12	28±12	29±12	30±12	31±12	32±12	33±12	34±12		
Св. 1800 до 1900	—	—	30±12	31±12	32±12	33±12	34±12	35±12	36±12	37±12	—	
			32±12	33±12	34±12	35±12	36±12	37±12	38±12	39±12		
Св. 1900 до 2000	—	—	20±9	21±9	22±9	23±9	24±10	25±10	26±10	27±10	—	
			27±12	28±12	29±12	30±12	31±12	32±12	33±12	34±12		
Св. 2000 до 2100	—	—	30±12	31±12	32±12	33±12	34±12	35±12	36±12	37±12	—	
			32±12	33±12	34±12	35±12	36±12	37±12	38±12	39±12		

Примечание. В отверстия дополнительно к припускам допускается конусность 1:20.

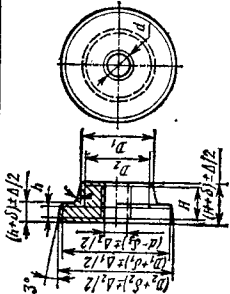
67. Припуски и предельные отклонения размеров для поковок типа цилиндров с отверстием, изготавливаемых свободной ковкой на молотах

Высота детали H	Наружный диаметр детали D	Припуски (δ_1, δ_2) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$; $\pm \frac{\Delta_1}{2}$; $\pm \frac{\Delta_2}{2}$)		Высота детали H	Наружный диаметр детали D	Припуски (δ_1, δ_2) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$; $\pm \frac{\Delta_1}{2}$; $\pm \frac{\Delta_2}{2}$)	
		на вы-соту H	на наружный диаметр D			на вы-соту H	на наружный диаметр D
До 80	До 80	13±4	12±3	Св. 180 до 215	Св. 120 до 150	18±6	15±5
		14±5	12±3			» 150 » 180	» 150 » 180
Св. 80 до 100	Св. 80 до 100	14±5	13±4	» 215 » 250	» 180 » 215	18±6	16±5
		15±6	13±4			» 180 » 215	» 180 » 215
» 100 до 125	» 80 » 125	15±6	14±4	» 250 » 300	» 215 » 250	19±7	17±6
		16±6	14±4			» 215 » 250	» 215 » 250
» 125 до 150	» 80 » 125	16±6	14±4	» 165 » 215	» 215 » 250	20±7	17±6
		16±6	15±5			» 215 » 250	» 215 » 250
» 150 до 180	» 100 » 150	17±6	15±5	» 250 » 300	» 250 » 300	20±7	18±6
		17±6	16±5			» 250 » 300	» 250 » 300
Св. 80 до 100	Св. 80 до 100	18±4	18±4	» 250 » 300	» 250 » 300	21±5	19±6
		18±4	19±4			» 250 » 300	» 250 » 300
» 100 до 125	» 80 » 125	18±4	19±4	» 250 » 300	» 250 » 300	22±6	20±6
		19±4	20±5			» 250 » 300	» 250 » 300
» 125 до 150	» 80 » 125	19±4	20±5	» 250 » 300	» 250 » 300	23±6	21±5
		20±5	21±5			» 250 » 300	» 250 » 300
» 150 до 180	» 100 » 150	20±5	21±5	» 250 » 300	» 250 » 300	24±6	22±6
		21±5	22±6			» 250 » 300	» 250 » 300



Размеры в мм

68. Припуски и предельные отклонения размеров для поковок типа втулок с уступами, изготовляемых свободной ковкой на молотах



Диаметр детали D ₁ или D ₂	Высота детали H										
	до 50	св. 50 до 65	св. 65 до 80	св. 80 до 100	св. 100 до 125	св. 125 до 150	св. 150 до 180	св. 180 до 215	св. 215 до 250	св. 250 до 300	св. 300 до 360
До 50	H; h	7±2	7±2	7±3	7±3	7±3	7±3	7±3	7±3	7±3	7±3
	D ₁	7±2	7±2	7±3	7±3	7±3	7±3	7±3	7±3	7±3	7±3
	D ₂	5±2	6±2	6±2	6±2	6±2	6±2	6±2	6±2	6±2	6±2
	d	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Св. 50 до 80	H; h	7±2	7±2	8±2	8±2	8±2	8±2	8±2	8±2	8±2	8±2
	D ₁	7±2	8±2	8±2	8±2	8±2	8±2	8±2	8±2	8±2	8±2
	D ₂	5±2	6±2	7±3	7±3	7±3	7±3	7±3	7±3	7±3	7±3
	d	13±2	14±2	14±2	15±2	15±2	15±2	15±2	15±2	15±2	15±2

Припуски (δ; δ₁; δ₂; δ₃) и предельные отклонения (± $\frac{\Delta_1}{2}$; ± $\frac{\Delta_2}{2}$; ± $\frac{\Delta_3}{2}$)

Продолжение табл. 68

Диаметр детали D ₁ или D ₂	Высота детали H										
	до 50	св. 50 до 65	св. 65 до 80	св. 80 до 100	св. 100 до 125	св. 125 до 150	св. 150 до 180	св. 180 до 215	св. 215 до 250	св. 250 до 300	св. 300 до 360
Св. 80 до 110	H; h	7±2	8±2	9±2	10±2	10±3	10±3	10±3	10±3	10±3	10±3
	D ₁	8±2	9±2	9±2	10±3	10±3	10±3	10±3	10±3	10±3	10±3
	D ₂	6±2	7±3	7±3	8±4	8±4	8±4	8±4	8±4	8±4	8±4
	d	14±2	15±2	15±2	16±2	16±2	16±2	16±2	16±2	16±2	16±2
Св. 110 до 150	H; h	7±2	8±2	9±2	10±3	10±3	10±3	10±3	10±3	10±3	10±3
	D ₁	8±2	10±2	10±3	10±3	10±3	10±3	10±3	10±3	10±3	10±3
	D ₂	7±3	8±4	8±4	9±4	9±4	9±4	9±4	9±4	9±4	9±4
	d	15±2	16±2	16±2	17±3	17±3	17±3	17±3	17±3	17±3	17±3
Св. 150 до 200	H; h	8±2	9±3	10±3	10±3	10±3	10±3	10±3	10±3	10±3	10±3
	D ₁	10±3	11±3	12±3	12±3	12±3	12±3	12±3	12±3	12±3	12±3
	D ₂	8±4	9±4	9±4	10±4	10±4	10±4	10±4	10±4	10±4	10±4
	d	16±3	17±3	17±3	18±4	18±4	18±4	18±4	18±4	18±4	18±4
Св. 200 до 250	H; h	8±2	9±2	10±3	11±3	11±3	11±3	11±3	11±3	11±3	11±3
	D ₁	11±3	12±3	12±3	13±4	13±4	13±4	13±4	13±4	13±4	13±4
	D ₂	9±4	10±4	10±4	11±5	11±5	11±5	11±5	11±5	11±5	11±5
	d	17±3	18±3	18±3	19±4	19±4	19±4	19±4	19±4	19±4	19±4

Припуски (δ; δ₁; δ₂; δ₃) и предельные отклонения (± $\frac{\Delta_1}{2}$; ± $\frac{\Delta_2}{2}$; ± $\frac{\Delta_3}{2}$)

Продолжение табл. 69

Длина детали L	Диаметр детали D						
	св. 280 до 315	св. 315 до 355	св. 355 до 400	св. 400 до 450	св. 450 до 500	св. 500 до 560	св. 560 до 630
	Припуски (δ) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$)						
До 1 000	18±7	19±7	20±7	21±7	22±8	22±8	23±8
Св. 1 000 до 1 250	19±7	20±7	21±7	22±8	22±8	23±8	24±9
» 1 250 » 1 600	20±7	21±7	22±8	22±8	23±8	24±9	25±9
» 1 600 » 2 000	21±7	22±8	22±8	23±8	24±9	25±9	26±10
» 2 000 » 2 500	22±8	22±8	23±8	24±9	25±9	26±10	27±10
» 2 500 » 3 150	22±8	23±8	24±9	25±9	26±10	27±10	28±10
» 3 150 » 4 000	23±8	24±9	25±9	26±10	27±10	28±10	29±11
» 4 000 » 5 000	24±9	25±9	26±10	27±10	28±10	29±11	30±11
» 5 000 » 6 300	25±9	26±10	27±10	28±10	29±11	30±11	31±11
» 6 300 » 7 100	26±10	27±10	28±10	29±11	30±11	31±11	32±12
» 7 100 » 8 000	27±10	28±10	29±11	30±11	31±11	32±12	33±12
» 8 000 » 9 000	28±10	29±11	30±11	31±11	32±12	33±12	34±12
» 9 000 » 10 000	29±11	30±11	31±11	32±12	33±12	34±12	35±13
» 10 000 » 11 200	30±11	31±11	32±12	33±12	34±12	35±13	36±13
» 11 200 » 12 500	31±11	32±12	33±12	34±12	35±13	36±13	37±13
» 12 500 » 14 000	32±12	33±12	34±12	35±13	36±13	37±13	37±14
» 14 000 » 16 000	34±12	35±13	36±13	37±13	38±13	39±13	40±14
» 16 000 » 18 000	35±13	37±13	38±13	39±13	40±13	41±14	42±14
» 18 000 » 20 000	37±13	39±13	40±13	41±14	42±14	43±14	44±14

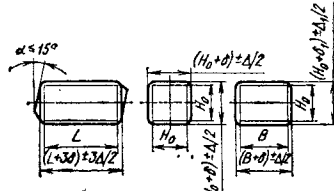
Длина детали L	Диаметр детали D					
	св. 630 до 710	св. 710 до 800	св. 800 до 900	св. 900 до 1000	св. 1000 до 1120	св. 1120 до 1250
	Припуски (δ) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$)					
До 1 000	24±9	25±9	26±10	28±10		
Св. 1 000 до 1 250	25±9	26±10	27±10	28±10	30±11	
» 1 250 » 1 600	26±10	27±10	28±10	29±11	30±11	31±11
» 1 600 » 2 000	27±10	28±10	29±11	30±11	31±11	32±12
» 2 000 » 2 500	28±10	29±11	30±11	31±11	32±12	33±12
» 2 500 » 3 150	29±11	30±11	31±11	32±12	33±12	34±12
» 3 150 » 4 000	30±11	31±11	32±12	33±12	34±12	35±13
» 4 000 » 5 000	31±11	32±12	33±12	34±12	35±13	36±13
» 5 000 » 6 300	32±12	33±12	34±12	35±13	36±13	37±13
» 6 300 » 7 100	33±12	34±12	35±13	36±13	37±13	38±14
» 7 100 » 8 000	34±12	35±13	36±13	37±13	38±14	40±14
» 8 000 » 9 000	35±13	36±13	37±13	38±14	40±14	43±14
» 9 000 » 10 000	36±13	37±13	38±14	40±14	43±14	46±15
» 10 000 » 11 200	37±13	38±14	40±14	43±14	46±15	49±15
» 11 200 » 12 500	38±14	40±14	43±14	46±15	49±15	51±16
» 12 500 » 14 000	40±14	43±14	46±15	49±15	51±16	54±16
» 14 000 » 16 000	43±14	46±15	49±15	51±16	54±16	57±17
» 16 000 » 18 000	46±15	49±15	51±16	54±16	57±17	—
» 18 000 » 20 000	49±15	51±16	54±16	57±17	—	—

Продолжение табл. 69

Длина детали L	Длина детали D			
	св. 1250 до 1400	св. 1400 до 1600	св. 1600 до 1800	св. 1800 до 2100
	Припуски (δ) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$)			
От 1 600 до 2 000	33±12	—	—	—
Св. 2 000 до 2 500	34±12	35±13	—	—
» 2 500 » 3 150	35±13	36±13	38±14	—
» 3 150 » 4 000	36±13	37±13	39±14	41±14
» 4 000 » 5 000	37±13	38±14	40±14	43±14
» 5 000 » 6 300	38±14	40±14	43±14	46±15
» 6 300 » 7 100	40±14	43±14	46±15	49±15
» 7 100 » 8 000	43±14	46±15	49±15	51±16
» 8 000 » 9 000	46±15	49±15	51±16	54±16
» 9 000 » 10 000	49±15	51±16	54±16	57±17
» 10 000 » 11 200	51±16	54±16	57±17	—
» 11 200 » 12 500	54±16	57±17	—	—
» 12 500 » 14 000	57±17	—	—	—

Примечание. Данные табл. 69 распространяются на детали, у которых $L > 1,2D$.

70. Припуски и предельные отклонения размеров для гладких поковок квадратного и прямоугольного сечения, изготавливаемых на прессах (группа точности II)



Длина детали L	Размер сечения B, H ₀						
	до 140	св. 140 до 160	до 160 св. 180	св. 180 до 200	св. 200 до 224	св. 224 до 250	св. 250 до 280
	Припуски (δ, δ ₁) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$)						
До 1 000	15±4	16±5	17±5	18±5	19±6	20±6	21±6
Св. 1 000 до 1 250	16±5	17±5	18±5	19±6	20±6	21±6	22±7
» 1 250 » 1 600	17±5	18±5	19±6	20±6	21±6	22±7	23±7
» 1 600 » 2 000	18±5	19±6	20±6	21±6	22±7	23±7	24±7
» 2 000 » 2 500	19±6	20±6	21±6	22±7	23±7	24±7	25±8
» 2 500 » 3 150	20±6	21±6	22±7	23±7	24±7	25±8	26±8
» 3 150 » 4 000	21±6	22±7	23±7	24±7	25±8	26±8	27±8

Продолжение табл. 70

Длина детали L	Размер сечения B, H ₀						
	до 140	св. 140 до 160	св. 160 до 180	св. 180 до 200	св. 200 до 224	св. 224 до 250	св. 250 до 280
	Припуски (δ, δ ₁) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$)						
Св. 4 000 до 5 000	22±7	23±7	24±7	25±8	26±8	27±8	28±8
» 5 000 » 6 300	23±7	24±7	25±8	26±8	27±8	28±8	29±9
» 6 300 » 7 100	—	25±8	26±8	27±8	28±8	29±9	30±9
» 7 100 » 8 000	—	—	27±8	28±8	29±9	30±9	31±10
» 8 000 » 9 000	—	—	—	31±9	32±9	33±10	34±10
» 9 000 » 10 000	—	—	—	—	33±10	34±10	35±10
» 10 000 » 11 200	—	—	—	—	—	35±10	36±11
» 11 200 » 12 500	—	—	—	—	—	—	37±11
Длина детали L	Размер сечения B, H ₀						
	св. 280 до 315	св. 315 до 355	св. 355 до 400	св. 400 до 450	св. 450 до 500	св. 500 до 560	св. 560 до 630
	Припуски (δ, δ ₁) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$)						
До 1 000	22±7	23±7	24±7	25±8	26±8	27±8	28±8
Св. 1 000 до 1 250	23±7	24±7	25±8	26±8	27±8	28±8	29±9
» 1 250 » 1 600	24±7	25±8	26±8	27±8	28±8	29±9	30±9
» 1 600 » 2 000	25±8	26±8	27±8	28±8	29±9	30±9	31±10
» 2 000 » 2 500	26±8	27±8	28±8	29±9	30±9	31±10	32±10
» 2 500 » 3 150	27±8	28±8	29±9	30±9	31±10	32±10	33±10
» 3 150 » 4 000	28±8	29±9	30±9	31±10	32±10	33±10	34±11
» 4 000 » 5 000	29±9	30±9	31±10	32±10	33±10	34±11	35±11
» 5 000 » 6 300	30±9	31±10	32±10	33±10	34±11	35±11	36±11
» 6 300 » 7 100	31±10	32±10	33±10	34±11	35±11	36±11	37±12
» 7 100 » 8 000	32±10	33±10	34±11	35±11	36±11	37±11	38±12
» 8 000 » 9 000	35±10	36±11	37±11	38±11	39±12	40±12	41±12
» 9 000 » 10 000	36±11	37±11	38±11	39±12	40±12	41±12	42±13
» 10 000 » 11 200	37±11	38±11	39±12	40±12	41±12	42±13	43±13
» 11 200 » 12 500	38±11	39±12	40±12	41±12	42±12	43±13	44±13
» 12 500 » 14 000	39±12	40±12	41±12	42±13	43±13	44±13	45±14
» 14 000 » 16 000	—	42±13	43±13	44±13	45±14	46±14	48±15
» 16 000 » 18 000	—	—	45±14	46±14	47±14	49±15	51±15
» 18 000 » 20 000	—	—	—	48±15	50±15	52±16	54±17

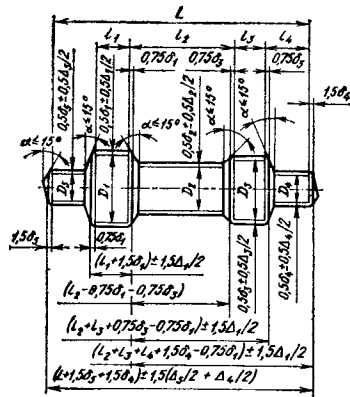
Продолжение табл. 70

Длина детали L	Размер сечения B, H ₀					
	св. 630 до 710	св. 710 до 800	св. 800 до 900	св. 900 до 1000	св. 1000 до 1120	св. 1120 до 1250
	Припуски (δ, δ ₁) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$)					
До 1 000	29±9	30±9	31±10	—	—	—
Св. 1 000 до 1 250	30±9	31±10	32±10	33±10	34±11	—
» 1 250 » 1 600	31±10	32±10	33±10	34±11	35±11	36±12
» 1 600 » 2 000	32±10	33±10	34±11	35±11	36±11	37±12
» 2 000 » 2 500	33±10	34±11	35±11	36±11	37±12	38±12
» 2 500 » 3 150	34±11	36±11	36±11	37±12	38±11	39±12
» 3 150 » 4 000	35±11	36±11	37±12	38±12	39±12	40±13
» 4 000 » 5 000	36±11	37±12	38±12	39±12	40±13	41±13
» 5 000 » 6 300	37±12	38±12	39±12	40±13	41±13	42±13
» 6 300 » 7 100	38±12	39±12	40±13	41±13	42±13	43±14
» 7 100 » 8 000	39±12	40±13	41±13	42±13	43±14	45±14
» 8 000 » 9 000	42±13	43±13	44±13	45±14	47±14	49±15
» 9 000 » 10 000	43±13	44±13	45±14	47±14	49±15	51±16
» 10 000 » 11 200	44±13	45±14	47±14	49±15	51±16	53±16
» 11 200 » 12 500	45±14	47±14	49±15	51±16	53±16	56±17
» 12 500 » 14 000	47±14	49±15	51±16	53±16	56±17	—
» 14 000 » 16 000	50±15	52±16	54±17	57±18	—	—
» 16 000 » 18 000	53±16	55±17	58±18	—	—	—
» 18 000 » 20 000	56±17	59±18	—	—	—	—
Длина детали L	Размер сечения B, H ₀					
	св. 1250 до 1400	св. 1400 до 1600	св. 1600 до 1800	св. 1800 до 2100		
	Припуски (δ, δ ₁) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$)					
От 1 600 до 2 000	38±12	—	—	—		
Св. 2 000 до 2 500	39±12	40±13	—	—		
» 2 500 » 3 150	40±13	41±13	42±13	—		
» 3 150 » 4 000	41±13	42±13	43±14	45±14		
» 4 000 » 5 000	42±13	43±14	45±14	47±15		
» 5 000 » 6 300	43±14	45±14	47±15	49±16		
» 6 300 » 7 100	45±14	47±15	49±16	51±16		
» 7 100 » 8 000	47±15	49±16	51±16	54±17		
» 8 000 » 9 000	51±16	53±16	56±17	—		
» 9 000 » 10 000	53±16	56±17	—	—		
» 10 000 » 11 200	56±17	—	—	—		

Примечание. Данные табл. 70 распространяются на детали, у которых $L > 1,5H_0$ и $H_0 \leq B \leq 1,5H_0$.

71. Дополнительный припуск для поковок круглого и квадратного сечения с уступами, изготавливаемых на прессах

Дополнительный припуск на диаметр (размер)	Разность диаметра (размеров) сечений	Дополнительный припуск на диаметр (размер)	Разность диаметра (размеров) сечений
2	До 56	19	Св. 500 до 530
3	Св. 56 до 80	20	Св. 530 до 560
4	Св. 80 до 112	22	Св. 560 до 600
5	Св. 112 до 140	23	Св. 600 до 630
7	Св. 140 до 180	24	Св. 630 до 670
8	Св. 180 до 224	25	Св. 670 до 710
9	Св. 224 до 250	27	Св. 710 до 750
10	Св. 250 до 280	29	Св. 750 до 800
12	Св. 280 до 315	30	Св. 800 до 850
13	Св. 315 до 355	32	Св. 850 до 900
14	Св. 355 до 400	34	Св. 900 до 950
15	Св. 400 до 425	36	Св. 950 до 1000
16	Св. 425 до 450	40	Св. 1000 до 1100
17	Св. 450 до 475	45	Св. 1100 до 1200
18	Св. 475 до 500	50	Св. 1200 до 1300



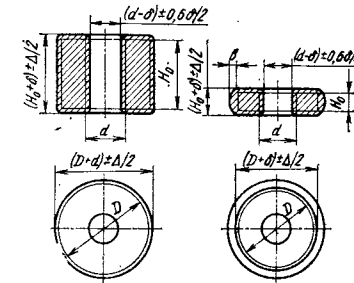
Размеры в мм

Примечание. По табл. 69 и 70 выбирают основные припуски δ и предельные отклонения $\pm \frac{\Delta}{2}$ на диаметры (размеры) рассматриваемого сечения.

Припуски и предельные отклонения на общую длину и размеры от единой базы до выступов и уступов выбирают в соответствии с эскизом к табл. 71. За базу выбирают торец выступа наибольшего диаметра. Затем назначают дополнительный припуск по табл. 71 на диаметры всех сечений, кроме основного, в зависимости от разности диаметров основного и рассматриваемого сечения детали. Для поковок с квадратными (прямоугольными) сечениями вместо диаметров принимают размеры стороны сечения.

72. Припуски и предельные отклонения размеров для поковок типа муфты и дисков сплошных и с отверстиями, изготавливаемых на прессах (группа точности II)

Высота детали H_0	Диаметр детали D									
	св. 200 до 224	св. 224 до 250	св. 250 до 280	св. 280 до 315	св. 315 до 355	св. 355 до 400	св. 400 до 450	св. 450 до 500	св. 500 до 560	
Припуски (δ) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$)										
От 125 до 160	14±5	15±6	16±7	17±7	18±7	19±7	20±8	21±8	22±9	23±9
Св. 160 » 200	15±6	16±7	17±7	18±7	19±7	20±8	21±8	22±9	23±9	24±10
» 200 » 250	16±7	17±7	18±7	19±7	20±8	21±8	22±9	23±9	24±10	25±10
» 250 » 315	17±7	18±7	19±7	20±8	21±8	22±9	23±9	24±10	25±10	26±11
» 315 » 400	18±7	19±7	20±8	21±8	22±9	23±9	24±10	25±10	26±11	27±11
» 400 » 500	—	—	21±8	22±9	23±9	24±10	25±10	26±11	27±11	28±11
» 500 » 630	—	—	—	—	24±10	25±10	26±11	27±11	28±11	29±12
» 630 » 800	—	—	—	—	—	—	27±11	28±11	29±12	30±12
» 800 » 1000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30±12
Диаметр детали D										
Высота детали H_0	св. 560 до 630	св. 630 до 710	св. 710 до 800	св. 800 до 900	св. 900 до 1000	св. 1000 до 1120	св. 1120 до 1250	св. 1250 до 1400	св. 1400 до 1550	
	Припуски (δ) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$)									
От 125 до 160	23±9	24±10	25±10	26±11	27±11	28±11	29±12	30±12	31±13	32±13
Св. 160 » 200	24±10	25±10	26±11	27±11	28±11	29±12	30±12	31±13	32±13	33±14
» 200 » 250	25±10	26±11	27±11	28±11	29±12	30±12	31±13	32±13	33±14	34±14
» 250 » 315	26±11	27±11	28±11	29±12	30±12	31±13	32±13	33±14	34±14	35±14
» 315 » 400	27±11	28±11	29±12	30±12	31±13	32±13	33±14	34±14	35±14	37±14



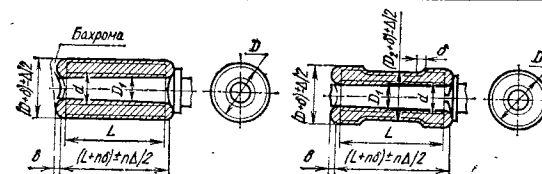
Размеры в мм

Продолжение табл. 72

Высота детали H_0	Диаметр детали D								
	Св. 560 до 630	Св. 630 до 710	Св. 710 до 800	Св. 800 до 900	Св. 900 до 1000	Св. 1000 до 1120	Св. 1120 до 1250	Св. 1250 до 1400	Св. 1400 до 1550
	Припуски (δ) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$)								
Св. 400 до 500	28±11	29±12	30±12	31±13	32±13	33±14	35±15	37±15	39±16
» 500 » 630	29±12	30±12	31±13	32±13	33±14	35±14	37±15	39±16	41±17
» 630 » 800	30±12	31±13	32±13	33±14	35±14	37±15	39±16	41±17	43±18
» 800 » 1000	31±13	32±13	33±14	35±14	37±15	39±16	41±17	43±18	45±19
» 1000 » 1120	—	33±14	35±14	37±15	39±16	41±17	43±18	45±19	47±20
» 1120 » 1250	—	—	37±15	39±16	41±17	43±18	45±19	47±20	49±21
» 1250 » 1400	—	—	—	41±17	43±18	45±19	47±20	49±21	51±21
» 1400 » 1550	—	—	—	—	45±19	47±20	49±21	51±21	53±22
» 1550 » 1700	—	—	—	—	—	49±21	51±21	53±22	55±23
Высота детали H_0	Диаметр детали D								
	св. 1550 до 1700	св. 1700 до 1850	св. 1850 до 2000	св. 2000 до 2200	св. 2200 до 2400	св. 2400 до 2600			
	Припуски (δ) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$)								
От 125 до 160	32±13	33±14	35±14	—	—	—			
Св. 160 » 200	33±14	35±14	37±15	39±16	—	—			
» 200 » 250	36±14	37±15	39±16	41±17	43±18	—			
» 250 » 315	37±15	39±16	41±17	43±18	45±19	47±20			
» 315 » 400	39±16	41±17	43±18	45±19	47±20	49±21			
» 400 » 500	41±17	43±18	45±19	47±20	49±21	51±21			
» 500 » 630	43±18	45±19	47±20	49±21	51±21	53±22			
» 630 » 800	45±19	47±20	49±21	51±21	53±22	55±23			
» 800 » 1000	47±20	49±21	51±21	53±22	55±23	57±24			
» 1000 » 1120	49±21	51±21	53±22	55±23	57±24	59±25			
» 1120 » 1250	51±21	53±22	55±23	57±24	59±25	61±25			
» 1250 » 1400	53±22	55±23	57±24	59±25	61±25	63±26			
» 1400 » 1550	55±23	57±24	59±25	61±25	63±26	65±27			
» 1550 » 1700	57±24	59±25	61±25	63±26	65±27	67±28			

73. Припуски и предельные отклонения размеров для поковок типа цилиндров с отверстиями с постоянным и переменным по длине сечением, изготавливаемых на прессах (группа точности II)

Высота детали H_0	Диаметр детали D								
	Св. 350 до 400	Св. 400 до 450	Св. 450 до 500	Св. 500 до 560	Св. 560 до 630	Св. 630 до 710	Св. 710 до 800	Св. 800 до 900	Св. 900 до 1000
	Припуски (δ) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$)								
До 1000	30±11	31±11	32±13	33±13	34±13	35±14	36±14	37±15	38±15
Св. 1000 до 1250	31±11	32±13	33±13	34±13	35±14	36±14	37±15	38±15	39±16
» 1250 » 1600	32±13	33±13	34±13	35±14	36±14	37±15	38±15	39±16	40±16
» 1600 » 2000	33±13	34±13	35±14	36±14	37±15	38±15	39±16	40±16	41±17
» 2000 » 2500	34±13	35±14	36±14	37±15	38±15	39±16	40±16	41±17	42±17
» 2500 » 3150	35±14	36±14	37±15	38±15	39±16	40±16	41±17	42±17	43±17
» 3150 » 4000	36±14	37±15	38±15	39±16	40±16	41±17	42±17	43±17	44±18
» 4000 » 5000	37±15	38±15	39±16	40±16	41±17	42±17	43±17	44±18	45±18
» 5000 » 6300	38±15	39±16	40±16	41±17	42±17	43±17	44±18	45±18	47±19
» 6300 » 8000	—	—	41±17	42±17	43±17	44±18	45±18	47±19	48±20
» 8000 » 9000	—	—	42±17	43±17	44±18	45±18	47±19	48±20	50±21
» 9000 » 10000	—	—	—	45±18	46±19	47±19	48±20	50±21	52±21
» 10000 » 11000	—	—	—	47±19	48±20	49±20	51±21	52±21	53±21
» 11000 » 12000	—	—	—	—	50±21	51±21	52±21	53±21	—
Высота детали H_0	Диаметр детали D								
	Св. 900 до 1000	Св. 1000 до 1120	Св. 1120 до 1200	Св. 1200 до 1320	Св. 1320 до 1400	Св. 1400 до 1500	Св. 1500 до 1600	Св. 1600 до 1700	
	Припуски (δ) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$)								
До 1000	—	—	—	—	—	—	—	—	
Св. 1000 до 1250	39±16	40±16	—	—	—	—	—	—	



Размеры в мм

Продолжение табл. 73

Длина детали L	Диаметр детали D							
	Св. 900 до 1000	Св. 1000 до 1120	Св. 1120 до 1200	Св. 1200 до 1320	Св. 1320 до 1400	Св. 1400 до 1500	Св. 1500 до 1600	Св. 1600 до 1700
	Припуски (δ) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$)							
Св. 1 250 до 1 600	40±16	41±17	42±17	43±17	44±18	—	—	—
» 1 600 » 2 000	41±17	42±17	43±17	44±18	45±18	46±19	47±19	48±20
» 2 000 » 2 500	42±17	43±17	44±18	45±18	46±19	47±19	48±20	49±20
» 2 500 » 3 150	43±17	44±18	45±18	46±19	47±19	48±20	49±20	50±21
» 3 150 » 4 000	44±18	45±18	47±19	48±20	49±20	50±21	51±21	52±21
» 4 000 » 5 000	45±18	47±19	48±20	49±20	50±21	51±21	52±21	53±22
» 5 000 » 6 300	47±19	48±20	50±21	51±21	52±21	53±22	54±22	55±23
» 6 300 » 8 000	48±20	50±21	51±21	52±21	53±22	54±22	56±23	57±25
» 8 000 » 9 000	50±21	51±21	52±21	53±22	54±22	56±24	58±25	59±25
» 9 000 » 10 000	52±21	53±22	54±22	55±23	56±24	58±25	60±25	61±26
» 10 000 » 11 000	53±22	54±22	55±23	56±24	58±25	60±25	62±26	63±27
» 11 000 » 12 000	54±22	55±23	56±24	58±25	60±25	62±26	64±27	65±27

Длина детали L	Диаметр детали D						
	Св. 1700 до 1800	Св. 1800 до 1900	Св. 1900 до 2000	Св. 2000 до 2100	Св. 2100 до 2150	Св. 2150 до 2300	Св. 2300 до 2500
	Припуски (δ) и предельные отклонения ($\pm \frac{\Delta}{2}$)						
До 1 000	—	—	—	—	—	—	—
Св. 1 000 до 1 250	—	—	—	—	—	—	—
» 1 250 » 1 600	—	—	—	—	—	—	—
» 1 600 » 2 000	49±20	50±21	51±21	52±21	53±22	55±23	56±24
» 2 000 » 2 500	50±21	51±21	52±21	53±22	55±23	56±24	58±25
» 2 500 » 3 150	51±21	52±21	53±22	55±23	56±24	58±25	60±25
» 3 150 » 4 000	53±22	54±22	55±23	56±24	58±25	60±25	62±26
» 4 000 » 5 000	54±22	55±23	56±23	58±25	60±25	62±26	64±27
» 5 000 » 6 300	56±23	57±24	58±25	60±25	62±26	64±27	66±28
» 6 300 » 8 000	58±25	59±25	60±25	62±26	64±27	66±28	68±29
» 8 000 » 9 000	60±25	61±26	62±26	64±27	66±28	68±29	70±30
» 9 000 » 10 000	62±26	63±26	64±27	66±28	68±29	70±30	—
» 10 000 » 11 000	64±27	65±27	66±28	68±29	70±30	—	—
» 11 000 » 12 000	66±28	67±29	69±29	—	—	—	—

Примечание. Данные табл. 73 распространяются на детали, у которых $L > 1,2D$ и $d \geq 0,5D$. При этом минимальная толщина стенки поковки не должна быть менее 100 мм.

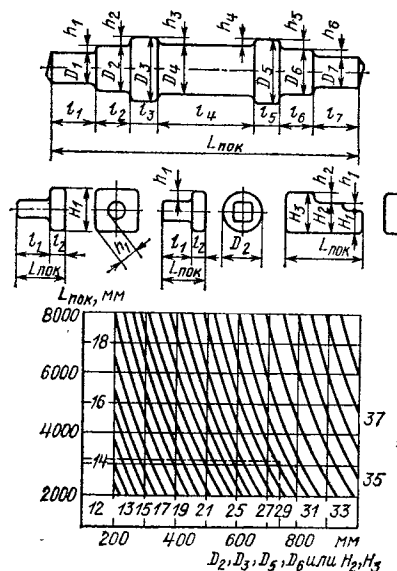


Рис. 21. К определению наименьшей высоты уступов и выемок при ковке на прессах

Во избежание перерезывания волокон металла при обработке резанием необходимо, чтобы контур поковки максимально соответствовал контуру детали. Количество уступов и выемок на поковке зависит от возможности их выполнения при ковке, а также от наличия соответствующего инструмента и количества однотипных поковок. Для небольшого числа поковок изготовление специального инструмента часто обходится дороже, чем потери металла на припуски и на увеличение объема механической обработки.

Образование уступов практически возможно при ковке только при определенной разнице диаметров выступа и уступа и достаточной длине последнего. Ковка коротких уступов с малой высотой выступа экономически нецелесообразна.

Уступы и выемки не обжимают, если разность их диаметров и диаметров прилегающих участков меньше определенной величины и если они малой длины, хотя указанная разность диаметров достаточная. Промежуточные уступы обжимают при меньшей разности их диаметров и диаметров прилегающих участков, а также при

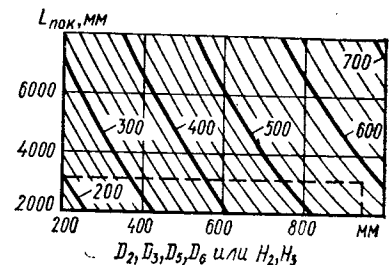


Рис. 22. К определению наименьшей длины уступов и выемок при ковке на прессах

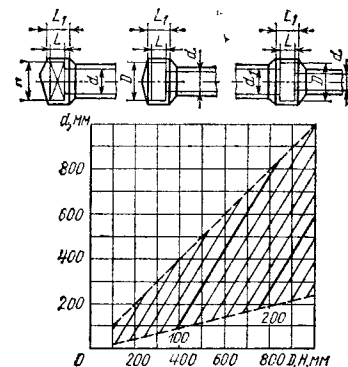


Рис. 23. К определению наименьшей длины буртов при ковке на прессах

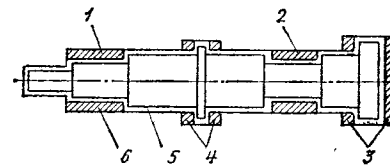


Рис. 24. Схема нанесения напусков на поковку типа вала: 1 — на уступ; 2 — на выемку; 3 — на фланец; 4 — на бурт; 5 — припуски; 6 — контур детали

меньшей их длине по сравнению с диаметрами и длиной выемок и концевых уступов.

На рис. 21—23 приведены графики для определения наименьших длин буртов, уступов и выемок. При определении наименьшей высоты уступов h_1, h_2, h_3 и h_4 (см. рис. 21) и глубины выемок h_3 и h_4 исходят из общей длины поковки $L_{пок}$ и диаметров выступа D_2, D_3, D_4, D_5, D_6 (или

H_2, H_3), прилегающего к уступу. Например, при определении наименьшей высоты h_1 берут общую длину $L_{\text{пок}}$ и диаметр выступа D_2 , для h_2 принимают $L_{\text{пок}}$ и D_3 и т. д. Если $L_{\text{пок}} = 3100$ мм и $D_2 = 740$ мм (см. рис. 21), наименьшее значение h_1 составляет 30 мм. Наименьшие длины уступов l_1, l_2, l_3 и т. д. (см. рис. 21), которые могут быть получены при ковке, также определяют исходя из общей длины поковки и диаметра или высоты прилегающего выступа по зависимостям на рис. 22. Если общая длина поковки $L_{\text{пок}} = 3100$ мм, а диаметр $D_3 = 940$ мм, то наименьшая длина уступа $l_2 = 580$ мм (см. штриховую линию на рис. 22).

Наименьшую поковочную длину бурта определяют по диаграмме (см. рис. 23) исходя из его диаметра (стороны квадрата H) и диаметра d прилегающего уступа или выемки.

Поковочная наименьшая длина фланца должна быть в 1,5 раза больше поковочной длины бурта, определенной по рис. 23. На рис. 24 показаны места нанесения напусков на элементы поковки, которые нельзя определить по диаграммам, приведенным на рис. 21—23.

Определение массы и размеров заготовки. Основная часть массы заготовки приходится на массу поковки, которую определяют умножением объема поковки (дм³) на плотность (кг/дм³). Для подсчета объема поковки разбивают на элементарные участки и определяют их объем по геометрическим формулам. При этом в расчетах используют номинальные размеры поковки (без учета допусков). Массу галтелей на поковке определяют по номограммам.

Масса заготовки (слитка)

$$G_{\text{заг}} = G_{\text{пок}} + G_{\text{приб}} + G_{\text{дн}} + G_{\text{обс}} + G_{\text{уч}},$$

где $G_{\text{пок}}$, $G_{\text{приб}}$, $G_{\text{дн}}$, $G_{\text{обс}}$, $G_{\text{уч}}$ — соответственно масса поковки, прибыльной части слитка, донной части слитка, обсечек и угара (при ковке покрыва $G_{\text{приб}} = G_{\text{дн}} = 0$).

Для слитков, заливаемых сверху с утепленной надставкой, масса прибыльной части $G_{\text{приб}}$ составляет 20—25 % массы слитка для конструкционной углеродистой стали и 25—30 %

массы слитка для конструкционной легированной стали. Для слитков, отливаемых без утепленной надставки, масса прибыльной части составляет 35—40 % массы слитка. Для инструментальной легированной стали при заливке в нормальные изложницы $G_{\text{приб}}$ может достигать 50—60 % массы слитка. Масса донной части слитка $G_{\text{дн}}$ составляет 3—5 % массы слитка для углеродистой стали и 5—7 % для легированной стали. При ковке катаной заготовки $G_{\text{приб}} = G_{\text{дн}} = 0$.

Рассчитать массу обсечек затруднительно, так как она зависит от конкретного технологического процесса. Поэтому обычно составляют нормали и диаграммы исходя из статистических данных $G_{\text{обс}}$ для поковок сходной конфигурации. Можно достаточно точно подсчитать только отход металла при прошивке и концевые отходы при отрубке концов.

Отход металла при прошивке

$$V = k \frac{\pi d^2}{4} H_{\text{заг}},$$

где k — коэффициент, учитывающий условия прошивки (при прошивке сплошным прошивком с кантовкой $k = 0,20 \div 0,25$; при прошивке с подкладным кольцом $k = 0,70 \div 0,75$); d — диаметр прошиваемого отверстия; $H_{\text{заг}}$ — высота заготовки перед прошивкой.

При прошивке пустотелым прошивком

$$V = (1,1 \div 1,15) \frac{\pi d_{\text{вн}}^2}{4} H_{\text{заг}},$$

где $d_{\text{вн}}$ — внутренний диаметр прошивки.

Если при ковке длинных поковок не предусмотрен избыточный материал на отрубку концов, то не выдерживаются размеры по длине или ухудшается качество торца изделия — образуется бочка, как при протяжке. При образовании бочки или торцовой конической утяжины увеличивается объем последующей металлообработки. Длина отрубаемой части должна быть достаточной для возможности отрубки и получения торца хорошего качества.

При ковке на молоте длина на отрубку:

для круглой поковки $L = 0,36D_{\text{пок}} + 15$;

для поковки с прямоугольным сечением $L = 0,25A_{\text{пок}} + 15$.

При ковке на прессе длина на отрубку:

для круглой поковки $L = 0,25D_{\text{пок}} + 25$;

для поковки с прямоугольным сечением $L = 0,13A_{\text{пок}} + 50$.

Здесь $D_{\text{пок}}$ и $A_{\text{пок}}$ — соответственно диаметр и меньшая сторона прямоугольного сечения поковки.

Отход на угар берут в процентах от массы нагреваемого металла. При нормальных условиях за каждый нагрев в среднем угар составляет 3 % массы нагреваемого металла. При каждом подогреве угар составляет 1,5 %. При ковке из проката угар меньше, чем при ковке из слитков (из-за меньшего времени нагрева); он составляет 2—2,5 % массы заготовки.

Расчеты массы заготовки при ковке поковок различных форм значительно упрощаются при использовании нормативных коэффициентов выхода годного.

Коэффициент выхода годного $\eta_{\text{пок}}$ определяет экономичность предложенного технологического процесса:

$$\eta_{\text{пок}} = \frac{G_{\text{пок}}}{G_{\text{заг}}}.$$

Величину $k_p = \frac{1}{\eta_{\text{пок}}} = \frac{G_{\text{заг}}}{G_{\text{пок}}}$, обратную $\eta_{\text{пок}}$, называют коэффициентом расхода металла.

Для разного типа поковок, получаемых из слитков и проката, существуют нормативные коэффициенты выхода годного (иногда их выражают в процентах) или расхода металла. Тогда примерная масса заготовки

$$G_{\text{заг}} = \frac{G_{\text{пок}}}{\eta_{\text{пок}}} = k_p G_{\text{пок}}.$$

Массу заготовки можно определить с помощью номограмм.

При ковке рекомендуется использовать следующие значения уковки и осадки:

при биллетировке нормальных слитков $y = 1,15 \div 1,2$;

при осадке слитков для улучшения качества металла $y = 2 \div 3$;

при протяжке слитков после улучшающей осадки $y \geq 2$;

общая уковка при протяжке нормальных слитков из углеродистой и среднелегированной сталей $y_{\text{общ}} = 2,5 \div 3,75$ (меньшее значение для слитков массой 1 т, большее — для слитков массой 200 т; для удлиненных слитков $y_{\text{общ}} \geq 2$);

для заготовительных операций значения уковки и осадки следующие: $y \geq 2,5$ при протяжке по схеме круг—круг; $y \geq 1,8$ при протяжке по схеме круг—квадрат—круг или квадрат—квадрат; $y \geq 1,5$ при протяжке с оправкой; $y \geq 1,8$ при раскатке; $y \geq 1,8 \div 2$ при заковке отверстий;

общая уковка при ковке легированных сталей $y_{\text{общ}} = 3 \div 10$ ($y_{\text{общ}}$ в этом случае зависит от направлений продольных волокон в поковке и действия наибольших напряжений в детали; чем больше степень совпадения этих направлений, тем больше уковка);

при использовании проката в качестве заготовки необходимо, чтобы $y_{\text{тип общ}} \geq 1,25$, так как это обеспечивает измельчение выросших при нагреве зерен металла заготовки.

Указанные степени уковки необходимо обеспечить для наибольших сечений заготовки.

Определяющими факторами при выборе проката или слитка дляковки данной поковки являются ее масса и марка материала. Если масса поковки из углеродистой стали не превышает нескольких сот килограммов, то применяют прокат. При массе поковки типа вала $>700 \div 800$ кг и типа колец и дисков >200 кг применяют слитки. Если материал поковки легированная сталь, то иногда применяют слитки для относительно мелких поковок (массой 100 кг и более), т. е. все зависит от марки материала.

Зная массу слитка и тип поковки, выбирают тип слитка (обычный, удлиненный и т. д.). Для ответственных поковок куют из отдельного слитка одну поковку. В других случаях массу слитка и число получаемых из него поковок определяют исходя из удобстваковки и наименьшей себестоимости поковки. После определения типа заготовки (слиток или прокат) устанавливают требуемую уковку для получения качественной поковки. Затем рассчитывают размеры заготовки.

Выбор размеров заготовки зависит от ее типа (слиток, прокат) и основной

74. Классификация поковок по группам (I—VII) и по подгруппам (1, 2 и т. д.)

Инструмент	I						II						III					
	Цилиндрические поковки с уступами						Прямоугольные сечения гладкие и с уступами						Смешанных сечений (сплошные с уступами и расположением отдельных частей в одной, двух, трех и более плоскостях)					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6		
Вырезные бойки	Протяжка	Протяжка и осадка	Протяжка и пережим	Протяжка, осадка и пережим	Протяжка, осадка, пережим и уступы	Протяжка и осадка с образованием выступа	Протяжка	Протяжка и осадка	Протяжка, осадка и пережим	Протяжка, осадка и пережим	Протяжка, осадка, пережим и уступы	Протяжка, осадка, пережим и уступы	Протяжка, осадка, пережим и уступы	Протяжка, осадка, пережим и уступы	Протяжка, пережим и уступы, передача и скручивание	Протяжка, пережим и уступы, передача и скручивание		
	При обеспечении необходимой уковки без осадки, когда вырез бойков соответствует сечению слитка (заготовки) и не требуется разделение отдельного инструмента	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
Плоские бойки или верхний плоский боек, нижний вырезной	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			

Продолжение табл. 74

Инструмент	IV			V			VI			VII			
	Цилиндрические поковки с малыми уступами			Цилиндрические поковки с малым отношением длины к размеру сечения			Цилиндрические поковки с большими уступами и большим отношением длины к размеру сечения			С криволинейной осью			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	Различные способы ковки и гибка			
Вырезные бойки	Протяжка, осадка и уступом и прошивка	Протяжка, осадка с уступом и прошивка	Протяжка, осадка, прошивка и раскатка	Протяжка, осадка, прошивка и раскатка	Протяжка, осадка, прошивка и раскатка с оправкой	Протяжка, осадка, прошивка и раскатка с оправкой	Протяжка, осадка, прошивка и раскатка с оправкой	Протяжка, осадка, прошивка и раскатка с оправкой	Протяжка, осадка, пережим и уступы, прошивка и протяжка с оправкой	Протяжка, осадка, пережим и уступы, прошивка и протяжка с оправкой	Протяжка, осадка, пережим и уступы, передача	Протяжка, пережим и уступы, передача и скручивание	Протяжка, пережим и уступы, передача и скручивание
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Плоские бойки или верхний плоский боек, а нижний вырезной	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Когда перед отрубкой заготовки производят значительную протяжку и вырез бойков соответствует сечению поковки

Когда перед отрубкой обжимают только ребра и грани заготовки

В зависимости от операций указанных для других групп
То же

формоизменяющей операции при ковке (протяжки, осадки).

Пусть основной операцией является протяжка. Тогда при ковке из слитка, исходя из рассчитанной массы заготовки, находят слиток с ближайшей к ней большей массой и устанавливают его размеры. Затем по соотношениям поперечных размеров проверяют, обеспечит ли этот слиток достаточную уковку.

Если слиток данной массы не обеспечивает нужной степени уковки, то выбирают слиток большей массы по поперечному сечению с учетом уковки. В этом случае куют поковку с отходом, годным для изготовления другой поковки, или из одного слитка две или несколько одинаковых поковок.

Кроме того, если по техническим условиям допускается проводить вначале осадку, то подсчитывают уковку, исходя из площади поперечного сечения осаженой заготовки.

Для определения размеров заготовки при ковке из проката протяжкой находят площадь заготовки $F_{заг} = \gamma_{мин} общ F_{макс} пок$.

Полученное значение $F_{заг}$ округляют до ближайшего большего значения по ГОСТу, длину заготовки определяют исходя из объема и площади заготовки.

При изготовлении поковки осадкой с учетом ранее определенной массы (объема) заготовки определяют размеры поковки с учетом того, что $1,25 \leq H_{заг}/D_{заг} \leq 2,5$.

Классификация поковок. Основные, вспомогательные и отделочные кузнечные операции и их последовательность, а также основной и вспомогательный инструмент и приспособления выбирают с учетом формы, материала, массы поковки, технических условий на ее изготовление и т. д. Целесообразно производить выбор основных, вспомогательных и отделочных операций по технологическому процессуковки аналогичной детали в условиях данного предприятия. В этом случае полностью учитывается предшествующий опыт, возможности данного предприятия, имеющееся оборудование и инструмент.

Если выбор основных и вспомогательных операций указанным способом невозможен, то используют классифи-

кацию поковок, представленную в табл. 74.

К группе I поковок относят штоки, оси, валы, коленны, цапфы, роторы и т. п.; ко II — плиты, пластины, штамповые кубики, вкладыши, шпиндели и т. п.; к III — коленчатые валы и т. п.; к IV — диски, фланцы, колеса, крышки, муфты, шестерни и т. п.; к V — бандаж, кольца и т. п.; к VI — барабаны, полые валы, цилиндры и т. п.; к VII — крюки, бугели, скобы, днища и т. п.

4. ПРИМЕРЫ КОВКИ НА МОЛОТАХ И ПРЕССАХ

Ковка на молотах. 1. Вал-шестерня (рис. 25, а), изготовленная из стали 40Х, имеет массу 75 кг. Поковка относится к подгруппе 3 группы I (см. табл. 74). Основные припуски и допуски на диаметры ступеней, общую длину поковки и длины выступов и уступов выбирают по табл. 63 и ГОСТ 7829—70.

Кроме того, назначают дополнительный припуск S , учитывающий эксцентриситет. При разности наибольшего (173 мм) и наименьшего (105 мм) диаметров детали, равной 68 мм, дополнительный припуск $S = 4$ мм.

Определим объем и массу поковки (см. рис. 25, б).

Объем поковки по участкам

$$V_{пок} = \frac{\pi 12^2}{4} 40,6 + \frac{\pi 18,6^2}{4} 21 + \frac{\pi 12^2}{4} 39,2 = 16250 \text{ см}^3.$$

Масса поковки

$$G_{пок} = 16250 \cdot 7,85 = 129000 \text{ г} = 129 \text{ кг}.$$

Масса заготовки из проката

$$G_{заг} = G_{пок} + G_{обр} + G_{уч}.$$

Здесь масса концевое отхода

$$G_{обр} = \gamma_{обр} \frac{\pi d_{обр}^2}{4} = 7,85 \cdot 4 \frac{\pi 12,5^2}{4} = 3,8 \text{ кг},$$

где

$$l_{обр} \approx \frac{1}{3} d_{обр} = \frac{12,5}{3} \approx 4 \text{ см}.$$

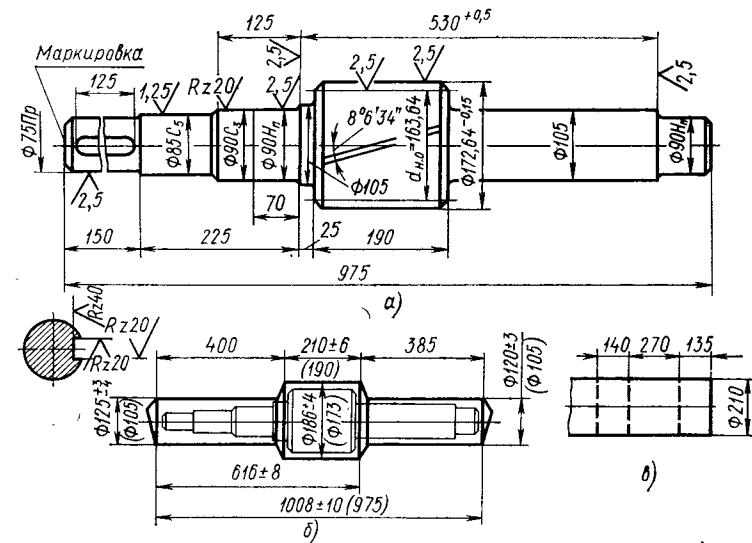


Рис. 25. Вал-шестерня (а), поковка (б) и эскиз переходовковки (в)

В расчет принимают массу одной обрубаемой части, так как куют от прутка.

Массу угара принимаем 2,5 % массы нагреваемого металла ($G_{заг}$). Итак, масса заготовки

$$G_{заг} = \frac{129 + 3,8}{0,975} = 137 \text{ кг}.$$

Выход годного

$$\eta_{пок} = \frac{G_{пок}}{G_{заг}} 100 = \frac{129}{137} 100 = 94 \text{ \%}.$$

Определим размеры исходной заготовки. При ковке из проката уковка $y \geq 1,25$. Примем $y = 1,5$; тогда

$$y = \frac{F_{заг}}{F_{пок}} = \frac{D_{заг}^2}{D_{пок}^2}.$$

Отсюда найдем

$$D_{пок} = 18,6 \text{ см};$$

$$D_{заг} = \sqrt{1,5 \cdot 18,6^2} = 24 \text{ см}.$$

Длина

$$L_0 = \frac{4V_{заг}}{\pi D_{заг}^2} = \frac{4G_{заг}}{\pi \gamma D_{заг}^2} = \frac{4 \cdot 137}{\pi 24^2 \cdot 7,85} = 39 \text{ см}.$$

1/2 16 П/р Е. И. Семенова

Размеры исходной заготовки $D_{заг} = 240$ мм, $L_{заг} = 390$ мм.

Для $G_{пок} = 129$ кг и $D_{пок} = 186$ мм и с учетом того, что поковку изготовляют только протяжкой (без осадки), выбирают молот с массой падающих частей 2 т.

Эскиз переходовковки показан на рис. 25, в. Куют с помощью манипулятора с одного нагрева. Температурный интервалковки 1200—700 °С. Вначале выполняют протяжку на диаметр 210 мм и $l = 480$ мм, затем отмечают заготовку по эскизу (рис. 25, в) и куют вал по чертежу поковки (рис. 25, б).

2. Трехколенчатый вал. Поковка из стали Ст5 или легированной стали относится к подгруппе 5 группы III (см. табл. 74). Дляковки используют молот с массой падающих частей 3 т. Поковка и схемаковки показаны на рис. 26. Куют заготовку квадратного или круглого сечения. По схеме (рис. 26, б) выполняют следующие операции:

ковку заготовки в зоне колен до получения прямоугольного сечения (1); разметку по шаблону, пережим колен I—III и шеек вала (2); передачу колена II с помощью накладок (3);

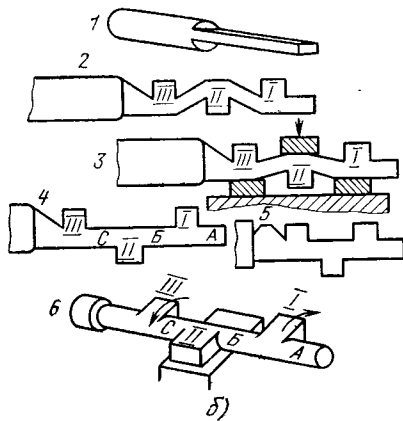
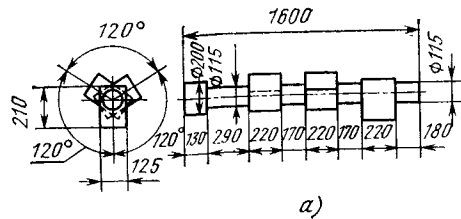


Рис. 26. Поковка (а) и схема ковки (б) трехколенчатого вала

ковку шеек А, Б, С вала на круглое сечение и отделение кованой заготовки от основной заготовки (4); ковку фланца, пережим шейки у фланца и ковку шейки (5); скручивание шейки Б для поворота колена I и скручивание шейки С для поворота колена III (6). Колена I и III скручивают вилками. В это время колено II зажимается бойками молота.

Колена III и II скручивают в противоположные стороны до тех пор, пока колена I—III не будут расположены под углом 120°. В конце процесса поковку правят и маркируют.

Ковка на прессах. 1. Вал-шестерня. Чертеж поковки и размеры детали даны в технологической карте ковки № 1.

Масса поковки 5200 кг, материал — сталь 30Х2 ГМТ. Куют на прессе с усилием 25 МН. Поковка относится к подгруппе 4 группы I (см. табл. 74).

Чертеж поковки составляет по чертежу поковки, прошедшей обдирку и поступающей на термообработку. Со

стороны прибыльной части предусмотрен припуск 220 мм для подвески поковки после обдирки при термообработке.

Переходы ковки, расход металла на поковку и масса отходов даны в технологической карте ковки № 1.

2. Коленчатый вал из стали 50 имеет массу 2720 кг (рис. 27, а). Куют из слитка массой 3850 кг. Поковка относится к подгруппе 3 группы III (см. табл. 74). Переходы ковки показаны на рис. 27.

За первый вынос* (рис. 27, б) протягивают цапфу под патрон, обжимают грани слитка на диаметр 615 мм и обрубают донную часть.

* Вынос — время выполнения части технологического процесса ковки между нагревом и подогревом или между двумя подогревами заготовки.

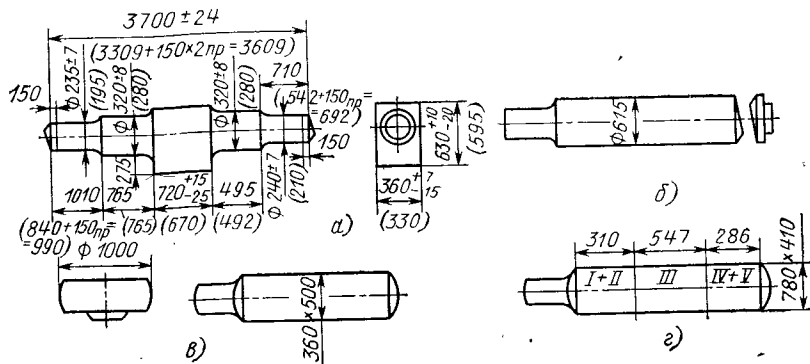
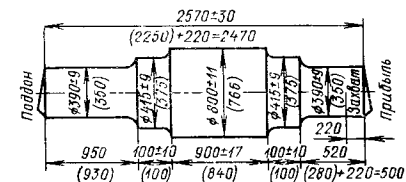


Рис. 27. Поковка (а) и переходы ковки (б—в) коленчатого вала

Технологическая карта ковки № 1

Наименование детали: вал-шестерня						
Заказ _____	Чертеж _____		Баланс металла			
	Сталь 30Х2ГМТ	Механические свойства поковки	Пресс усилием 25 МН			
Химический состав, %: 0,28—0,35 С; 1,0—1,3 Мп; 0,17—0,37 Si; 0,02—0,06 Ti; 1,7—2,0 Cr; 0,4—0,6 Mo; 0,04 P; 0,04 S	Группа III; ГОСТ 8179—69** $\sigma_B \geq 1100$ МПа; $\sigma_T \geq 900$ МПа; KCV ≥ 800 кДж/м ² НВ 250—290	Число по- ковок Число по- ковок из слитка Норма вре- мени на ковку Стоимость ковки по- ковки Темпера- тура на- чала ковки Темпера- тура конца ковки Охлажде- ние после ковки	1	Состав- ляющая:	кг	%
			1	Слиток	8000	100
			95 мин	Поковка Прибыль	5200 2000	65 25
			876,4 коп,	Поддон	400	5
			1230°	Угар	400	5
		820°				
		В печи				

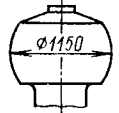
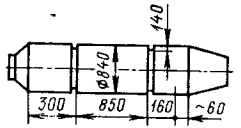


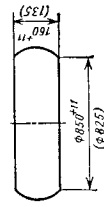
Особые замечания


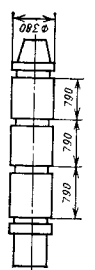
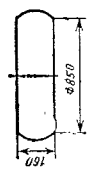
1. На эскизе размеры диаметров в скобках — обдирочные (+10 мм)
2. После ковки следует изотермический отжиг
3. Отходы маркировать ХМ

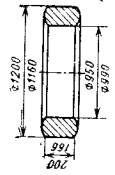
Операция	Эскизы переходов и инструмента	Норма временн и расценка
Нагрев до 1230 °С Обжатие прибыльной части слитка массой 8 т Биллетировка на Ø 710 мм Посадка заготовки в печь		17 мин; 156,8 коп.

Продолжение карты № 1

Операция		Эскизы переходов и инструмента		Норма времени и расценка	
Нагрев до 1230 °С Осадка до \varnothing 1150 мм верхней осадочной плитой по чертежу Протяжка на \varnothing 840 мм				78 мин; 719,6 коп.	
Разметка и наметка по эскизу Обжатие донной и прибыльной частей на \varnothing 415 мм с переходом на \varnothing 390 мм и с разворотом слитка Правка. Отрубка донной части слитка и поковки. Маркировка				—	
Технологический цикл					
Отливка	Нагрев	Ковка	Отжиг	Обработка резанием	Термообработка
Дата	Разработал технолог	Проверил начальник бюро	Утвердил начальник отдела	Согласовано с цехом	

Лит.	Технологическая карта ковки поковок из слитков № 2	Лит.	Эскиз поковки	Марка стали	Технические условия на поковку	
					Группа II	Группа II
				Сталь 45	Количество деталей в поковке	Баланс металла
					1	700×3
					3	Поковки
					Удлиненный	Прибыль
						410
					детали	Поддон
						865
					поковки	Угар
						165
					слитка	Прочие отходы
						2385
					Отходы, кг	
					Годный остаток	
					Итого	
					100	
					Коэффициент использования металла	
					Профиль и размеры годного остатка	
					Использование годного остатка	
					Охлаждение после ковки	
					В печи	

№ операции	Операционные эскизы поковки	Содержание операции	Уковка	Температурный интервал ковки, °С		Оборудование	Инструмент основной и вспомогательный	Норма времени	Примечание			
				Начало	Конец							
		Ковать цапфу $\varnothing 320$ мм и длиной 480 мм с обжимом до 40 мм за ход прессы Обжать ребра и грани слитка на $\varnothing 450$ мм с обжимом до 40 мм за ход прессы	1,1			Пресс усилим 20 МН	Бойки: верхний — плоский, нижний — вырезной Кронциркуль Измерительная линейка		Приемку слитка производить по инструкции № Транспортирные работы производить по инструкции №			
		Протянуть на $\varnothing 380$ мм с обжимом до 60 мм в начале и до 40 мм в конце операции за ход прессы Разметить согласно эскизу. Отрубить заготовку	1,4	1240	800					Бойки: верхний — плоский, нижний — вырезной Кронциркуль Измерительная линейка Пережимка Топор		Нагрев производить по инструкции № Охлаждение производить по инструкции №
		Осадить до высоты 160 мм с обжимом до 100 мм в начале и до 40 мм в конце операции за ход прессы Править по плоскости Маркировать Контроль ОТК	4,7							Бойки: верхний — плоский, нижний — плита Кронциркуль Измерительная линейка		

Лит.	Технологическая карта ковки поковки из слитков № 3	Лит.	Эскиз поковки	Марка стали	Технические условия на поковку	Группа II		
						Баланс металла	кг	
				Сталь 45				
		Количество деталей в поковке	1					%
		Количество поковок в слитке	3				650 × 3	65
		Тип слитка	Удлиненный				410	13,6
		Масса, кг	Детали				865	2,9
			Поковки				180	6,0
		Слитка				3745	12,5	
		Коэффициент использования металла		Годный остаток				
		Профиль и размеры годного остатка		Итого			100	
		Использование годного остатка						
		Охлаждение после ковки						

№ операции	Операционные эскизы	Содержание операции	Уковка	Температурный интервал ковки, °С		Оборудование	Инструмент основной и вспомогательный	Норма времени	Примечание
				Начало	Конец				
		Ковать цапфу $\varnothing 320$ мм и длиной 480 мм с обжимом до 40 мм в начале операции за ход пресса. Обжать ребра и грани слитка на $\varnothing 470$ мм с обжимом до 40 мм за ход пресса.	1,1	1240	800	Пресс усиленным 20 МН	Бойки: верхний — плоский, нижний — вырезной Кронциркуль Измерительная линейка Пережимка Топор		Примечание Слитка производить по инструкции № Транспортные работы производить по инструкции № Нагрев производить по инструкции № Охлаждение производить по инструкции №
		Протянуть на $\varnothing 380$ мм с обжимом до 60 мм в начале операции и до 40 мм в конце операции за ход пресса. Разметить согласно эскизу. Огрубить заготовки.	1,4						
		Осадить до высоты 150 мм с обжимом до 100 мм в начале и до 20 мм в конце операции за ход пресса. Прошить отверстие $\varnothing 280$ мм.							
		Раскатать до $\varnothing 1220$ мм с обжимом до 10 мм в начале и 40 мм в конце за ход пресса. Правильно Маркировать. Контроль ОТК.							

Лит.	Технологическая карта ковки поковок из слитков № 4	Лит.	Марка стали	Технические условия на поковку							
				Группа II	Группа II						
Лит.	Эскиз поковки		Сталь 5ХНВ	Количество деталей в поковке	1	Баланс металла	кг	%			
				Количество поковок в слитке	10	Поковки	225×10	75			
				Тип слитка	Удлиненный	Прибыль	410	13,6			
				Масса, кг	Детали	Отходы, кг	Поддон	865	2,9		
					Поковки		Угар	120	4,0		
					Слитка	Прочие отходы	183,5	4,5			
				Коэффициент использования металла			Годный остаток				
				Профиль и размеры годного остатка			Итого			100	
				Использование годного остатка							
				Охлаждение после ковки			В печи				

№ операции	Операционные эскизы	Содержание операции	Уковка	Температурный интервал ковки, °С		Оборудование	Инструмент основной и вспомогательный	Норма времени	Примечание
				Начало	Конец				
		Ковать цапфу Ø 320 мм и длиной 480 мм с обжимом до 40 мм за ход прессы. Обжать ребра и грани слитка на Ø 450 мм с обжимом до 40 мм за ход прессы.	1,1	1200	800	Пресс усилием 20 МН	Бойки: верхний — плоский, нижний — плоский Кронциркуль Измерительная линейка	Приемку слитка производить по инструкции № ... Транспортные работы производить по инструкции № ... Нагрев производить по инструкции № ... Охлаждение производить по инструкции № ...	
		Протянуть сечение 320—250 мм с обжимом до 100 мм в начале операции и до 40 мм в конце за ход прессы. Разметить согласно эскизу. Отрубить заготовки	2,0	1100	800		Бойки: верхний — плоский, нижний — плоский Кронциркуль Измерительная линейка Топор		
		Ковать до поковочных размеров с обжимом до 50 мм в начале операции и до 20 мм в конце за ход прессы. Править. Маркировать. Контроль ОТК					Бойки: верхний — плоский, нижний — плоский Кронциркуль Измерительная линейка		

На втором выносе (рис. 27, в) слиток осаживают до диаметра 1000 мм и протягивают на сечение 360×500 мм.

На третьем выносе (рис. 27, г) заготовку протягивают на сечение 780 × 410 мм и размечают на пять частей по длине поковки (I—V). Затем куют III, II и I части, размечают и пережимают части IV и V заготовки и куют окончательно части III—V. В конце процесса поковки правят, отрубают концевой остаток от части V и поковку от цапфы (прибыли).

Необходимое усилие прессы определяется операцией осадки на диаметр 1000 мм (см. рис. 27, в).

Определим высоту осаживаемой заготовки.

Масса осаживаемой заготовки

$$G_{\text{ос. заг}} = G_{\text{пок}} + G_{\text{приб}} + G_{\text{год. ост}} = 2720 + 106 + 81 = 2907 \text{ кг.}$$

Объем осаживаемой заготовки $V_{\text{ос. заг}}$ равен ее массе, деленной на плотность ($7,85 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$):

$$V_{\text{ос. заг}} = \frac{2907}{7,85 \cdot 10^3} = 378 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 378 000 000 \text{ мм}^3.$$

Высота заготовки после осадки на диаметр 1000 мм

$$H_1 = \frac{378 000 000}{\pi/4 \cdot 1 000 000} = 485 \text{ мм.}$$

Напряжение текучести при 1100 °С для стали 50 равно 31 МПа. Коэффициент ψ примем равным 0,7.

Тогда

$$\begin{aligned} P &= \psi \sigma_T \left(1 + \frac{\mu D_{\text{ос. заг}}}{3H_1} - \frac{1}{3} \frac{H_1^2}{D_{\text{ос. заг}}^2} \right) \frac{\pi D_{\text{ос. заг}}^2}{4} = \\ &= 0,7 \cdot 31 \left(1 + 0,17 \frac{1}{0,485} - 0,33 \frac{0,485^2}{1^2} \right) \frac{3,14 \cdot 1^2}{4} = \\ &= 0,7 \cdot 31 (1 + 0,35 - 0,078) 0,785 = \\ &= 21,7 \text{ МН.} \end{aligned}$$

Таким образом, для осадки требуется пресс усилием порядка 20 МН. Остальные операции ковки можно осуществлять на менее мощном прессе, так как они требуют меньшего усилия.

Выход годного в данном процессе составляет 71 %. Отходы: 17 % на прибыль, 41, % на донную часть, 3,5 % на угар, 2,7 на пробу. Годный остаток 1,7 %.

3. Диск. Эскиз поковки, размеры и переходы даны в технологической карте ковки № 2.

4. Кольцо. Эскиз поковки, размеры и переходы даны в технологической карте ковки № 3.

5. Кубик. Эскиз поковки, размеры и переходы даны в технологической карте ковки № 4.

5. КАЧЕСТВО ПОКОВОК

Качество поковок определяет точность их геометрических форм и размеров, механические свойства, структуру и отсутствие поверхностных и внутренних дефектов. Получение высококачественных поковок зависит от правильной разработки их чертежей, проектирования и выполнения технологического процесса ковки, а также от организации работы технического контроля, в задачу которого входит не только выявление, но и предупреждение брака.

Наряду с производственными операциями в технологические карты вносятся операции контроля, которые разрабатывают технологи, проектирующие технологический процесс. Правильная разработка технологического процесса обеспечивает наилучшие режимы обработки с учетом свойств деформируемых материалов, что исключает нарушение их сплошности или получение неоднородной структуры, ухудшающей механические свойства поковок.

В производственных условиях причинами брака могут быть дефекты исходного материала, дефекты заготовки при нагреве, а также дефекты, вызванные отклонениями от установленного технологического процесса. Таким образом, все звенья отлаженного технологического процесса необходимо постоянно контролировать.

Причиной брака кованных поковок могут быть наружные и внутренние дефекты стального слитка. Трещины и другие поверхностные дефекты при ковке не устраняются, они переходят в поковки. При нагреве в окислительной атмосфере с избытком воздуха может образоваться слой окалины большой толщины (на крупногабаритных слитках 12—15 мм), которая при ковке вдавливается в металл и образует глубокие вмятины на поверхности поковок.

На последних переходахковки при охлаждении заготовок из-за недостаточной пластичности металла могут образоваться трещины. При неправильном нагреве в результате выгорания углерода на поковке из высокоуглеродистой стали может образоваться обезуглероженная поверхность, глубина которой будет превышать припуск на обработку, вследствие чего снижается твердость поверхности изделия после термообработки.

При интенсивной протяжке заготовки круглого сечения, недостаточном ее нагреве или при малой массе падающих частей молота на концах поковки получают вогнутые торцы, увеличивающие концевые припуски. При несоблюдении температурного режимаковки или недоброкачественном исходном материале образуются наружные трещины. Внутренние разрывы (свищи, расслоения) чаще всего возникают вследствие неадекватного веденияковки. При недостаточной проковке слитков в поковке может остаться крупная кристаллическая литая структура, обуславливающая ее пониженные механические свойства.

Размеры поковок в процессековки по переходам и готовых поковок контролируют с помощью универсальных (линеек, рулеток, кронциркулей, нутромеров и др.) и специальных измерительных инструментов. Поковки, изготавливаемые повторяющимися партиями, контролируют шаблонами и скобами. Различают следующие шаблоны: прутковые — для измерения общей длины поковок или заготовок; профильные — для контроля размеров между ступнями и расположения ступней в осевом направлении; контурные — для проверки габаритных размеров и внешнего контура поковок сложной формы. Толщину горячих

поковок в процессековки измеряют предельными скобами, закрепляемыми на специальных державках, и регулируемыеми скобами.

Из напусков, предусмотренных на кованных поковках, вырезают образцы, по которым определяют пределы прочности, текучести, относительное удлинение или сужение, ударную вязкость и твердость поковок.

Приемка поковок послековки перед термообработкой производится по наружному осмотру и размерам отделом технического контроля (ОТК) завода-изготовителя.

Поковки предъявляются к контролю партиями или поштучно без обработки резанием или после предварительной обработки резанием. Поковки в случае необходимости подвергаются правке. При наличии наружных дефектов небольшой глубины их вырубуют. В процессековки также вырубуют трещины.

Технические условия на поковки общего назначения диаметром (толщиной) до 800 мм из конструкционной углеродистой, низколегированной и легированной стали, изготавливаемые ковкой, регламентированы ГОСТ 8479—70*. По ГОСТ 8479—70* поковки разделены на пять групп: I группа — поковки без испытаний; II и III группы — поковки с испытаниями на твердость, причем для поковок II группы предварительную термообработку выполняют одновременно для всей партии, а для поковок III группы — термообработку делают по одинаковому режиму; IV группа — поковки с испытаниями на растяжение, ударную вязкость и твердость для поковок одной плавки стали и при совместной термообработке; V группа — принимается индивидуально каждая поковка.

Сдаточными характеристиками для поковок IV и V групп являются предел текучести и относительное сужение.

Отнесение поковки к той или иной группе производит потребитель, номер группы указывается на чертеже детали.

По требованию потребителя в чертеже поковки или в заказе могут быть назначены дополнительные испытания при сдаче поковок (проверка на флуоресценцию, проба по Бауману, ультразву-

ковой и перископический контроль, величина остаточных напряжений, предел текучести при рабочих температурах, ударная вязкость при рабочих и отрицательных температурах, макро- и микроанализ структуры, проба за загиб, величина зерна и др.).

По химическому составу поковки из углеродистой, низколегированной и легированной стали должны соответствовать требованиям ГОСТ 380—71*, ГОСТ 1050—74**, ГОСТ 19281—73, ГОСТ 4543—71* и другим стандартам или техническим условиям. Допуски и технологические напуски должны соответствовать ГОСТ 7829—70 при ковке на молотах и ГОСТ 7062—79* при ковке на прессах.

Для поковок массой свыше 35 т припуски и напуски устанавливают по технологическим инструкциям, действующим на предприятии-изготовителе.

Поковки, поставляемые после окончательной термообработки, разделяются по категории прочности. Нормы твердости для поковок II и III групп и категории прочности для поковок IV и V групп устанавливаются по соглашению изготовителя с потребителем.

Категории прочности, соответствующие им нормы механических свойств, определяемые при испытании на продольных образцах, и нормы твердости приведены в ГОСТ 8479—70*. Этот ГОСТ предусматривает также рекомендуемые марки стали в зависимости от диаметра (толщины) поковок и требуемой категории прочности. При определении механических свойств на поперечных, тангенциальных или радиальных образцах ГОСТ 8479—70 регламентируется допускаемое снижение норм в процентах.

Условные обозначения для поковок разных групп следующие:

I группа — *Гр. ГОСТ 8479—70**;

II—III группы с твердостью *НВ 143—179*;

Гр. II (III) — НВ 143—179
*ГОСТ 8479—70**;

IV—V группы с категорией прочности *КП 50*;

*Гр. IV (V) — КП50 ГОСТ 8479—70**.

При особых нормах на прочностные и пластические свойства условные обозначения включают эти нормы.

На обрабатываемых поверхностях допускаются отдельные дефекты без удаления, если глубина их, определяемая контрольной вырубкой или зачисткой, не превышает 75 % фактического одностороннего припуска. Если глубина дефектов превышает односторонний припуск, то для поковок из углеродистой и низколегированной стали допускается заварка дефектов с предварительной вырубкой.

Режим термообработки устанавливает предприятие-изготовитель. Отбор проб для определения химического состава производится по ГОСТ 7565—81*, а химический анализ — по ГОСТ 22536.0—77 — ГОСТ 22536.7—77, ГОСТ 12344—78* — ГОСТ 12365—84*.

Изготовление образцов и испытание на растяжение производят по ГОСТ 1497—73*; на ударную вязкость по ГОСТ 9454—78; на твердость по Бринеллю по ГОСТ 9012—59*.

Поковки маркируют в месте, указанном на чертеже поковки. Каждая партия поковок или поковка сопровождается документом о качестве, в котором указывается:

наименование или товарный знак предприятия-изготовителя;
номер заказа;

количество поковок в партии и их масса, номер чертежа;
марка стали и обозначение стандарта или технических условий;
химический состав;
номер плавки;
группа поковок;

категория прочности для IV и V групп или нормы твердости для II и III групп и обозначение ГОСТ 8479—70*;

вид термической обработки;

результаты дополнительных испытаний, предусмотренных чертежом поковки или условиями заказа.

Технические условия на поковки из коррозионностойких сталей и сплавов регламентированы ГОСТ 25054—81, а на поковки из жаропрочных и жаростойких сплавов — ГОСТ 26131—84.

При термообработке поковок (послековки или обдирки) и после нее также

предусматривают контроль, который регламентируется заводскими технологическими инструкциями по термической обработке поковок. Особое внимание при контроле обращают на температуру поковок при загрузке в печь; правильность загрузки печи; заданную скорость нагрева; температуру на-

грева под отжиг, нормализацию, закалку, отпуск; температуру переохлаждения при нормализации; выравнивание температуры при перекристаллизации и отпуске, отжиге и нормализации, охлаждение с температуры отпуска и отжига; температуру поковок при выдаче из печи.

Глава 13

ОСОБЕННОСТИ КОВКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ, ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ ЖАРОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ И ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ

1. КОВКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

Сопротивление деформированию инструментальных сталей в основном зависит от процентного содержания углерода. Чем больше в них углерода, тем ниже пластичность и выше сопротивление деформированию. Наличие в этих сталях вредных примесей (особенно серы и фосфора) приводит к понижению пластичности из-за появления красно- или синеломкости. Влияние легирующих элементов на пластичность и механические свойства инструментальных сталей происходит вследствие замещения в решетке атомов железа атомами легирующего элемента. На основе физико-химических (коэффициента теплопроводности, температуры фазовых превращений и др.) и механических свойств (пластичности, сопротивления деформированию) устанавливают температурный режим нагрева металла под ковку, температуру начала и концаковки, выбор схемы процессаковки и формы бойков, а также степень и скорость деформации.

Металлургическая природа металла слитков

Ковкость инструментальных сталей зависит от металлургической природы и исходного состояния металла. Ковкость $K_{\psi} = \psi/\sigma_{\psi}$ (ψ — относительное сужение в зоне разрыва; σ_{ψ} — временное сопротивление) характеризует поведение металла в процессахковки и горячей объемной штамповки. Ковкость литого металла ниже деформированного, вследствие того что в литом металле все хрупкие составляющие располагаются по границам зерен.

Из-за склонности литого металла при больших степенях деформации разрушаться по границам зерен необходимо при первых переходах производить обжатие граней слитка с небольшой степенью деформации.

Качественное рафинирование металла, т. е. освобождение от вредных примесей, неметаллических включений и газов, можно получить при специальных способах выплавки. Например, для инструментальных сталей наиболее оптимальным способом электрошлакового переплава (ЭШП), количество неметаллических включений при котором уменьшается в 3—4 раза по сравнению со способом открытой дуговой плавки.

Применение ЭШП для штамповых сталей обеспечивает повышение пластичности и вязкости, предела выносливости и изотропности механических свойств.

Ковкость литого металла зависит от дисперсности, устойчивости про-

1. Влияние степени уковки на карбидную неоднородность стали X12M

Масса слитка, кг	Сторона кованого прутка, мм	Степень уковки	Балл карбидной неоднородности по ГОСТ 5950—73 по сечению слитка		
			на краю	на расстоянии 1/2 стороны от центра	в центре
750	130	4,3	4	4—5	8
500		3,2	6	6,5	7,5
300		2,3	5	6,5	9,0
750	90	9,0	4	4	5,0
500		6,8	4	6,5	6,5
300		4,9	4	6,5	7,0
750	60	20,0	2	—	4
500		15,2	2	—	4
300		11,0	3	—	5

2. Влияние массы слитка и степени уковки на карбидную эвтектику сталей X12 и X12Ф1

Масса слитка, кг	Сталь	Диаметр круглых заготовок, мм	Степень уковки	Размеры квадратных заготовок, мм		Степень уковки	Состояние сетки карбидной эвтектики
				Круглые заготовки	Квадратные заготовки		
1000	X12Ф1	140	7,2 *	160	4,4		Разрушена
		130	8,3**	80	17,6		Отсутствует
	X12	130	8,5*	180—160	3,5—4,4		Не разрушена
		120	9,5**	140—100	5,8—11,1		Отсутствует
750	X12Ф1	130	6,1 *	180—160	2,5—3,2		Разрушена не полностью
		120	7,1 **	140—80	4,25—13,0		Разрушена
	X12	120	7,1*	180—140	2,5—4,25		Не разрушена
		100	8,5**	120—80	5,7—13,0		Отсутствует
500	X12	120	5,5*	180—120	1,9—3,8		Не разрушена
		100	7,9**	100—80	6,1—9,7		Отсутствует

* Сетка карбидной эвтектики не разрушена.
** Сетка карбидной эвтектики отсутствует.

тив оплавления и объемного содержания эвтектических составляющих. В табл. 1 приведены данные по карбидной неоднородности инструментальной стали X12M в зависимости от степени уковки, а в табл. 2 данные по влиянию массы слитков и степени уковки на состояние сетки карбидной эвтектики сталей X12 и X12Ф1.

В заготовках больших сечений наиболее благоприятная структура обеспечивается при их производстве из крупных слитков, а для получения сортового проката диаметром менее 60 мм лучше использовать слитки массой 300—500 кг.

В исследуемых слитках характер распределения карбидной эвтектики неодинаков: по мере удаления от поверхности слитка к центру карбидная

эвтектика возрастает. В деформированном металле распределение карбидной эвтектики по сечению поковки также неодинаково. Наиболее тонкая сетка карбидов наблюдается в поверхностных слоях металла. С увеличением степени уковки тонкая карбидная сетка в поверхностных слоях исчезает, а в центральных слоях сохраняется сплошная или разорванная сетка карбидов.

В табл. 3 приведены результаты испытаний образцов, изготовленных из предварительно деформированных заготовок из быстрорежущих сталей разных марок и сплавов. Минимальной ковкостью эти стали обладают в литом состоянии.

Наиболее пластичной из анализируемых сталей табл. 3 является сталь P9, у остальных сталей пластичность сни-

3. Зависимость механических свойств инструментальных сталей от температуры испытаний

Сталь	Серия образцов	Температура испытаний, °С	σ _в , МПа	δ		ψ	КСУ, кДж/м ²	К _Ф , %/МПа
				%				
P18K5Ф2	I	900	163	56,6	58,1	400	0,36	
		1000	93	97,4	66,6	530	0,72	
		1100	61	130,4	77,0	760	1,26	
		1150	46	74,0	82,5	810	1,79	
		1200	35	—	—	420	—	
		1250	28	—	—	80	—	
P9Ф5	II	900	153	37,8	59,2	410	0,39	
		1000	82	65,6	61,9	530	0,75	
		1100	55	60,0	57,1	680	1,04	
		1150	48	51,2	51,4	580	1,07	
		1200	38	52,8	76,3	710	2,01	
		1250	26	—	—	160	—	
P18Ф2	III	20	—	—	—	130	—	
		800	—	—	—	330	—	
		900	189	65,6	56,6	660	0,30	
		1000	141	76,0	60,3	710	0,43	
		1100	82	81,2	63,7	710	0,78	
		1150	56	60,0	59,9	810	1,07	
		1200	40	63,4	61,9	830	1,55	
		1220	31	—	—	660	—	
1250	—	—	—	350	—			
P9	IV	800	130	—	67,5	490	0,52	
		900	81	—	69,8	830	0,86	
		1000	47	—	68,2	1360	1,45	
		1100	27	—	68,2	1150	2,53	
		1150	18	—	55,0	1360	3,05	
		1200	15	—	—	1330	—	

Примечания: 1. Принятые обозначения: КСУ — ударная вязкость.
2. Серия I — образцы изготовлены из заготовок сечением 38×38 мм; серны II—IV — из заготовок сечением 75×75 мм; серны I, IV — образцы послековки; серны II, III — образцы после прокатки и отжига.

жается по мере увеличения степени легирования. Повысить пластичность этих сталей можно в основном деформацией литой структуры путем дробления хрупкой сетки и распре-

деления ее частиц в массе зерен твердого раствора. Быстрорежущая сталь с ярко выраженной карбидной неоднородностью после термической обработки имеет почти в 2 раза более

4. Влияние степени уковки на механические свойства стали 4Х4ВМФС

Масса слитка, кг	Пруток		Температура испытаний, °С	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ	ψ	K_{CV} , кДж/м ²	K_{ψ} , %/МПа
	Сечение заготовки, мм	Степень уковки y		МПа		%			
1000	Круг, 150	7	20 600	1620 910	1800 1070	9,0 16,5	37,0 65,0	450 650	0,02 0,06
	Круг, 80	25,4	20 600	1610 920	1780 1070	10,0 12,0	35,0 52	420 600	0,02 0,05
2080	Квадрат, 180	9,4	20 600	1490 930	1710 1070	9,0 15,0	30 60	250 570	0,02 0,06
	Квадрат, 100	30,2	20 600	1560 920	1760 1090	7,0 14,0	32 60	350 500	0,02 0,05

Примечание. Свойства исследованы на образцах, вырезанных в продольном направлении прутка. Состояние материала образцов: закалка 1060 °С; охлаждение в масле, отпуск 2 ч при 620 °С.

5. Режим отжига слитков инструментальных сталей

Сталь	Режим отжига	
	Температура нагрева, °С	Условия охлаждения
7ХФ, 8ХФ, 9ХФ, 9Х1, 9ХВГ, ХВ4, 7ХГ2ВМ, 7Х3, 8Х3, 5ХНМ, 4ХВ2С, 5ХВ2С, 6ХВ2С	770—790	Одновременно с печью со скоростью 30—40 °С/ч до 450—500 °С, затем в охлаждаемом колодце
ШХ15, ХВГ, 9ХС, 5ХНТ, ХВ4	820—840	Одновременно с печью до 300 °С, затем на воздухе
4Х5МФС, 4ХМФС, 4Х4ВМФС, 5Х3В3МФС, 4Х3ВМФ, 3Х2В8Ф, 3Х3М3Ф	820—840	Одновременно с печью со скоростью 50—60 °С/ч до 550 °С, затем в охлаждаемом колодце
X12, X12Ф1, X12М, X6ВФ, 8Х4В3М3Ф2	860—880	Одновременно с печью со скоростью 60—70 °С/ч, затем в охлаждаемом колодце
P9, P18, P18М	900	Одновременно с печью до 300 °С, затем на воздухе

6. Зависимость продолжительности нагрева от массы слитка

Сталь	Минимальная продолжительность нагрева, ч					
	слитка массой, кг			кованой заготовки со стороной квадрата, мм		
	1000—1400	700—1000	300—600	150—200	100—150	60—100
9Х1, 12Х1, 13Х, 9ХВГ, 7Х3, 8Х3, 9ХФ, ХВГ, 9ХС, 9Х5ВФ, ХВСГ	8	7	6	3,5	3	1,5
X12, X12М, X12Ф1, X12ВМ, 8Х4В3М3Ф2, 8Х6НФТ, 6Х6В3МФС, X12ВМ	14	12	10	4,0	3	2,0
X6ВФ	12	10	8	3	2,5	2,0
ХВ4, 4ХВ2С, 5ХВ2С, 5ХНМ, 3Х3М3Ф, 4ХМФС, 5ХНВ, 3Х2В8Ф, 4Х2В5МФ, 4Х2В2МФС	8	7	6	2,5	2,0	1,0
4Х5МФС, 4Х5В2ФС, 4Х3МВФ	12	8	7	3,5	3	1,0
P18, P18Ф2	15	13	11	7	—	—
P9	12	10	8	5,5	—	—
P9Ф5	—	—	9	7	—	—

низкую прочность и пластичность, чем сталь, в которой карбиды распределены равномерно.

Для получения необходимого качества деформируемого металла углеродистых и среднелегированных инструментальных сталей при изменении массы слитка обычной формы от 1 до 200 т степень уковки рекомендуется применять в пределах 2,5—3,75.

Для высоколегированных, высокохромистых и быстрорежущих инструментальных сталей, содержащих устойчивые карбиды, степень уковки может быть рекомендована в пределах 8—12.

Для некоторых легированных сталей увеличение степени уковки более 7 не вызывает существенного повышения их пластичности, как видно из табл. 4.

Температура нагрева слитков перед ковкой

Процессу нагрева слитков перед ковкой уделяется особое внимание, так как слитки из инструментальных сталей склонны после разлива, при остывании, к образованию дефектов в виде усадочных и интеркристаллических трещин. Поэтому, где это воз-

7. Зависимость пластичности стали от вида испытания при различных температурах

Вид испытания	Температура испытания, °С				
	800	900	1000	1100	1200
Осадка до появления первой трещины, %	45,5	42,7	50,2	68,6	75,2
Растяжение, %: δ ψ	15,1 20,0	28,6 54,1	42,6 84,5	41,8 75,6	34,4 52,0
Протяжка в ромбических бойках до появления трещины, %, в образцах: по концам по середине	18,5 12,9	17,6 12,4	19,0 13,3	20,0 13,6	20,6 15,6

можно, следует подавать слитки для нагрева перед ковкой в горячем состоянии непосредственно после извлечения из изложниц с температурой слитка на поверхности не ниже 700 °С. Для нагрева перед ковкой крупных слитков их следует загружать в печь, температура которой не должна быть выше 600—700 °С. В тех случаях, когда это по каким-либо причинам невозможно, слитки высоколегированных инструментальных сталей подвергают сначала непрерывному замедленному охлаждению в неотапливаемых колодцах до температуры 150—250 °С, а затем отжигу. В табл. 5 приведены режимы отжига слитков некоторых инструментальных сталей.

Температурные интервалыковки различных инструментальных сталей (см. в гл. 1) во избежание получения брака при ковке сталей необходимо строго соблюдать температурные условия начала и концаковки. Для исключения перегрева сталей следует руководствоваться правилом: чем больше в стали углерода, тем ниже должна быть температура начала горячей обработки давлением.

Для предупреждения возникновения трещин по мере понижения температуры металла в процессековки необходимо уменьшать величину единичных обжатий.

В табл. 6 приведены данные минимальной продолжительности нагрева

под ковку слитков и кованых заготовок для некоторых групп инструментальных сталей (см. гл. 1).

От правильно выбранной технологии охлаждения послековки зависит качество металла поковки. Поэтому ускоренное охлаждение применяют только для сталей, нечувствительных к флокенообразованию и обладающих высокой теплопроводностью. Замедленному охлаждению подвергают металл, чувствительный к термическим напряжениям и к образованию флокенов.

Выбор схемы процессаковки и формы бойков

При протяжке слитка в одном направлении без кантовки кристаллиты приобретают вытянутую форму. При этом исходные литые кристаллиты и легкоплавкие структурные составляющие, расположенные по их границам, разрушаются не полностью. Вследствие этого требуется применять другие схемы деформации. Для получения в поковке более оптимальных свойств и однородной структуры металла необходимо ковку осуществлять с попеременной кантовкой на 90 или 180°. Такая схемаковки протяжкой в осевом направлении в различных по форме вырезных или комбинированных (верхний — плоский, нижний — вырезной) бойках является наиболее распространенной. При этой схеме деформирования ме-

талл приобретает послековки волоконистое строение.

В тех случаях, когда изготавливается поковка сложной формы и действующие рабочие напряжения в детали не совпадают с направлением оси поковки, целесообразно, чтобы поковка имела анизотропные свойства с учетом направления действующих рабочих напряжений.

Деформируемость слитков при прочих равных условиях улучшается по мере снижения доли растягивающих напряжений и приближения к схеме неравномерного объемного сжатия, уменьшения скорости деформирования и увеличения интервалов между обжатиями.

В табл. 7 приведены характеристики пластичности стали, полученные различными способами деформации. Степень деформации ε определяется по следующим формулам:

Для осадки до появления первой трещины

$$\varepsilon_{ос} = \frac{H_0 - H_1}{H_0} 100 \%,$$

где H_0 — начальная высота образца, мм; H_1 — конечная высота образца, мм;

для протяжки в вырезных ромбических бойках до появления первой трещины

$$\varepsilon_{пр} = \frac{D_0 - h}{D_0} 100 \%,$$

где h — высота образца при протяжке за один переход, мм; D_0 — диаметр образца, мм.

При деформации на плоских бойках наиболее рациональная ковка происходит при протяжке слитков по схеме квадрат—прямоугольник—квадрат, и, наоборот, наименее рациональной является ковка по схеме круг—круг. Эта схема приводит к максимальному развитию продольных трещин в середине слитка.

Степень и скорость деформации

Для определения степени деформации и температуры горячей обработки давлением инструментальных сталей строят отдельно для литого и деформированного металла диаграммы рекристаллизации с осями координат

температура — размер зерна — степень деформации. Общая степень деформации выражается отношением разности площадей между сечением слитка и заготовки к площади сечения слитка.

Средние значения критических степеней деформации легированных инструментальных сталей, при которых рекристаллизация происходит с образованием зерна $G_0 - G_4$, соответствуют при температуре 850 °С 5—15 %, а при 1250 °С 5—25 %. При повышении температуры деформации в процессековки рекристаллизация завершается более полно и структура стали получается крупнозернистой. Поэтому для последнего выноса необходимо принять возможно более низкие температуры начала и конца горячей обработки давлением, так как в отдельных случаях последующая термическая обработка полностью не устраняет крупнозернистую структуру. Анализ процесса рекристаллизации проводится по диаграммам рекристаллизации II рода. Однако более точно его можно провести по диаграммам рекристаллизации III рода.

Легированные и высоколегированные стали при низких температурах нагрева имеют малую скорость рекристаллизации. Поэтому в зависимости от скорости деформации может измениться характер обработки: при больших скоростях деформации обработка из горячей может обратиться в неполную горячую со снижением пластичности металла и увеличением сопротивления его деформированию. В другом случае тепловой эффект может способствовать повышению пластичности и уменьшению сопротивления деформированию. В табл. 9 приведены данные о взаимосвязи между скоростью, степенью деформации, температурой и сопротивлением деформирования сталей X12 и P18.

Анализ данных табл. 8 показывает, что повышение скорости деформации, снижение температуры и увеличение степени деформации при прочих равных условиях резко увеличивают сопротивление деформации.

Углеродистые и легированные инструментальные стали перлитного и ферритного класса обладают высокой пластичностью, т. е. степенью деформации сдвига. В табл. 9 представлены

8. Влияние скорости деформации на сопротивление деформирования при различных температурах

Скорость деформации, с ⁻¹	Степень деформации, %	Температура деформации, °С	Сопротивление деформирования МПа	Скорость деформации, с ⁻¹	Степень деформации, %	Температура деформации, °С	Сопротивление деформирования МПа	Скорость деформации, с ⁻¹	Степень деформации, %	Температура деформации, °С	Сопротивление деформирования МПа
Сталь X12				7,5	10	1100	128	0,05	10	1100	104
0,007	5	900	120	7,5	10	1200	100	0,05	10	1200	68
0,007	5	1000	64	7,5	30	900	288	0,05	30	900	224
0,007	5	1100	40	7,5	30	1000	189	0,05	30	1000	165
0,007	5	1200	24	7,5	30	1100	160	0,05	30	1100	120
0,05	10	900	180	7,5	30	1200	124	0,05	30	1200	80
0,05	10	1000	125	Сталь P18				7,5	10	900	245
0,05	10	1100	85	0,007	5	900	142	7,5	10	1000	188
0,05	10	1200	60	0,007	5	1000	88	7,5	10	1100	140
0,05	30	900	206	0,007	5	1100	49	7,5	10	1200	102
0,05	30	1000	140	0,007	5	1200	29	7,5	30	900	306
0,05	30	1200	62	0,007	5	900	202	7,5	30	1000	245
7,5	10	900	222	0,05	10	900	29	7,5	30	1100	164
7,5	10	1000	164	0,05	10	1000	140				

9. Влияние скорости деформации на степень деформации сдвига при различных температурах

Сталь	$H_{ср}$, с ⁻¹	Δ_p %, при температуре испытаний, °С			
		700	800	900	1000—1200
У7А	$1,73 \cdot 10^2$	2,79	4,88	6,07	11,9
	$1,73 \cdot 10^{-4}$	3,07	4,15	$\geq 11,9$	$\geq 11,9$
У8А	$1,73 \cdot 10^2$	2,88	4,88	6,07	$\geq 11,9$
	$1,73 \cdot 10^{-4}$	4,17	11,9	$\geq 11,9$	$\geq 11,9$
У10А	$1,73 \cdot 10^2$	2,79	4,61	6,07	$\geq 11,9$
	$1,73 \cdot 10^{-4}$	3,54	$\geq 11,9$	$\geq 11,9$	$\geq 11,9$
У12А	$1,73 \cdot 10^2$	2,41	3,68	5,58	$\geq 11,9$
	$1,73 \cdot 10^{-4}$	1,98	5,58	$\geq 11,9$	$\geq 11,9$

Примечание. Δ_p — степень деформации сдвига к моменту разрушения; $H_{ср}$ — скорость деформации сдвига.

10. Влияние температуры на степень деформации сдвига сталей в литом состоянии при $H_{ср} \approx 25$ с⁻¹ и $\sigma/T_{ср} = 0,15$

Сталь	Δ_p %, при температуре испытаний, °С				
	900	1000	1100	1200	1250
60ХН	1,40	2,00	2,66	3,06	3,10
9Х1	1,50	2,62	2,68	2,66	2,50
9Х2	1,18	1,96	2,50	2,62	1,78
75ХМ	1,10	1,97	2,54	3,00	2,90

Примечание. $\sigma/T_{ср}$ — средняя величина показателя напряженного состояния; остальные обозначения см. в табл. 10.

данные, характеризующие влияние температуры и скорости деформации сдвига на степень деформации сдвига предварительно деформированных углеродистых инструментальных сталей при растяжении.

Легированная инструментальная сталь аустенитного класса ледебурит-

ной группы с карбидами обладает пониженной пластичностью. Поэтому ковку слитков из быстрорежущей стали производят с весьма ограниченной степенью деформации за первый переход.

В табл. 10 приведена зависимость степени деформации сдвига хромистых и хромомолибденовых сталей от температуры испытания при одинаковой скорости деформации сдвига, равной 25 с⁻¹.

2. КОВКА ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ ЖАРОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ

Высоколегированные жаропрочные стали, особенно аустенитные, в отличие от инструментальных обладают худшей деформируемостью вследствие снижения их пластичности, которая зависит от многих факторов (рис. 1).

Высоколегированным сталям и сплавам при обработке давлением присущи следующие особенности: большое упрочнение при высоких температурах; резко выраженная гетерофазность струк-

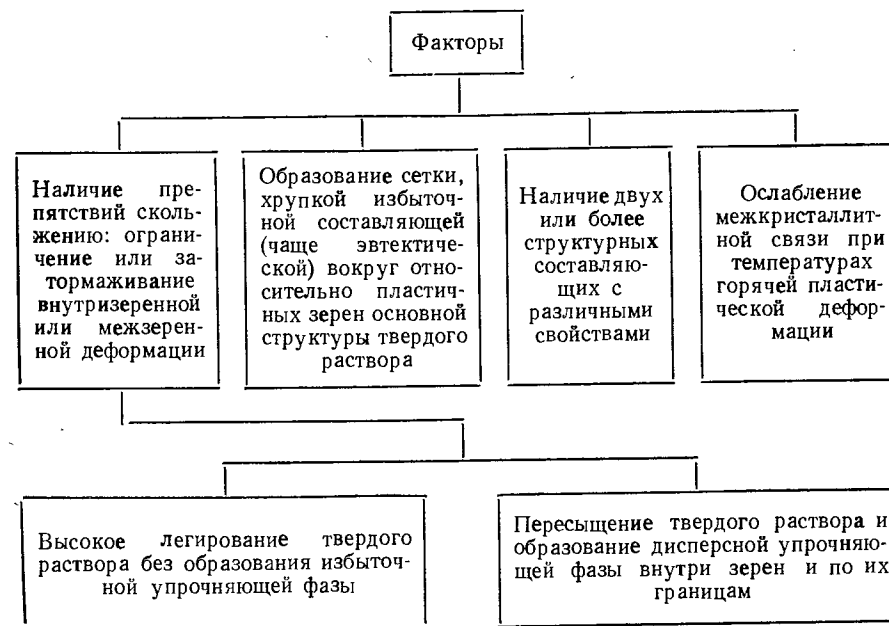


Рис. 1. Факторы, снижающие пластичность высоколегированных сталей и сплавов

11. Температура начала интенсивного окисления

Сталь, сплав	Температура, °С, начала интенсивного окисления	Сталь, сплав	Температура, °С, начала интенсивного окисления
03X16H15M3Б	750	XH35BTЮ	900
45X14H14B2M	850	XH77TЮP	1050
XH80TБЮ	1050	XH70Ю	1200
XH65BMTЮ	1000	XH60BT	1100

туры; высокое сопротивление деформированию; малая прочность (особенно при высоких температурах) межкристаллитных связей границ кристаллов при наличии вредных примесей (серы, свинца, сурьмы, олова и др.), резко понижающих пластичность и повышающих хрупкость сталей; отсутствие фазовой перекристаллизации в процессековки и при термической обработке; низкая теплопроводность, обуславливающая применение особых условий нагрева, и др.

Ковку высоколегированных жаропрочных сталей и сплавов необходимо осуществлять в однофазовом состоянии, так как при гомогенной структуре более равномерно происходит деформация отдельных кристаллов.

Фактически же металл слитков такого типа сталей при температурековки в большинстве случаев имеет гетерогенную структуру, которая отличается значительной неравномерностью.

Необходимая структура металла в этих сталях достигается условиямиковки. Термообработка (закалка с последующим старением) в большинстве случаев, применяемая для высоколегированных аустенитных сталей, в лучшем случае может обеспечить сохранение размеров зерен, полученных при ковке. Термообработка таких сталей может привести и к росту зерен без каких-либо возможных изменений их величины другими методами теплового воздействия на металл.

Качество металла поковок высоколегированных сталей зависит от его металлургической природы, подготовки слитка под ковку, режима нагрева под ковку и охлаждения, температурных интерваловковки, схемы напряженного состояния, степени и скоро-

сти деформации. В табл. 11 представлены сведения о температуре начала интенсивного окисления для некоторых жаропрочных сталей и сплавов.

Влияние металлургической природы слитка на качество металла поковок

Металл поковок из высоколегированных сталей должен быть плотным, физически однородным с минимальным содержанием газов и неметаллических включений.

Дефекты металла в виде трещин и пористости снижают его свойства, являются сильными концентраторами напряжений и служат очагами разрушения изделия. Повышенное содержание газов в стали является причиной возникновения неметаллических включений. Кроме того, резко выраженная транскристаллическая макроструктура слитков с зоной столбчатых кристаллов вблизи наружной поверхности создает значительную анизотропию свойств. Поэтому правильному выбору основных параметровковки слитков и режиму выплавки должно уделяться в равной степени одинаковое внимание. Поглощение при выплавке кислорода, азота и водорода—одна из причин пониженной жаропрочности стали и плохой деформируемости. Кислород, взаимодействуя с расплавленным металлом, образует трудноудаляемые тугоплавкие окислы хрома, алюминия и титана. Эти окислы при застывании обволакивают кристаллы металла.

Азот в высоколегированных жаропрочных сталях вреден тем, что, взаимодействуя с хромом, титаном и алюминием, образует тугоплавкие нитриды или карбонитриды, часто в виде

12. Зависимость технологических ковочных свойств от способа выплавки

Сталь, сплав	Способ выплавки	Кратковременные испытания				
		t_H , °С	$\sigma_{в'}$, МПа	δ , %	ψ , %	K_{ψ} , %/МПа
10X11H20T3P	ОДП *	20	980	12	14	0,01
	ВДП	20	970	18	20	0,02
	ОИП	700	—	—	—	—
XH70BMTЮ	ОДП	800	780	5,0	10	0,01
	ВДП	800	810	11,0	16	0,02
	ЭШП	800	810	7,4	14	0,017
	ОИП	800	800	13	16	0,019
	ВИП	800	800	10	15	0,019
XH55BMTKЮ	ОИП	800	850	5	11	0,013
		900	610	11	21	0,034
	ЭШП	800	850	8	12	0,014
		900	620	18	26	0,041
10X11H20T3P-Л	ОИП ВИП	20	900	7	13	0,014
		20	900	16	24	0,038

* Образцы с надрезом, радиус 0,1 мм.

Примечание. ОДП — открытая дуговая плавка; ВДП — вакуумно-дуговой переплав; ЭШП — электрошлаковый переплав; ОИП — открытая индукционная плавка; ВИП — вакуумная индукционная плавка.

ликвационных скоплений, в сильной степени ухудшающих пластичность сталей при ковке, а следовательно, и их деформируемость.

У многих жаропрочных высоколегированных аустенитных сталей разность в температурах линии ликвидуса и солидуса достигает 100—200 °С. При кристаллизации сталей дендриты богаты тугоплавкими составляющими. Границы кристаллов обогащены легкоплавкими хрупкими составляющими, не входящими в состав твердого раствора. Из-за таких особенностей структуры слитка при ковке с появлением растягивающих напряжений в деформируемом объеме в первую очередь может наступить разрушение между кристаллами, а не пластическая деформация самих кристаллов.

В слитках, полученных вакуумно-индукционной плавкой, электрошлаковым переплавом, электронно-лучевым и плазменно-дуговыми способами,

можно ослабить и даже исключить дефекты, получаемые при плавке в открытых дуговых и индукционных электрических печах. По данным табл. 12 можно видеть, как влияют различные способы выплавки на свойства жаропрочных сталей и сплавов.

Из данных табл. 13 видно, как влияет электрошлаковый переплав на качество исходного металла, полученного открытой дуговой плавкой.

Механические свойства и микроструктура металла, полученного дуговой плавкой, после электрошлакового переплава резко улучшаются. Макроструктура становится более плотной и однородной, поверхность слитка чистой и не требует дополнительной зачистки, отсутствуют подкорковая и осевая рыхлости. Микроструктура металла свободна от неметаллических и строчечных оксидных включений. Электрошлаковый переплав, снижая содержание газов, способствует повы-

13. Влияние электрошлакового переплава на качество металла в литом состоянии

Сталь, сплав	Микроструктура	Механические свойства	Содержание газов и вредных примесей
20Х13	Более чистая по неметаллическим включениям; балл по оксидам и сульфидам снижается в 3 раза	—	—
13Х14Н3В2ФР	Значительно чище по строчечным оксидным включениям	Механические свойства повышаются, снижается анизотропия механических свойств	—
15Х18Н12С4ТЮ	Неметаллические включения в виде нитридов титана распределены более равномерно без строчечных скоплений. Содержание α -фазы снижается, распределение ее более равномерное	—	—
12Х18Н9Т	Более чистая по неметаллическим включениям. Содержание α -фазы снижается, распределение ее более равномерное	—	Содержание серы снижается в 2,5 раза
20Х15Н3МА	Более чистая по неметаллическим включениям. Снижение балла по оксидам и сульфидам до 4 раз. Точечный характер неметаллических включений (вместо строчечного). Содержание α -фазы снижается, распределение ее более равномерное	Несколько повышаются	Содержание кислорода снижается в 2—3 раза, водорода — в 2 раза

14. Влияние церия на пластичность при различных температурах

Содержание церия, %		Число скручиваний до разрушения при температуре испытания, °С					
расчетное	фактическое	900	1000	1100	1150	1200	1250
Без добавок	—	8,0	20,0	23,0	25,5	34,5	35,6
0,15	0,009	14,0	16,5	22,0	23,5	25,5	30,0
0,15	0,02	13,5	27,5	29,0	56,5	56,5	47,0
0,25	0,06	12,5	24,5	35,5	32,5	52,0	6,0
0,25	0,009	9,5	17,0	17,5	15,5	21,0	13,0
0,35	0,07	15,5	32,0	41,0	46,0	50,5	66,5
0,35	0,003	8,5	17,0	17,0	21,0	28,5	30,0

шению пластичности металла при горячей обработке давлением.

Для лучшего раскисления и модифицирования высоколегированных сталей аустенитного класса также применяют редкоземельные металлы (РЗМ), главным образом церий. Такие металлы активно взаимодействуют с примесями металла, способствуют его очистке от неметаллических включений, растворению газов и устранению дефектов кристаллизации, а в аустенитных хромоникелевых и хромоникельмолибденовых сталях — снижению количества α -фазы. В табл. 14 приведены данные, характеризующие зависимость числа скручиваний до разрушения образца из стали 06ХН28МДТ от процентного содержания церия в металле плавки.

Способы разлива, улучшающие поверхность слитка, и подготовка слитка к ковке

Хорошее качество поковок зависит от состояния поверхности слитка, которое получается путем применения рациональных методов и оптимальных режимов разлива стали, способствующих формированию плотной макроструктуры слитка, уменьшающих содержание в стали газов и неметаллических включений. При открытой разливке жидкого расплава в изложницы в атмосфере воздуха происходит контактирование и соединение части титана, содержащегося в жидком расплаве, с азотом и кислородом воздуха, приводящие к образованию нитридов и окислов титана. Эти соединения при разливке и кристаллизации могут пе-

реместиться к поверхности изложницы, а затем концентрироваться в поверхностной зоне готового слитка, образуя подкорковую титановую пористость. Глубина залегания подкорковой пористости составляет 10—35 мм. Применение инертного газа при разливке, разливка металла под слоем жидкого шлака, разливка в вакууме уменьшают контактирование жидкого расплава с атмосферным воздухом, и глубина дефектного поверхностного слоя резко уменьшается.

При ВДП зона поражения титановой пористостью практически отсутствует в сталях и сплавах.

Слитки из высоколегированных жаропрочных сталей, пораженные подкорковой пористостью, подвергают обработке на токарных станках до полного удаления пористой поверхностной зоны.

Температура и режим нагрева металла перед ковкой

Очень важно выбрать оптимальную температуру нагрева высоколегированных жаропрочных сталей, так как в таких сталях при высоких температурах вблизи верхнего интервалаковки происходит интенсивный рост зерен вследствие активного развития собирательной рекристаллизации. Оптимальный температурный интервалковки жаропрочных сталей устанавливается путем построения диаграмм пластичности (рис. 2), а температура концаковки стали определяется по данным диаграмм пластичности и рекристаллизации сталей и сплавов. В табл. 15 приведены температуры,

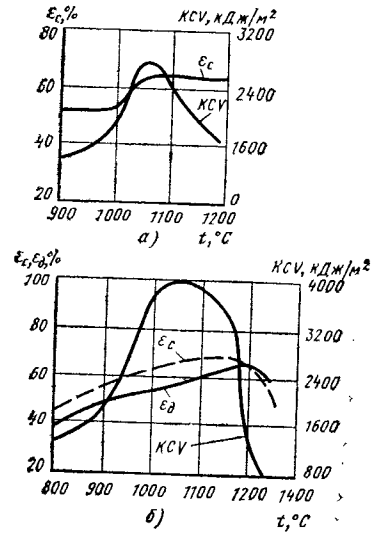


Рис. 2. Диаграммы пластичности сталей и сплавов:

а — 37X12H8Г8МФБ; б — ХН77ТЮР; $\epsilon_{ст}$ и $\epsilon_{д}$ — соответственно степени деформации при осадке на прессе и на копре

соответствующие максимальной пластичности сталей и сплавов, для некоторых высоколегированных жаропрочных сталей и сплавов, по которым можно установить их температурный интервалковки.

15. Температура максимальной пластичности сталей и сплавов

Сталь, сплав	Температура максимальной пластичности, °С	Допустимая степень деформации за один вынос ϵ , %	Механические свойства при температурах максимальной пластичности	
			КСУ, кДж/м ²	ϕ , %
45X14H14B2M	900—1150	60	1000—900	—
40X15H7Г7Ф2МС	1000—1180	60	1200—1000	80—70
37X12H8Г8МФБ	1000—1200	60	—	—
25X13H2	1000—1150	60	400—450	38—40
ХН77ТЮ	1000—1150	50	1500—800	40—60
ХН77ТЮР	1000—1100	40—50	—	—
ХН70ВМТЮ	1050—1220	40	1700—200	91 (при 1100 °С)
ХН70ВМТЮБ	1050—1220	40	—	—
10X11H20ТЗР	850—1050	30—50	—	—
ХН35ВТЮ	900—1050	30—50	—	—
12X17Г9АН4	900—1250	—	—	—
15X12ВНМФ	1220—880	—	—	—

Из данных табл. 15 видно, что температура конца деформации высоколегированных жаропрочных сталей тем выше, чем более легирован сплав. Это связано с повышением у таких сплавов температуры начала рекристаллизации.

Результаты изменения механических свойств материала промышленных крупногабаритных поковок из сплава ХН77ТЮР в зависимости от структуры приведены в табл. 16, а в табл 17 — данные по механическим свойствам поковок из сплава ХН77ТЮР в зависимости от размера зерна.

Для некоторых жаропрочных сталей необходимо устанавливать верхний предел нагрева слитка на 30—40 °С ниже температуры, соответствующей максимальной пластичности, так как такой перегрев из-за наличия в сталях боридной эвтектики может при ковке привести к разрушению металла слитка.

На выбор оптимальных температур нагрева под ковку влияет чистота стали, так как вредные примеси резко ухудшают пластичность металла при ковке.

В табл. 18 приведена зависимость образования количества α -фазы (δ -феррита) от температуры нагрева для некоторых сталей, а в табл. 19 — данные о влиянии температуры и продолжительности выдержки на выделение α -фазы в стали 20X15H3МА.

16. Влияние структуры на механические свойства поковок

Зона вырезки образцов в диске	НВ	σ_B	σ_T	δ	ϕ	КСУ, кДж/м ²	K_{ϕ} , %/МПа
		МПа		%			
Однородная мелкозернистая							
Обод	286—302	1050	750	18	21	360	0,020
		1150	780	29	32	1000	0,028
Диафрагма	286—302	1020	730	19	20	470	0,020
		1120	760	22	26	800	0,023
Центр ступицы	286—302	1000	720	15	22	1000	0,022
		1180	760	31	35	300	0,030
Разнозернистая							
Диафрагма с утолщением	286	900	670	12	15	300	0,016
		950	680	10	20	360	0,021

Примечание. В числителе приведены данные испытаний тангенциальных образцов, в знаменателе — радиальных.

17. Зависимость механических свойств сплава от размера зерна

Размер зерна	σ_B	σ_T	δ	ϕ	КСУ, кДж/м ²	K_{ϕ} , %/МПа
	МПа		%			
Мелкое (балл 5)	1140	714	25,3	25,7	490	0,022
Крупное (балл 1—0)	926	656	11,8	13,6	300	0,015

Из анализа табл. 18 и 19 видно, что с повышением температуры нагрева и с увеличением продолжительности выдержки растет содержание α -фазы, которое достигает критического значения для пластичности стали 20X15H3МА при температуре выше 1200 °С.

Высокое содержание в высоколегированной жаропрочной стали ферритной фазы резко снижает при ковке пластичность стали, вследствие этого

возможны несплошности и образование трещин в металле заготовок. Поэтому для таких сталей, несмотря на запас пластичности, температура концаковки устанавливается выше верхнего предела интенсивного образования α -фазы.

В табл. 20 приведены данные о влиянии продолжительности выдержки и температурыковки на ударную вязкость КСУ образцов, взятых от слитка высоколегированного сплава.

18. Зависимость количества α -фазы (δ -феррита) от температуры

Сталь	Количество α -фазы (δ -феррита), %, при температурах, °C		
	1000	1050	1100
08X22H6T	55	55	55
16X11H2B2MФ	5	5	5
08X17H13M2T	10	10	10

Сталь	Количество α -фазы (δ -феррита), %, при температурах, °C		
	1150	1200	1250
08X22H6T	65	80	90
16X11H2B2MФ	5	10	10
08X17H13M2T	10	15	20

19. Влияние температуры и выдержки на содержание α -фазы, %, стали 20X15H3МА

Температура, °C	Выдержка, ч		
	1	2	5
1200	3	5	8
1250	9	10—13	20

20. Влияние выдержки и температурыковки на ударную вязкость сплава

Температура испытания, °C	KCV · 10 ⁻¹ , кДж/м ² , при продолжительности выдержки, ч						
	1	3	5	8	10	15	20
1050	92	88	86	87	88	100	128
1100	116	147	172	172	178	168	203
1150	188	208	224	261	278	245	278
1180	301	256	279	194	197	245	237
1200	115	128	143	122	196	163	161
1220	133	102	174	142	171	111	—
1250	50	50	50	58	115	—	—

Схема напряженного состояния

Пластичность металла при ковке зависит от характера технологической операции, т. е. совокупности термомеханических параметров, определяющих оптимальные условияковки.

Для количественной оценки пластичности металла при ковке используют различные методы определения пластичности, т. е. степени деформации, выраженной относительным обжимом.

Наиболее достоверные результаты при определении средней пластичности получаются, если пользоваться показателями, полученными двумя способами, т. е. растяжением образцов и открытым обжатием, с последующим сравнением результатов деформации.

Ковка слитка протяжкой. Оценку ковкости можно производить по способности слитка к изменению формы без образования трещин. В табл. 21 приведены данные деформируемости некоторых труднодеформируемых сплавов в зависимости от размеров слитков.

При протяжке плоские бойки позволяют получить относительно большой запас пластичности при ковке слитка по схеме квадрат—квадрат или квадрат—прямоугольник—квадрат. При ковке по такой схеме обеспечивается наибольшая глубина распространения деформации по сечению заготовки и создаются благоприятные условия для интенсивной проработки центральной зоны слитка. Непригодно применение плоских бойков при ковке по схеме круг—круг или при изменении схемыковки (например, с квадрата на круг), так как в этом случае в заготовке возникают поперечные растягивающие напряжения, особенно при небольших степенях деформаций, приводящие к образованию продольных трещин в середине слитка.

При ковке слитков восьмигранного сечения жаропрочных сталей на плоских бойках при обжатии по ребрам возможно образование внутренних разрывов. Однако, если ковку такого слитка вести в ромбических бойках с углом развала 135°, в которых периметр контакта увеличивается вдвое, внутренние разрывающие напряжения не возникают независимо от величины частных обжимов. Более того, такая схемаковки приводит к закрытию

21. Зависимость деформируемости * слитка из труднодеформируемых сплавов от его диаметра

Сплав	Деформируемость, балл. при диаметре слитков, мм							
	160	230	280	300	360	430	500	600
ХН78Т	5	5	4,5	4,5	4,0	4,0	4,0	3
ХН77ТЮ	5	4,5	4,0	4,0	3,5	3,0	3,0	3
ХН70ВМТЮ	4	4	3,5	3,0	2,5	2,0	1,0	—
ХН75ВМЮ	4	3	2,5	2,0	1,8	1,0	—	—
ХН62МВКЮ	3	2	1	—	—	—	—	—

* В условных баллах: 5 — очень хорошая; 4 — хорошая; 3 — удовлетворительная; 2 — плохая; 1 — очень плохая (слиток разрушается).

трещин, имеющихся в осевой зоне слитка.

Самым благоприятным условием при ковке в вырезных бойках является профиль, который обеспечивает контакт с заготовкой по максимальному периметру поперечного сечения, т. е. с радиусом выреза бойков, близким к радиусу слитка. Напряженно-деформированное состояние при этом обеспечивает заготовке схему всестороннего сжатия, исключая образование трещин в середине слитка. Но ввиду того, что такие бойки пригодны лишь дляковки заготовок только одного размера, устанавливается оптимальный диапазон диаметров заготовок для вырезных бойков с определенным R . Технологический ряд диаметров определяется из условия $R_{сл} \geq R_б$ ($R_{сл}$ и $R_б$ — радиусы соответственно слитка и бойка) с ограничением верхнего предельного радиуса слитка.

Худший вариант, когда $R_{сл} < R_б$. В самом неблагоприятном случае такой вариант близок к схеме протяжки круглых заготовок на плоских бойках. При протяжке бойками, радиус выреза которых значительно больше радиуса слитка [$R_б = (1,2 \div 1,3) R_{сл}$], в середине слитка в отдельных случаях могут образоваться трещины.

В большинстве случаев после предварительного обжима слитка в вырезных по радиусу бойках вполне допустима дальнейшая протяжка в ромбических бойках с углом выреза 90—110°. Оптимальный параметр профиля бойка (угол выреза) устанавливается в за-

висимости от характера выполняемой технологической операции: билетировки, протяжки, проглаживания. Для каждого из этих случаев свойственны свои конкретные напряженно-деформированные условия. Величину деформации по обжатиям необходимо увеличивать по мере проковки литой структуры слитка.

В некоторых случаях после обжима слитка на первом выносе в вырезных бойках возможен вариант перехода к дальнейшей ковке в комбинированных бойках или даже использования схемыковки круг—квадрат—круг.

При ковке слитков и заготовок по схеме квадрат—квадрат или квадрат—прямоугольник—квадрат в зонах наиболее интенсивной деформации возможно образование внутренних трещин вследствие повышенного деформационного разогрева (теплового эффекта) и перегрева металла от превышения предельно допустимых величин и скоростей обжима, проявляющихся в первую очередь на сталях и сплавах с высоким сопротивлением деформации. Этому способствует ослабление границ кристаллитов металла слитка благодаря наличию различных видов включений и рыхлостей.

В табл. 22 приведено изменение пластичности (степени деформации) высоколегированного жаропрочного сплава ХН77ТЮ в зависимости от температуры и скорости деформации.

При увеличении скорости деформации выше критической, характерной для данного металла, наблюдается понижение пластичности. Чем более

22. Влияние температуры на пластичность сплава ХН77ТЮ при разных методах испытаний

Температура деформации, °С	Степень деформации, %	Состояние поверхности образцов после испытания	Температура деформации, °С	Степень деформации, %	Состояние поверхности образцов после испытания	Температура деформации, °С	Степень деформации, %	Состояние поверхности образцов после испытания
Динамические испытания			Динамические испытания			Статические испытания		
850	30,0	Трещин нет	1050	53,5	Трещин нет	900	57,0	Трещины
850	40,0		1050	60,0		1000	37,81	Трещин нет
850	46,5	Мелкие трещины	1100	30,0	1000	43,7	Трещин нет	
			1100	40,0	1000	56,7		
850	52,5	Трещины	1100	50,0	1000	58,0	Трещин нет	
			1100	60,0	1000	62,1		
850	55,0	Трещин нет	1100	63,0	Трещин нет	1000	67,6	Мелкие трещины
900	30,0		1150	30,0		Трещин нет	1050	29,7
900	40,0	1150	40,0	1050	42,9			
900	46,5	Мелкие трещины	1150	50,0	1050	46,5	Трещин нет	
			1150	55,0	1050	50,0		
900	51,0	Трещины	1150	64,5	1050	61,0	Трещин нет	
			1150	70,0	1050	73,0		
900	55,5	Трещин нет	Статические испытания			1100	30,1	Трещин нет
1000	31,0		850	27,0	1100	48,5		
1000	40,0	Трещин нет	850	35,5	1100	55,0	Трещин нет	
1000	50,0		1100	72,0	1150	25,0		
1000	53,0	Трещины	850	43,0	1150	25,0	Трещин нет	
1000	58,0		850	46,0	1150	30,6		
1000	60,0	Трещин нет	850	53,5	1150	52,0	Трещин нет	
1050	30,0		900	32,0	1150	66,1		
1050	39,0	Трещин нет	900	38,8	1150	72,2	Трещин нет	
1050	43,5		900	49,0	1150	77,0		
1050	47,5				1150	77,6		

легирована сталь или сплав, тем больше их сопротивление деформированию, причем с повышением скорости деформации сопротивление деформированию возрастает.

По условиям производства более целесообразно ковать высоколегированные жаропрочные стали и сплавы на оборудовании со скоростями деформации, обеспечивающими полное завершение процесса рекристаллизации металла. Это позволит существенно снизить сопротивление деформированию стали и сплава.

Чтобы предупредить явление возникновения деформационного перегрева и разрыхления осевой зоны заготовок, при ковке таких сталей следует

уменьшить величины обжима и скорость единичных деформаций; уменьшить частоту ударов бойка молота и темпковки; периодически в процессековки немного охлаждать разогретую заготовку.

Плохое качество поверхности необточенного слитка снижает пластичность. При ковке обточенных слитков возможен в 1,5—2 раза больший обжим, чем слитков, не подвергнутых обточке. При ковке высоколегированных жаропрочных сталей и сплавов требуется весьма тщательно и равномерно производить операции надрезки и т. п. При этом для предотвращения образования поверхностных трещин заготовку следует подвергать небольшим

обжимам инструментом, имеющим необходимые радиусы закруглений и достаточно высокое качество поверхности его рабочей части. Как правило, для выполнения этих операций применяют подогретый инструмент.

При ковке заготовок относительно большой длины для сохранения тепла в заготовках необходимо на свободную часть поковки накладывать специальные теплоизоляционные кожухи-экраны.

Схему напряженного состояния при протяжке слитка определяет также величина относительной подачи l/h (l — подача, h — толщина заготовки).

При малой относительной подаче $l/h \leq 0,5$, т. е. когда имеется наибольшая неравномерность обжима по толщине заготовки, в центральной зоне ее действуют продольные растягивающие напряжения, приводящие к выявлению дефектов в структуре и образованию поперечных трещин в ослабленных местах заготовки. Наоборот, при $l/h > 0,5$ в центральной части заготовки возникают продольные сжимающие напряжения, приводящие к полной деформации центральной зоны. При соотношении $l/h > 1$ в заготовке снова действуют поперечные растягивающие напряжения.

Оптимальными величинами относительной подачи при ковке независимо от формы бойков являются $0,8 > l/h > 0,5$.

Большие величины обжима при протяжке способствуют проникновению деформаций до оси заготовки и повышению плотности металла в центральных зонах с заваркой осевых рыхлостей и дефектов. Однако величины обжима определяются запасом пластичности высоколегированных сталей. Ковка сталей с низким запасом пластичности производится с небольшими величинами обжима ΔH за каждый ход траверсы пресса или удар бойка молота. В этих случаях деформация не проникает на всю толщину поковки, возникает явление опережения течения наружных слоев металла заготовки по отношению к центральному слою, происходит образование «наплыва» или образование воронок на торцовой поверхности заготовки. Это явление наблюдается при $\Delta H \leq (0,08 \div 0,1) D$ и $B \leq (0,6 \div 0,8) D$ (D — диаметр слитка, B — ширина бойка).

Практически же многие высоколегированные стали допускают относительный обжим за один проход не более $(0,05—0,08) D$ при протяжке в комбинированных бойках. В таких случаях необходимо создать условия повышенной пластичности путем применения оптимального профиля бойков, допустимых температурковки, операции обточки слитков и других факторов, которые позволили бы увеличить допустимую степень обжима при протяжке.

Образование торцовых воронок можно предупредить предварительной осадкой заготовок, применяя сферические осадочные плиты. При последующей протяжке полученный ранее выпуклый торец блока компенсируется металлом из-за большого течения наружных зон, способствующих выравниванию торца.

Технологическая пластичность высоколегированных жаропрочных сталей на основе железа значительно выше, чем сталей и сплавов на никелевой основе.

Допустимые степени деформацииковки высоколегированных сталей при протяжке на круг в ромбических и комбинированных бойках составляют за проход на прессах 8—20 %, на молотах 5—8 %.

При обжиме заготовок со степенями деформации ниже указанных величин создаются условия непроковки центральной зоны заготовки. Для получения одинаковой структуры при протяжке заготовки квадратного сечения на плоских бойках величины относительного обжима уменьшаются. Указанные закономерности необходимы для разработки параметров технологического процесса и выбора оборудования при ковке рассматриваемой группы сталей. Допустимые степени деформации за проход при ковке в области нижнего температурного интервала следует уменьшать. Суммарные обжимы за вынос (несколько переходов) с одного нагрева при ковке на прессах и молотах в зависимости от свойств стали находятся в пределах 40—80 %. Ковка заготовок на молоте или прессе в бойках разной формы сопровождается неравномерной деформацией. В очаге деформации при каждом единичном обжиме образуются зоны, в которых фактические степени деформации

23. Зависимость критической степени деформации от температуры

Температура деформации, °С	Интервал критической степени деформации, %		
	при статическом деформировании на прессах по диаграмме рекристаллизации		при динамическом деформировании на молотах по обычной диаграмме рекристаллизации
	обычной	истинной	
900	1—8	—	3—8
950	1—6	0,5—14	3—10
1000	1—8	0,5—20	3—12
1050	1—10	0,5—20	1—12
1100	1—12	0,5—20	1—12

24. Температура начала рекристаллизации сталей и сплавов

Сталь, сплав	Температура, °С		Критическая степень деформации, %
	начала рекристаллизации	начала собирательной рекристаллизации	
12X18H9T *	700—800	—	1—10
45X14H14B2M	800—850	1100	0—5
XH70Ю	950	1200	0—10
		1100	1—12

* В отожженном состоянии (800—900 °С) при степени деформации 12—15 % образуется разноразмерность.

ции могут быть ниже, равны или выше критических. Это еще больше усугубляется при ковке за несколько нагревов. После термической обработки в металле такой заготовки обнаруживается разноразмерная структура. В табл. 23 приведены данные, характеризующие изменение критической

степени деформации сплава ХН77ТЮ в зависимости от температуры, а в табл. 24 показана температура начала рекристаллизации для различных марок сталей и сплавов.

Поэтому с целью получения равномерной и сравнительно мелкозернистой структуры при ковке заготовок за несколько выносов нагрев заготовок для последнего выноса следует производить до температуры, соответствующей наименее интенсивному росту зерен по диаграмме рекристаллизации, а деформация заготовки на последнем выносе должна быть выше критической в любой части деформируемого тела. Для большего числа высоколегированных сталей и сплавов аустенитного класса такой предел температуры будет соответствовать 1100—1150 °С. Кроме того, заканчивать деформацию при температурах вблизи нижнего интервала ковки также не рекомендуется.

В табл. 25 приведены свойства сплава ХН70ВМТЮФ при различных температурах. По данным таблицы можно определить температурный интервал горячей пластической деформации слитков и заготовок. Данные этой таблицы дают представление о возможных пределах колебания уровня пластичности металла, поступающего в горячую пластическую деформацию. Для большинства плавок максимальная температура нагрева не должна превышать 1160 °С. Начало распада твердого раствора и образования частиц упрочняющей γ' -фазы при охлаждении деформируемой заготовки наблюдается при 1000—1020 °С, когда ковку заготовки следует прекращать.

Ковка слитков осадкой. При деформировании заготовки осадкой, применяемой или в качестве вспомогательной операции для обеспечения необходимой уковки при последующей протяжке заготовок типа вала, или в качестве основной операции при изготовлении деталей типа дисков, возникают условия неравномерного течения металла по толщине заготовки. По этой причине даже после 4—5-кратной осадки высоколегированных сталей в металле на торцах заготовок вблизи контактных поверхностей наблюдаются остатки недеформированной литой структуры. Для предотвращения этих дефектов заготовки перед осадкой подвергают про-

25. Механические свойства сплава ХН70ВМТЮФ при различных температурах

№ плавки	Температура испытаний, °С	σ_B , МПа	δ		ψ , %	КСУ, кДж/м ²	К _Ф , %/МПа	№ плавки	Температура испытаний, °С	σ_B , МПа	δ		ψ , %	КСУ, кДж/м ²	К _Ф , %/МПа
			г	н							г	н			
1	20	1123	17,2	16,9	340	0,01	3	20	1171	17,6	21,1	360	0,02		
	900	551	23,8	27,7	800	0,05		900	501	16,4	28,0	360	0,06		
	1000	240	38,0	57,3	1360	0,23		1000	276	30,0	38,1	410	0,14		
	1100	86	95,6	82,5	2200	0,96		1100	78	85,0	87,2	1030	1,12		
	1150	58	94,4	81,9	1310	1,41		1150	69	104,4	91,6	830	1,32		
	1180	50	96,4	85,8	400	1,72		1180	61	118,4	86,5	830	1,41		
	1200	41	116,4	87,1	140	2,12		1200	35	98,2	84,1	210	2,40		
2	20	1340	28,0	42,2	1030	0,03	4	1000	245	37,8	63,8	1080	—		
	900	565	27,0	36,5	760	0,06		1100	78	66,4	87,8	1530	—		
	1000	219	53,4	57,7	1090	0,26		1150	64	98,2	94,3	2830	—		
	1100	77	142,4	92,4	2950	1,20		1180	55	112,8	92,7	1830	—		
	1150	57	129,2	88,5	700	1,55		1200	43	150,0	88,5	430	—		
	1180	56	127,2	81,7	510	1,46									
	1200	46	129,0	84,0	230	1,83									
1250	38	144,0	84,1	120	2,21										

Примечание. Образцы изготовляли из круглых заготовок диаметром 35 мм (плавки № 1 и 2) и квадратных сечением 75×75 мм (плавки № 3 и 4); заготовки получали из металла, подвергнутого прокатке (плавки № 3 и 4) и термической обработке по режиму: нагрев до 1050 °С с выдержкой 4 ч + отпуск при 800 °С с выдержкой 16 ч.

26. Зависимость макроструктуры сплава ХН77ТЮ от степени уковки

Состояние металла	Размеры слитка или заготовки, мм	Степень уковки u	Характер макроструктуры
Литой слиток	280×290	0	Литая
Кованая заготовка	120×120	4	Волокнистая в центре заготовки и дендрит на периферии
	75×75	10	Волокнистая по всему сечению

тяжке. Степень уковки только за счет протяжек для заготовок ответственного назначения должна быть не менее четырех, так как даже при этой степени уковки на периферии сечения заготовки еще наблюдаются неориентированные в направлении течения металла дендриты. Это подтверждается данными приведенными в табл. 26, в которой показано изменение макро-

структуры сплава ХН77ТЮ в зависимости от степени уковки.

Волокнистое строение по всему сечению наблюдается только при 10-кратной и более степени уковки.

Волокнистое строение послековки высоколегированных сталей в отличие от обычных инструментальных и конструкционных сталей наблюдается даже при 8-кратной степени уковки.

Это объясняется в высоколегированных сталях меньшей протяженностью (чем в обычных сталях) второй зоны крупных столбчатых дендритов из-за большего переохлаждения расплава при кристаллизации более легированных сплавов и значительно меньшей массой слитков. Осадку необходимо производить, выполнив мероприятия, способствующие повышению равномерности деформации. Уменьшение и даже полное уничтожение зон затрудненной деформации может быть достигнуто путем применения бойков с чистой гладкой рабочей поверхностью; горячих прокладок из мягкой стали; антифрикционных смазочных материалов; осадки дисков стопой с поворачиванием дисков разными торцами друг к другу по мере осадки. Повышение качества рабочей поверхности бойков в значительной степени снижает коэффициент трения и обеспечивает условие повышения равномерности деформации. Это условие еще более справедливо для подогретых до 350—400 °С бойков. Использование смазки также резко снижает коэффициент трения.

В качестве смазочного материала при ковке аустенитных сталей применяют смесь жидкого стекла с графитом или стеклянный порошок и стеклянную вату, которые одновременно служат и тепловой изоляцией между металлом и бойком. Для удобства пользования в производстве такие смазочные материалы наносятся на картонные или асбестовые прокладки.

При ковке дисков из высоколегированных жаропрочных сталей благоприятное изменение схемы напряженного состояния достигается применением горячих прокладок из мягкой листовой стали и спаренной осадкой заготовок. Основным условием принудительного течения металла вблизи контактов является более низкий предел текучести материала прокладки по сравнению с материалом заготовки при температурековки. Последнее достигается выбором материала прокладки, а также условиями их подогрева. Наиболее целесообразно производить нагрев прокладок совместно с заготовками и подавать их под пресс в виде стопы во избежание их быстрого остывания.

При ковке заготовок за несколько

нагревов осадку заготовок с прокладками целесообразно производить на последнем и предпоследнем выносе.

Для высоколегированных жаропрочных сталей толщина прокладок S выбирается из соотношения размеров осаживаемой заготовки D/H (D — диаметр заготовки перед осадкой; H — высота заготовки перед осадкой).

Для заготовок с $D/H = 1,5 \div 3,0$ $S = (0,07 \div 0,1) H$; для заготовок с $D/H = 3,0 \div 5,0$ $S = (0,1 \div 0,12) H$.

Применение прокладок с соотношением размеров $D/H \geq 3$ обеспечивает получение поковок с меньшей выпуклостью на свободной поверхности, чем при обычной осадке.

Осадку заготовок в стопе применяется для повышения равномерности деформации в заготовках с большим соотношением D/H .

3. КОВКА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Ковка цветных металлов и сплавов имеет свои особенности, существенно влияющие на технологические процессы. В ряде случаев ковка цветных металлов и сплавов применяется как предварительная обработка исходного слитка с целью повышения равномерности структуры металла, уменьшения размера зерна при последующей штамповке.

Наибольшее применение в современном машиностроении, приборостроении и других отраслях промышленности получили алюминиевые, магниевые, медные и титановые металлы и сплавы.

При установлении режима обработки металлов и сплавов следует учитывать, что на качество металла кованных заготовок и полуфабрикатов влияют исходная структура слитка, металлургическая природа слитков, состояние поверхности слитков (т. е. подготовка их к ковке), температурный режим нагрева иковки, напряженно-деформированное состояние металла, фазовое состояние металла, а также степень и скорость деформации. Ковка слитков из цветных сплавов протяжкой в одном направлении при достаточных степенях обжима приводит к измельчению зерна с образованием волокнистой структуры. При этом существенно повышаются показатели механических

свойств, но одновременно возникает их анизотропия в продольном и поперечном направлениях.

Анизотропию свойств в слитках можно устранить ковкой металла слитка в трех взаимно перпендикулярных направлениях или по схеме осадка—протяжка—осадка. На качество металла поковок влияет также внутрикристаллитная ликвация. Так, например, ликвация марганца в слитках некоторых алюминиевых сплавов резко ухудшает структуру и свойства металла.

Слитки и заготовки цветных металлов перед нагревом с целью предотвращения поверхностных дефектов при ковке подвергаются облачиванию. Дефекты небольшой глубины (до 1 мм), как правило, удаляют абразивной обработкой.

Качество поковок определяется правильно выбранным термомеханическим режимомковки. Основными критериями, которые определяют термомеханический режимковки, являются температура нагрева сплава, степень деформации, скорость деформации и вид напряженного состояния.

Для обеспечения оптимальных условийковки и получения качественных поковок необходимо соблюдать требуемый интервал температур начала и конца деформации. На рис. 3 показано влияние отношения $T/T_{пл}$ на прочность некоторых цветных металлов и сплавов.

При установлении режима обработки необходимо учитывать значение допустимой степени деформации сплава, которая определяется пластическими свойствами. Допустимые степени деформации цветных металлов и сплавов меньше для литого и крупнозернистого металла, а также для металла, находящегося в многофазном состоянии и имеющего гексагональную кристаллическую решетку по сравнению с металлом, предварительно деформированным с мелкозернистой структурой, находящимся в однофазном состоянии и имеющим кубическую гранецентрированную кристаллическую решетку.

Хорошее качество металла поковок из цветных металлов и сплавов обеспечивается при условии, когда величина осуществляемой степени деформации, особенно на последнем пере-

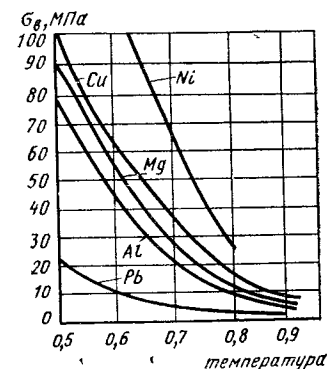


Рис. 3. Влияние отношения абсолютных температур деформации (T) и плавления ($T_{пл}$)

ходе, не совпадает с ее критическими значениями по диаграмме рекристаллизации. Повышение скорости деформации может привести к незавершению процесса рекристаллизации и неполному разупрочнению, что вызовет рост сопротивления деформированию и уменьшение пластичности.

Методыковки и вид напряженного состояния в зависимости от пластичности сплавов следует определять по схеме главных напряжений. Металл будет иметь большую пластичность при схеме, когда наблюдаются в меньшей степени растягивающие напряжения и в большей — сжимающие.

Относительно невысокая пластичность и небольшое сопротивление деформированию алюминиевых и других сплавов наблюдается при ковке на плоских бойках и обработке в открытых ручьях штампового инструмента.

При деформировании сплавов на плоских бойках схемыковки разделяются на простые (а, б), когда заготовка подвергается только осадке или протяжке, и сложные (в—д), представляющие собой сочетание двух простых схем (рис. 4).

Алюминиевые сплавы. Деформируемые алюминиевые сплавы делятся на три группы:

мягкие или пластичные (типа АМц, АМг, АВ) с пределом прочности $\sigma_B = 100 \div 300$ МПа и удлинением $\delta = 10 \div 20$ %.

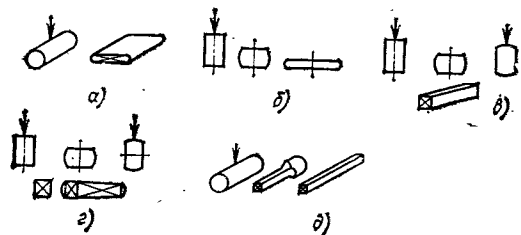


Рис. 4. Схемы ковки (изготовления) заготовок из сплавов цветных металлов:

а — протяжкой перпендикулярно оси заготовки; б — осадкой; в — осадкой с последующей протяжкой поперек волокна; г — разносторонней ковкой; д — протяжкой и перековкой с большого диаметра на меньший

средней твердости и пластичности (типа Д1, Д6, Д16, АК6, АК5 и др.) с пределом прочности $\sigma_B = 240 \rightarrow 480$ МПа и удлинением $\delta = 12\%$; высокой твердости с пониженными технологическими свойствами (типа

АК8, В95, В96) с $\sigma_B = 450 \rightarrow 700$ МПа и $\delta = 5 \rightarrow 10\%$.

С повышением степени легирования алюминиевого сплава пластичность уменьшается, а прочность повышается. К вредным примесям алюминне-

27. Механические свойства сплавов при различных температурах и скоростях деформации

$\dot{\epsilon}, c^{-1}$	Температура, °С								
	50	100	150	200	250	300	350	400	500
Сплав Д1									
$\sigma_B, \text{МПа}$									
$5 \cdot 10^{-4}$	341	287	234	184	138	98	65	41	30
3,0	337	288	239	192	149	110	78	55	41
8,0	339	298	255	213	173	137	107	84	66
$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$									
$5 \cdot 10^{-4}$	227	210	185	155	122	90	61	39	24
3,0	221	209	189	162	132	103	76	55	43
8,0	206	201	187	166	141	115	91	73	63
$\delta, \%$									
$5 \cdot 10^{-4}$	15,7	17,8	20,6	24,0	27,9	32,3	37,1	42,3	53,6
3,0	14,4	15,5	17,4	20,0	23,3	27,3	31,8	36,9	48,5
8,0	14,0	13,4	13,8	15,4	17,9	21,4	25,8	31,1	44
$\psi, \%$									
$5 \cdot 10^{-4}$	33,8	44,1	57,7	72,9	87,7	99,8	99,8	99,8	95,0
3,0	33,8	43,1	56,0	70,6	85,1	97,8	99,8	99,8	94,6
8,0	28,5	35,6	46,7	60,0	73,8	86,1	99,6	97,2	86,2
Сплав АД35									
$\sigma_B, \text{МПа}$									
$5 \cdot 10^{-4}$	161	144	128	111	95	80	64	50	23
3,0	159	144	128	113	99	84	69	57	32
8,0	153	140	126	112	99	86	73	61	38
$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$									
$5 \cdot 10^{-4}$	127	123	113	99	83	66	50	36	19
3,0	118	117	111	100	86	71	57	44	29
8,0	97	101	99	92	82	69	57	45	32
$\delta, \%$									
$5 \cdot 10^{-4}$	17,7	18,4	19,3	20,5	21,9	23,6	25,6	25,9	33,8
3,0	21,2	22,3	23,6	25,3	27,4	29,9	32,8	36,2	44,5
8,0	22,7	23,9	25,7	28,0	31,0	34,6	38,9	43,9	56,1

Продолжение табл. 27

$\dot{\epsilon}, c^{-1}$	Температура, °С								
	50	100	150	200	250	300	350	400	500
$\psi, \%$									
$5 \cdot 10^{-4}$	65,2	69,9	74,9	79,8	84,3	88,2	91,2	93,0	91,8
3,0	66,2	70,7	75,6	80,5	85,3	89,3	92,6	94,8	94,7
8,0	65,1	69,2	73,8	78,7	83,5	87,9	91,7	94,5	96,3
Сплав АМг3									
$\sigma_B, \text{МПа}$									
$5 \cdot 10^{-4}$	245	220	196	172	148	124	100	75	23
5	221	208	193	178	162	144	125	104	57
10	212	206	198	188	176	162	144	124	75
$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$									
$5 \cdot 10^{-4}$	150	151	148	141	130	116	97	74	16
5	133	138	139	137	132	123	111	94	51
10	132	138	141	141	137	131	122	109	74
$\delta, \%$									
$5 \cdot 10^{-4}$	19,2	22,3	26,3	31,6	38,1	46,0	55,6	66,9	95,5
5	17,8	16,3	15,8	16,4	18,4	21,8	26,8	33,7	53,4
10	20,0	16,2	13,4	11,7	11,3	12,4	15,2	19,8	35,2
$\psi, \%$									
$5 \cdot 10^{-4}$	56,9	62,7	68,6	74,5	80,1	85,3	90,0	94,0	99,3
5	59,2	63,0	67,3	71,8	76,4	81,0	85,3	89,3	95,5
10	58,7	60,7	63,4	66,7	70,4	74,4	78,6	82,7	90,0
Сплав АК6									
$\sigma_B, \text{МПа}$									
$5 \cdot 10^{-4}$	310	262	209	156	105	61	27	7	23
5	265	232	193	152	111	75	47	31	48
10	282	261	232	198	163	130	104	87	98
$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$									
$5 \cdot 10^{-4}$	174	153	135	119	104	90	74	58	17
5	137	124	113	105	97	90	83	75	51
10	129	118	111	105	101	98	95	90	75
$\delta, \%$									
$5 \cdot 10^{-4}$	15,8	18,3	21,7	26,2	31,9	39,2	48,1	59,0	87,2
5	13,2	12,1	12,1	13,4	16,1	20,4	26,7	35,0	58,8
10	14	11,0	9,3	9,0	10,4	13,6	18,9	26,4	49,1
$\psi, \%$									
$5 \cdot 10^{-4}$	27,7	39,5	54,7	71,6	88,0	99,8	99,8	99,8	93,9
5	29,8	39,2	52,6	68	83,4	96,8	99,81	99,8	90,4
10	25,9	32,9	44,3	58,1	72,2	84,8	93,8	97,2	79,2
Сплав АК8									
$\sigma_B, \text{МПа}$									
$5 \cdot 10^{-4}$	259	216	178	145	116	91	70	52	25
5	289	253	219	189	161	136	114	93	55
10	283	252	224	197	171	147	123	98	46
$\sigma_{0,2}, \text{МПа}$									
$5 \cdot 10^{-4}$	198	172	149	127	108	89	72	55	19
5	167	150	134	120	107	95	83	71	43
10	158	146	134	124	115	105	95	85	59

Продолжение табл. 27

ε, с ⁻¹	Температура, °С								
	50	100	150	200	250	300	350	400	500
	δ, %								
5 · 10 ⁻⁴	5,9	6,9	10,4	15,6	22	28,9	35,7	41,7	48,8
5	6,7	7,3	10,4	15,3	21,5	28,2	34,8	40,8	48,1
10	11,0	11,1	13,3	18,3	24,1	30,6	37,0	42,9	50,1
	ψ, %								
5 · 10 ⁻⁴	20,1	32,1	48,6	67,2	85,2	99,8	99,8	99,8	83,9
5	23,2	31,9	45,5	61,4	77,1	90,3	98,5	99,2	68,0

вых деформируемых сплавов относятся железо, кремний, натрий, кальций и другие элементы.

Наиболее сильное влияние при ковке на свойства сплавов оказывают температура нагрева сплава, скорость деформации и степень деформации. Температурные интервалыковки определяются по диаграммам пластичности, кривым течения и диаграммам состояния соответствующих систем сплавов. Температура начала и концаковки, допустимые степени и скорости деформации для некоторых сплавов см. в табл. 36 гл. I. Диаграммы их деформирования приведены на рис. 6, 9 гл. I. В табл. 27 даны механические свойства сплавов при различных температурах и скоростях деформации.

Диаграммы рекристаллизации обработки этих сплавов свидетельствуют о том, что критические деформации их составляют 10—15 %.

При степенях деформации за один обжим ниже и выше критических, т. е. ниже 4 % и выше 15—20 %, не наблюдается рекристаллизация сплавов, и зерна получаются мелкими. Из диаграмм рекристаллизации видно некоторое увеличение размеров зерна с повышением температуры при данной степени деформации. Более высокая температура окончанияковки способствует росту зерен вследствие протекания собирательной рекристаллизации, которая наблюдается в период остывания поковки после прекращенияковки до температуры, соответствующей прекращению процесса рекристаллизации.

27а. Свойства некоторых цветных сплавов при 20 °С и температуре сверхпластичности (по зарубежным данным)

Состав сплава, %	σ _в *, МПа	δ*, %	Температура сверхпластичности, °С	δ _{max} **,%	m**
Al-33 Cu-7 Mg	340	2	480	600	0,46—0,72
Al-25 Cu-11 Mg	320	2	480	600	0,47—0,70
Al-14,1 Cu-4,7 Ni	310	18	550	520	0,35
Al-27,2 Cu-5,2 Si	370	3	500	1310	0,43
Al-8,2 Mg-4,75 Si	240	20	550	580	0,4
Al-9,5 Mg-3,4 Si	470	17	500	200	0,23
Al-6,5 Mg-7,2 Si	220	17	500	400	0,34
Al-11 Si-4,9 Ni	240	22	550	320	0,5
Al-6,4 Ni	240	32	550	210	0,37
Al-7,0 Si	190	49	550	200	0,17
Al-11,7 Si	210	37	550	480	0,28
Al-17,0 Si	210	21	550	320	0,29

* При температуре 20 °С.
** При температуре сверхпластичности.

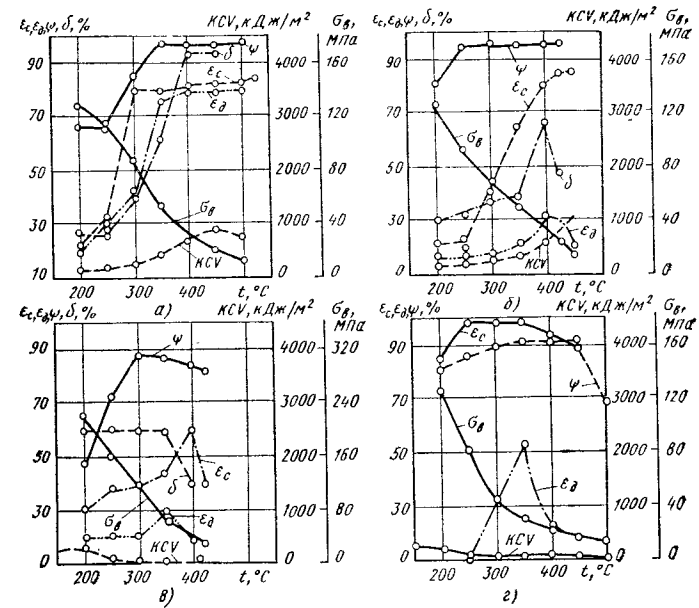


Рис. 7. Диаграммы деформирования магниевых сплавов: а — МА8; б — МА2; в — МА3; г — МА14

щей прекращению процесса рекристаллизации.

Допустимая степень деформации за один обжим определяется по диаграммам деформирования для отдельных групп сплавов (см. рис. 6, 9 гл. I).

Оптимальные показатели механических свойств алюминиевых сплавов и наименьшая анизотропия их свойств достигаются при общей деформации сплавов 65—75 %.

Анализ диаграммы пластичности сплавов по изменению допустимых деформаций за один обжим в зависимости от скорости деформации показывает, что с повышением скорости деформации пластичность сплавов снижается несущественно.

Методыковки и вид напряженного состояния металла устанавливаются в зависимости от пластичности сплава.

Алюминиевые сплавы высокопластичные и средней пластичности могут обрабатываться давлением при разных напряженных состояниях от самых жестких (ковка на плоских бойках) до самых мягких механических схем

деформации (в закрытых ручьях). Для обработки малопластичных алюминиевых сплавов необходимо применять закрытые и полужакрытые схемы деформации.

В практике обработки металлов давлением, и в частности обработки цветных металлов и сплавов, получает применение явление сверхпластичности, позволяющее проводить деформирование при очень низком сопротивлении деформации. Степень деформации в условиях сверхпластичности достигает весьма больших величин. Оценка сверхпластичности металла и сплава производится по критерию относительного удлинения δ и по коэффициенту чувствительности к скорости деформации. Явление сверхпластичности сплава наблюдается при m > 0,3.

В табл. 27а приведены свойства ряда двойных и тройных сплавов при нормальной температуре и при температуре проявления сверхпластичности.

Качество поковки зависит также от размера слитка, из которого они изготавливаются. Так, например, для

сплава АМгб при увеличении диаметра слитка со 160 до 360 мм из-за увеличения размера зерна весьма существенно снижается пластичность.

Магниеые сплавы. В промышленности из сплавов магния, подвергаемых пластической деформации, наиболее широко применяют сплавы МА2, МА1, МА2-1, МА3, МА5 и МА8. Сплавы МА1, МА8 обладают высокой пластичностью при горячей и холодной обработке давлением. Предел прочности этой группы сплавов $\sigma_B = 200 \div 230$ МПа. Сплавы магния с различным содержанием алюминия и небольшими добавлениями цинка и марганца МА2, МА2-1, МА3, МА5 имеют более высокие прочностные свойства ($\sigma_B = 240 \div 300$ МПа) и пониженные пластические характеристики. Детали, работающие в условиях повышенных температур, изготавливают из сплавов МА9, МА11, МА13.

Металлургические условия приготовления сплавов имеют решающее значение для последующей горячей обработки этих сплавов давлением. Поэтому следует обращать особое внимание на качество получаемых слитков.

На рис. 7 представлены диаграммы пластичности сплавов в предварительно деформированном состоянии при испытаниях на осадку под копром (ϵ_d) и прессом (ϵ_c) и на растяжение, проведенных при температурах 20, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500 °С.

Рассмотрение диаграмм рекристаллизации, например, сплавов МА2 и МА3 при статической (0,11 м/с) и динамической (3—5,3 м/с) осадке показывает, что при статическом однократном деформировании рекристаллизация заметно проявляется уже при температуре 350 °С. При повышении скорости деформации начало процесса рекристаллизации смещается в сторону высоких температур (600 °С).

Критические деформации магниевых сплавов, вызывающие значительный рост зерна, согласно диаграммам рекристаллизации составляют 8—10 %.

Скорость деформации влияет на развитие процесса рекристаллизации, которая при небольших скоростях деформации успевает развиться лишь при 350 °С. Наоборот, при больших скоростях деформации рекристаллизация развивается при температуре значительно большей 350 °С.

Чтобы исключить получение разнородности при ковке магниевых сплавов, их необходимо деформировать за проход не менее чем на 15 %.

Сплавы с повышенным содержанием легирующих элементов более чувствительны к скорости деформации, поэтому их целесообразно деформировать на прессах с малыми скоростями деформации; сопротивление деформированию сплавов при малой скорости деформации в 1,5—2 раза меньше по сравнению с обработкой их при высоких скоростях деформации.

При разработке технологических процессовковки магниевых сплавов на прессах и молотах можно пользоваться данными о температурах и допустимых степенях деформации (см. табл. 37, гл. I). Для большинства магниевых

28. Зависимость максимально допустимой степени деформации (%) магниевых сплавов от схемыковки на молоте с массой падающих частей 2 т

Сплав	Температурный интервалковки, °С		Схемыковки (см. рис. 4)					
	Начало	Конец	а					
			Протяжка без кантовки	Протяжка на квадрат или прямоугольник	б	в	г	д
МА2	430	350	55	25	70	80	80	50
МА8	420	340	35	15	55	—	55	—
МА14	420	300	40	20	65	—	65	—
МА5	380	300	—	—	50	—	—	—

Примечание. Менее пластичные сплавы МА3 и МА5 деформировать по схемам а, в, г и д не рекомендуется вследствие возникновения трещины (схемы а, в и д) и хрупкого разрушения (схема г).

сплавов допустимые степени деформации на молоте примерно в 1,5—2 раза меньше, чем на прессе. Это характеризует отрицательное влияние высокой скорости деформации на пластичность магниевых сплавов.

Продолжительность нагрева магниевых сплавов в зависимости от диаметра или толщины заготовки приведена ниже.

Диаметр или толщина заготовки а, мм	До 50	50—100	Св. 100
Продолжительность нагрева, мин, 1 мм диаметра (толщины)	1,5	$(0,5 + 0,001) \times (a - 50)$	2,0

Степень деформации сплавов для различных схемковки приведена в табл. 28.

Медные сплавы. Сплавы на медной основе — латуни и бронзы — допускают при ковке (осадке) за один обжим степень деформации до 30 %. Ковка в горячем и холодном состоянии латуней имеет ряд особенностей, связанных с их фазовым состоянием, структурой сплава, т. е. с размером зерен. Согласно диаграмме состояния латуни с содержанием Zn до 39 % при температуре 455 °С имеют однородное состояние, т. е. область твердого раствора, — α -фазу. Сплавы этой области обладают высокой пластичностью и хорошо куются в горячем (при 750—850 °С) и холодном состоянии.

Латуни с содержанием Zn более 39 % имеют или двухфазную ($\alpha + \beta$), или только однофазную структуру (β -фазу). Сплавы этой группы имеют низкую пластичность и хорошо деформируются лишь в горячем состоянии. При обработке латуней ковкой предпочтительна мелкозернистая структура. Двухфазные латуни, в которых α -фаза расположена на основном фоне кристаллитов β -фазы в форме тонких иголок, обладают большей пластичностью, чем латуни, в которых α -фаза выделялась в виде круглых мелких включений.

Размер зерна, а следовательно, и свойства латуней зависят от температуры отжига, степени деформации и продолжительности отжига. С повышением температуры отжига быстрее протекает процесс рекристаллизации,

С повышением степени предшествующей холодной деформации зерно получается значительно мельче при снижении температуры рекристаллизации. На процесс рекристаллизации и скорость ее протекания существенно влияет также химический состав латуней. С увеличением содержания Zn температура начала рекристаллизации α -латуней снижается. При отжиге сильно

деформированной двухфазной латуни рекристаллизация α -фазы начинается при температуре 300 °С. Однако β -фаза в этих условиях не изменяется, и рекристаллизация ее происходит при более высокой температуре. Неполная рекристаллизация оказывает отрицательное влияние на пластичность медных сплавов. Процесс рекристаллизации медных сплавов с образованием наиболее крупного зерна получается при степенях деформации 10—15 %, являющихся у этих сплавов критическими. Рекристаллизация обработки с образованием мелкого зерна происходит в том случае, когда ковка осуществляется при более высоких за критических деформациях. Поэтому деформацию этих сплавов необходимо осуществлять со степенями деформации за один обжим, превышающими 15 %, при установленных температурах деформации для меди 800—950 °С, а для латуней и бронз порядка 750—850 °С. У латуней в зоне температур 200—600 °С в зависимости от ее состава наблюдается хрупкость. Так, например, у латуней Л90, Л96 зона хрупкости находится в интервале температур 500—600 °С. Это в основном зависит от влияния примесей (Pb, Sn, Bi и др.), приводящих к образованию в этих условиях хрупких межкристаллитных прослоек. Кроме того, в латуни, начиная с 450 °С и ниже, происходит образование малоэластичной β' -фазы, также резко снижающей пластичность сплава. Деформация при таких температурах приводит к значительному возрастанию сопротивления деформированию. Так, например, при ковке

29. Температурные интервалыковки медных сплавов

Сплав	Температурный интервалковки, °С		Сплав	Температурный интервалковки, °С	
	Начало	Конец		Начало	Конец
Медь: М1, М2, М3	950	800	Бронза:		
Латунь:			БрА5	900	750
Л96	850	700	БрА7	900	760
Л90	900	800	БрАМц9-2	960	800
Л68, Л63	850	700	БрАЖ9-4		
ЛАН59-3-2	750	700	БрАЖМц10-3-1,5	900	800
ЛН65-5	850	650	БрАЖН10-4-4	900	800
ЛЖМц59-11	820	650	БрБ2	800	650
ЛМц58-2	750	600	БрКМц3-1	780	600
ЛМцА57-3-1	730	600	БрКН1-3	910	800
ЛО90-1	900	850			
ЛО70-1	750	650			
ЛО62-1	750	680			
ЛОС60-1	820	700			
ЛОС59-1					
ЛОС59-1В	780	640			

латуни ЛОС59-1 с деформацией 40 % при температуре 600 °С происходит увеличение сопротивления деформированию в 4 раза. Однако с повышением температуры примеси растворяются, и пластичность латуни резко повышается. У некоторых видов бронз этот интервал зоны хрупкости значительно шире; например, для бронзы БрАЖ9-4 он составляет 200—700 °С с резким снижением пластических свойств при температуре 400 °С. Температурные интервалыковки некоторых медных сплавов приведены в табл. 29.

Оптимальной температуройковки сплава ЛОС59-1 являются 730—820 °С, сплава Л90 800—900 °С, сплава БрАЖ9-4 800—900 °С. Наибольшую пластичность этот вид бронзы имеет при температуре 850 °С, когда бронза находится в однофазном состоянии. Сравнительно узкий интервал температурковки сплавов на медной основе требует осуществление обработки давлением с минимальным количеством проходов и обжимов.

С повышением температуры выше указанных пределов наблюдается снижение пластичности вследствие резкого роста зерна, чрезмерного роста в латуни и бронзе кристаллитов β -фазы и ослабления прочности кристаллов даже при значительных степенях деформации.

При ковке медных сплавов у нижней границы температурного интервала пластичность их резко снижается, поэтому при обработке таких сплавов в условиях, соответствующих линейной схеме напряженного состояния (осадка, прошивка, протяжка) на плоских бойках, степень деформации следует выдерживать в пределах 30 %, так как большие по величине степени деформации за один обжим приводят сплав в хрупкое состояние с образованием трещин.

Для повышения пластичности медных сплавов рекомендуется применять осадку с боковым давлением в ограничительном кольце или проводить деформацию в обойме с полным боковым давлением. В первом случае повышается пластичность из-за увеличения боковых давлений (увеличение второго и третьего главных сжимающих напряжений). В этом случае исключается возможность свободной разгонки, т. е. боковое давление на осаживаемую заготовку повысило все сжимающие главные напряжения и снизило растягивающие напряжения и деформации. При деформации по такой схеме хрупкое состояние не наступает даже при деформации, превышающей 35—40 %. Однако такая схема деформации позволяет производить

ковку (осадку) при соблюдении общего правила, т. е. до момента соприкосновения с внутренней стенкой кольца деформация не должна превышать 30 %. В противном случае может наступить хрупкое разрушение сплава, приводящее к его разрушению.

Еще лучший эффект повышения бокового давления достигается при осадке заготовки в обойме, т. е. с соблюдением полного бокового давления, где не происходит нарушения контакта наружной поверхности заготовки с внутренней поверхностью обоймы. В этом случае боковое давление вводится с самого начала осадки заготовки. В этой схеме осадки сила на растяжение обоймы создает боковое давление на заготовку. Критическая степень деформации значительно повышается по сравнению с осадкой заготовки в ограничительном кольце. Таким методом деформируют при осадке малопластичные труднодеформируемые медные сплавы.

Для всесторонней равномерной обработки структуры металла сплава наряду с осадкой применяется протяжка. С помощью протяжки можно получить поковок заданных размеров или, например, прутков, полос, мерных и немерных по длине, из которых в горячем состоянии производится отрубка заготовок заданных размеров для дальнейшейковки. Протяжку сплавов можно осуществлять на плоских бойках. Однако для малопластичных сплавов, как правило, применяют вырезные (особенно полукруглые) бойки, создающие всесторонний обжим, препятствующий возникновению боковых растягивающих (разрушающих) напряжений. Кроме того, вырезные бойки (полукруглые и ромбические с углом $\beta = 90 \pm 120^\circ$) позволяют достичь увеличения производительности протяжки (по сравнению с плоскими бойками) на 20—40 %. Необходимое качество металла при протяжке медных сплавов можно получить за счет небольших подач при каждом обжиме. Это приводит к большей степени уковки за каждый обжим и к интенсификации процесса протяжки. Величина относительного обжима по высоте считается критерием технологической пластичности. Операции протяжки можно осуществлять на ковочных молотах, прессах или ковочных вальцах.

Титановые сплавы. Применяемые в промышленности сплавы по уровню прочности и способности к пластической деформации подразделяются на три группы: низкой прочности ($\sigma_B \leq \leq 700$ МПа) и повышенной пластичности (технический титан марок ВТ1-0, ВТ1-00, ОТ4-0, ОТ4-1); средней прочности ($\sigma_B = 750 \pm 1000$ МПа) и пластичности (ВТ5-1, ВТ6С и др.); высокой прочности (ВТ15, ВТ16, ВТ22 и др.); высокая прочность сплавов достигается закалкой и старением.

При изготовлении поковок из титана используются круглые слитки диаметром 350—950 мм с массой 0,5—15 т, получаемые вакуумно дуговой плавкой. Перед ковкой слитки подвергаются обтачиванию по наружной поверхности.

Ковка слитков из титановых сплавов производится в три этапа. На первом этапе деформация слитка осуществляется слабыми обжимами в однофазной β -области со степенью деформации 20—30 % за проход до раздробления первичной литой структуры при температуре, превышающей на 150—250 °С температуру полиморфного превращения. На втором этапе производится деформация заготовки в однофазной β -области с применением переменной двух-, трехкратной осадки и протяжки со сменной осей, граней и углов при температуре, превышающей на 80—120 °С температуру полиморфного превращения. На третьем этапе осуществляется всесторонняя проработка металла заготовки в двухфазной ($\alpha + \beta$)-области при температуре, не достигшей на 20—40 °С температуры полиморфного превращения. Для создания благоприятной структуры при ковке сплавы целесообразно нагревать до температуры, соответствующих однофазной β -области. Но при таких температурах образуется крупнозернистая структура, снижающая из-за слабой прочности границ зерен прочностные и пластические свойства поковок. Поэтому для окончательного деформирования, как правило, используются более низкие температуры, соответствующие двухфазной ($\alpha + \beta$)-области. При ковке титановых сплавов используют в основном плоские бойки, так как эти сплавы достаточно пластичны. Иногда могут применяться и вырезные бойки. Бойки во избежание

30. Термомеханические параметрыковки сплавов на основе титана

Сплав	Температурный интервалковки слитков, °С		Степень деформации слитков за один нагрев, %	Сплав	Температурный интервалковки слитков, °С		Степень деформации слитков за один нагрев, %
	Начало	Конец			Начало	Конец	
BT1-00	1050	750	20—30	BT6	1100	850	30—70
BT1-0	1050	750	20—30	BT9	1180	900	≥40
OT4-0	950—1050	750	30—50	BT16	1050	850	30—60
OT4-1	950—1050	750	30—50	BT20	1180	900	20—30
BT5-1	1180	900	30—50	BT22	1080	850	30—50

охлаждения поверхности заготовки необходимо нагревать до температуры не ниже 250—300 °С.

Большое влияние на структуру металла заготовки, величину и стабильность его прочностных и пластических характеристик оказывает температурный режимковки, степень и скорость деформации. При выборе температуры нагрева титанового сплава подковку и температурного интервала горячего деформирования определяющим фактором следует считать температуру полиморфного превращения. Чем выше температура полного полиморфного превращения, тем выше температурный интервал горячего деформирования. Режимыковки промышленных титановых сплавов выбирают по данным диаграммы пластичности с учетом скорости деформации, сопротивления деформированию, структуры металла, а также температуры полного полиморфного превращения.

Рассмотрение диаграмм пластичности титановых сплавов показывает, что при температуре выше 1000 °С титановые сплавы обладают высокой пластичностью. Более легированные сплавы допускают меньшую степень деформации. Как правило, все сплавы имеют пластичность в литом состоянии существенно ниже, чем сплавы после предварительной деформации. Такая разница в пластичности наблюдается примерно до температуры 1000 °С, выше которой допустимые степени деформации различны практически не имеют. Это позволяет сделать заключение о том, чтоковку литых сплавов на основе титана следует проводить с большой осторожностью. Заканчи-

ватьковку следует при температуре, которая выше примерно на 40—60 °С температуры окончанияковки сплавов предварительно деформированных. В зоне температур 800—900 °С для большинства титановых сплавов наблюдается резкое повышение пластичности. Ковка заготовок из слитков металла дуговой вакуумной плавки с двумя переплавами улучшает механические и технологические свойства.

Режимыковки слитков приведены в табл. 30, а для сравнения в табл. 31, для некоторых сплавов представлены величины допустимых степеней деформации за один удар и за один вынос при динамическом деформировании.

Для получения однородной структуры и хороших показателей механических свойств металла весьма важна величина деформации за каждый нагрев. При ковке металла предварительно деформированного в двухфазной ($\alpha + \beta$)-области оптимальной является степень деформации, равная 40—50 % за каждый нагрев или подогрев, а при ковке металла в однофазной β -области — 70 %. При ковке слитков или заготовок диаметром 350—400 мм иа последующий передел меньших размеров следует руководствоваться данными по режимам нагрева, приведенными в табл. 32.

Титановые сплавы при ковке склонны к крайне неравномерной деформации по сечению заготовки и к проявлению высокой ориентации кристаллов при односторонней деформации. Это приводит к анизотропии механических свойств. При общей степени деформации сплава BT1-0 примерно рав-

31. Допустимые степени деформацииковки титановых сплавов

Сплав	Исходное состояние сплава	Допустимая степень деформации за один удар, %	Допустимая степень деформации за один вынос, %	
			наибольшая	наименьшая
BT-1-0	Слиток Заготовка	80—35	80	60
		80—70	80	40—25
BT3-1	Слиток Заготовка	70—20	70	60
		70—45	70	40—25
BT5	Слиток Заготовка	70—10	70	60
		70—45	70	40—25
BT6	Слиток Заготовка	70—10	70	60
		70—50	70	40—25

32. Температура и продолжительность нагрева передковкой титановых сплавов

Диаметр заготовки, мм		Продолжительность нагрева, мин	Температура нагрева, °С, сплавов				
начальный	конечный		BT3-1	BT6	BT14	BT5-1	BT9
350	200	120	1050	1050	1050	1150	1100
200	120	90	1050	1050	1050	1030	980
120	100	60	980	980	940	980	980

ной 75—80 % и при температурековки 1000—800 °С анизотропия механических свойств у этого сплава наименьшая (табл. 33).

В более легированных сплавах, например, BT3-1 и BT5, для уменьшения анизотропии свойств и достижения однородности структуры требуется соблюдать общую степень деформации порядка 85—90 %.

Температура полного полиморфного превращения ($\alpha + \beta \rightleftharpoons \beta$) и температура начала и конца рекристаллизации некоторых сплавов приведены в табл. 34.

Температура начала рекристаллизации обработки для сплава BT5 составляет 800 °С, а для сплавов BT3-1, BT8 и BT9 — 900÷975 °С. Критические степени деформации, при которых происходит значительный рост микрозерна у титановых сплавов, находятся в пределах 2—12 %. При деформациях, равных 85 % и выше, на диаграммах

рекристаллизации этих сплавов наблюдается второй максимум, который образуется вследствие развития процесса собирательной рекристаллизации.

Для получения мелкого зерна необходимо превышать критические степени деформации за один обжим; общая степень деформации не должна превышать 85 %. У титанового сплава BT3-1 с повышенным температуройковки интервал критических деформаций расширяется и их максимумы увеличиваются. Высокая температураковки сплавов приводит к увеличению зерна, что снижает качество поковки. Оптимальной температурой для получения мелкого зерна в однофазных сплавах является 900 °С, а в двухфазных сплавах температуру началаковки выше 980 °С не применяют. Для сохранения хорошей пластичности сплавов не следует снижать температуру и заканчиватьковку при температуре, которая ниже температуры начала

33. Анизотропия механических свойств сплава ВТ1-0 в зависимости от степени деформации

Состояние материала	Степень деформации, %	σ_b	$\sigma_{0,2}$	δ	ψ	KCV, кДж/м ²
		МПа		%		
Литой	—	325—402	271—317	12,6—15,0	17,1—20,6	190—130
Кованный с направлением волокон:	продольным	435—465	349—359	26,4—24,6	48,0—26,0	260—250
	поперечным	444—525	345—443	22—22,4	39,8—40	250

34. Температуры полного полиморфного превращения и рекристаллизации титановых сплавов

Сплав	Температура полного превращения ($\alpha + \beta \rightleftharpoons \beta$), °C ± 20 °C	Температура рекристаллизации (орнетирующая), °C	
		Начало	Конец
ВТ1-0	885—900	600	700
ОТ4-0	850—930	—	—
ОТ4-1	910—950	—	—
ВТ5-1	980—1030	600	950
ВТ5	980—1030	750	850
ВТ3-1	960—1000	880	950
ВТ9	980—1020	960	1020
ВТ15	750—800	500	770
ВТ18	1010	900	1000
ВТ20	1010	800	950
ВТ22	840—880	800	825

рекристаллизации. Для обеспечения хорошего качества металла титановых сплавов также необходимо соблюдать оптимальные скорости деформации, так как в процессе деформации возникает тепловой эффект. Разогрев титановых сплавов при ковке объясняется большим сопротивлением деформированию и их низкой теплопроводностью. Увеличение скорости деформации при ковке приводит к понижению пластичности сплавов, увеличению сопротивле-

35. Зависимость массы падающих частей молота от размеров заготовок из титановых сплавов

Минимальная масса падающих частей молота, кг	Сторона квадрата или диаметр заготовки, мм	Минимальная масса падающих частей молота, кг	Сторона квадрата или диаметр заготовки, мм
500	40—70	2500	150—250
750	60—100	3000	200—300
1000	80—150	5000	250—450
1500	100—180		

ния деформированию и к получению неоднородности деформации.

Дляковки титановых сплавов чаще всего применяют гидравлические прессы или молоты. В табл. 35 приведены массы падающих частей молотов дляковки титановых заготовок в зависимости от размера их сечения.

Кованные заготовки, которые должны быть подвергнуты в дальнейшем деформации (в том числе и штамповке), не должны иметь трещины и других дефектов. Удаление дефектов производится зачисткой. На бойках не должна быть выработка более 2,0—3,0 мм. Кромки бойков должны быть закруглены. Для исключения образования трещин на поверхностях поковок бойки перед началом работы должны быть подогреты до температуры не ниже 150—250 °C.

Глава 14 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И АНАЛИЗ РАБОТЫ КУЗНЕЧНЫХ ЦЕХОВ

Классификация производственных подразделений кузнечного производства в зависимости от выпуска поковок в год (объема производства), числа работающих и общей площади подразделений приведена в табл. 1.

В табл. 2 приведены нормативы оптимальных мощностей кузнечных цехов и заводов.

Кузнечно-прессовые производственные подразделения по характеру производства подразделяются на специализированные и универсальные; по типу производства — на производства единичного, серийного и массового производства.

Серийность производства для цехов горячей объемной штамповки и цехов свободнойковки можно ориентировочно определить по табл. 3.

Основные технико-экономические показатели. В табл. 4—16 приведены основные технико-экономические показатели для кузнечно-прессовых цехов, включающих заготовительные участки, штамповочные (ковочные) участки, участки термической обработки и очистки штампованных заготовок (поковок) от окалины, участки отделочных операций, вспомогательные службы цеха и транспорт.

Во всех таблицах показатели трудоемкости, выпуск поковок на одного рабочего и работающего, выпуск с 1 м² общей площади цеха даны для среднеарифметической величины массы поковок по весовой группе и для цехов (заводов) с указанными в таблицах годовыми выпусками поковок. В случаях отклонений значений массы поковок от средней величины и отклонений объемов производства от указанных в таблицах следует определять необходимые удельные показатели путем интерполяции.

Средняя масса поковок по корпусу, цеху, участку есть отношение годового выпуска штампованных заготовок (поковок) корпусом, цехом, участком (кг) к годовому выпуску штампованных за-

готовок (поковок) корпусом, цехом, участком (штук).

Средняя масса поковок по оборудованию есть отношение годового выпуска штампованных заготовок (поковок), закрепленных за данным типом оборудования (кг), к годовому выпуску штампованных заготовок (поковок), закрепленных за данным типом оборудования (штук).

Под общей площадью цеха в табл. 13—15 понимается сумма производственной и вспомогательной площадей, в которую входит вся площадь цеха на отметке $\pm 0,0$ м в осях здания (без площади служебно-бытовых помещений).

Удельные показатели таблиц приведены для современных кузнечно-прессовых цехов, оснащенных кривошипными горячештамповочными прессами (КГШП), горизонтально-ковочными машинами (ГКМ), индукционными нагревателями и прочим кузнечным оборудованием.

В случаях, когда наряду с КГШП применяются паровоздушные штампо-

1. Классификация производственных подразделений кузнечного производства

Подразделение	Выпуск поковок, тыс. т/год	Число работающих
Завод	100—500	1000—5000
Корпус	20—200	400—2000
Цех	10—100	200—1000
Отделение	1—10	40—200
Участок	0,1—1	8—40
Подразделение	Общая площадь, м ²	
Завод	50 000—200 000	
Корпус	10 000—75 000	
Цех	5 000—30 000	
Отделение	1 000—5 000	
Участок	200—1 000	

2. Нормативы оптимальных мощностей кузнечных цехов и заводов

Подразделения производства	Масса поковки (штампованной заготовки), кг			Тип производства	Мощность производства, тыс. т/год	
	средняя		максимальная		минимально допустимая	оптимальная
	Св.	До				
Кузнечные заводы (центрокузны)	—	10,0	До 400	Все типы	150	300
Корпуса или комплексы цехов горячей объемной штамповки	—	10,0	До 400	То же	60	300
Кузнечные цехи горячей объемной штамповки	—	0,4	До 6,3	Массовое и крупносерийное	10	50
	0,4	1,0	10,0		15	60
	1,0	2,5	16,0		20	100
	2,5	4,0	25,0		25	125
	4,0	6,3	63,0		30	150
	6,3	10,0	100,0		40	200
	10,0	16,0	400,0		50	300
	0,4	0,4	До 6,3	Серийное и мелкосерийное	10	50
	1,0	1,0	10,0		20	100
	2,5	2,5	16,0		30	150
	4,0	4,0	25,0		30	200
	6,3	6,3	63,0		35	200
	10,0	10,0	100,0		40	250
	16,0	16,0	400,0		50	300
Цехи свободной ковки из проката	25,0	25,0	250	Мелкосерийное и единичное	5,0	25
	50,0	50,0	500		7,0	40
	150,0	150,0	1 500		10,0	50
	500,0	500,0	10 000		15,0	75
Цехи свободной ковки из слитка	1 000	10 000	40 000 *		40	150
	10 000	50 000	180 000 *		65	200
	50 000	300 000 *	300 000 *		75	300

* Максимальная масса слитка.

3. Тип производства

Производство	Кузнечные цехи	Ориентировочный годовой выпуск штампованных заготовок на линии (или единице оборудования), шт/год			Количество деталей, закрепляемых за единицей оборудования
		мелких (массой до 1 кг)	средних (массой до 15 кг)	крупных (массой до 100 кг) и особо крупных (массой более 100 кг)	
Единичное и мелкосерийное	Горячей объемной штамповки	До 50 000	До 10 000	До 2 000	Св. 20
		50 000—500 000	10 000—100 000	2 000—10 000	6—20
Крупносерийное и массовое		Св. 500 000	Св. 1 000 000	Св. 10 000	До 5
Производство	Кузнечные цехи	Ориентировочный годовой выпуск однотипных поковок, шт/год			Количество деталей, закрепляемых за единицей оборудования
		мелких	средних	крупных	
Единичное и мелкосерийное	Свободной ковки	До 50 000	До 1 000	До 200	Св. 15
		5 000—50 000	1 000—100 000	200—10 000	4—15

вочные молоты (ПШМ), для определения трудоемкости следует принимать повышающий коэффициент:

для массового и крупносерийного производства $n = 1,1 \div 1,2$ к данным табл. 4 в зависимости от удельного объема поковок, штампуемых на ПШМ, в общем выпуске цеха;

для серийного и мелкосерийного производства $n = 1,3$ к данным табл. 5. Для определения выпуска поковок в год на одного рабочего и одного работающего при применении ПШМ следует вводить понижающий коэффициент:

для массового и крупносерийного

производства $n = 0,92 \div 0,85$ к данным табл. 7, 10; для серийного и мелкосерийного производства $n = 0,8$ к данным табл. 8, 11.

Анализ работы кузнечных цехов. В табл. 17—24 приведены данные по эффективному годовому фонду времени работы оборудования, нормы времени на установку и наладку штампов, коэффициенты использования оборудования, соотношения категорий работающих, нормы расхода энергоснабжителей, значения коэффициентов использования металлов, нормы расхода вспомогательных материалов и штампов.

4. Показатели трудоемкости выпуска поковок (штампованных заготовок) для массового и крупносерийного производства

Средняя масса поковок (штампованных заготовок), кг	Трудоемкость изготовления 1 т поковок (штампованных заготовок), чел.-ч, при общем выпуске, тыс. т/год						Средняя масса поковок (штампованных заготовок), кг	Трудоемкость изготовления 1 т поковок (штампованных заготовок), чел.-ч, при общем выпуске, тыс. т/год					
	20	50	70	90	120	150 и более		20	50	70	90	120	150 и более
	С термообработкой и очисткой от окалины							Без термообработки и очистки от окалины					
До 1,0	17,0	14,0	13,0	—	—	—	До 1,0	13,5	11,0	10,3	—	—	—
1,1—1,3	15,2	12,5	11,5	—	—	—	1,1—1,3	12,0	9,8	9,5	—	—	—
1,4—1,6	14,0	11,8	10,5	—	—	—	1,4—1,6	11,0	9,3	8,5	—	—	—
1,7—2,0	13,0	10,8	9,5	8,5	8,0	7,5	1,7—2,0	10,0	8,2	7,2	6,4	6,0	5,6
2,1—2,5	11,5	9,2	8,5	8,0	7,5	7,3	2,1—2,5	8,4	6,7	6,2	5,9	5,5	5,3
2,6—3,0	10,8	8,5	7,9	7,5	7,2	7,0	2,6—3,0	7,9	6,2	5,9	5,5	5,3	5,1
3,1—3,5	10,4	8,0	7,5	7,2	7,0	6,8	3,1—3,5	7,4	5,6	5,3	5,1	4,9	4,7
3,6—4,0	10,0	7,6	7,1	6,9	6,7	6,5	3,6—4,0	7,0	5,3	5,1	4,9	4,7	4,5
4,1—5,0	9,7	7,2	6,8	6,6	6,4	6,2	4,1—5,0	6,8	5,1	4,9	4,7	4,5	4,3
5,1—6,0	9,5	7,0	6,5	6,3	6,0	5,8	5,1—6,0	6,6	4,9	4,6	4,4	4,2	4,0
6,1—8,0	—	6,5	6,2	6,0	5,7	5,4	6,1—8,0	—	4,5	4,3	4,2	4,0	3,8
8,1—10,0	—	—	6,0	5,7	5,4	5,0	8,1—10,0	—	—	4,2	4,0	3,8	3,5

5. Показатели трудоемкости выпуска поковок (штампованных заготовок) для серийного и мелкосерийного производства

Средняя масса поковок (штампованных заготовок), кг	Трудоемкость изготовления 1 т поковок (штампованных заготовок), чел.-ч, при общем выпуске, тыс. т/год											
	10	20	30	50	70	100	10	20	30	50	70	100
	Серийное производство						Мелкосерийное производство					
До 1,0	25,0	21,0	18,0	16	15	—	31,0	25,0	23,0	19,0	18,0	—
1,1—1,3	24,0	20,0	17,0	15,0	14,0	—	30,0	24,0	21,0	18,5	17,0	—
1,4—1,6	23,0	19,0	16,0	14,0	13,0	—	29,0	23,0	19,0	18,0	16,0	—
1,7—2,0	22,0	17,0	15,0	13,5	12,0	11,0	27,0	21,0	18,5	17,0	15,0	14,0
2,1—2,5	20,0	16,0	14,0	13,0	11,5	10,0	25,0	19,0	18,0	16,0	14,0	13,5
2,6—3,0	—	15,0	13,5	12,5	11,0	9,7	—	18,7	17,5	15,5	13,5	13,0
3,1—3,5	—	15,5	13,2	12,0	10,5	9,4	—	18,3	17,0	15,0	13,0	12,5
3,6—4,0	—	14,0	13,0	11,5	10,0	9,0	—	18,0	16,0	14,5	12,5	12,0
4,1—5,0	—	13,0	12,5	11,0	9,5	8,7	—	17,5	15,0	14,0	12,0	11,5
5,1—6,0	—	12,0	12,0	10,5	9,0	8,4	—	17,0	15,5	13,5	11,5	11,0
6,1—8,0	—	—	11,0	10,0	8,5	8,0	—	16,0	14,0	13,0	11,0	10,5
8,1—10,0	—	—	10,0	9,0	8,3	7,0	—	—	13,0	11,0	10,5	10,0
10,1—16,0	—	—	—	8,0	7,0	6,0	—	—	—	10,0	8,5	7,0
16,1—25,0	—	—	—	7,0	6,0	5,0	—	—	—	9,0	8,0	6,0
25,1—40,0	—	—	—	—	5,5	4,5	—	—	—	—	7,0	5,0
Св. 40,0	—	—	—	—	5,0	4,0	—	—	—	—	6,0	4,5

6. Показатели трудоемкости выпуска поковок (штампованных заготовок) по кузнечным заводам (центрокузам) для серийного и мелкосерийного производства

Средняя масса поковок (штампованных заготовок), кг	Трудоемкость изготовления 1 т поковок (штампованных заготовок), чел.-ч при общем выпуске, тыс. т/год					
	100	200	300	100	200	300
	Серийное производство			Мелкосерийное производство		
До 2,5	10,0	9,0	8,0	13,0	11,0	10,0
2,6—3,0	9,7	8,7	7,7	12,5	10,7	9,7
3,1—3,5	9,4	8,4	7,4	11,5	10,4	9,4
3,6—4,0	9,0	8,0	7,0	11,0	10,0	9,0
4,1—5,0	8,7	7,7	6,7	10,7	9,7	8,7
5,1—6,0	8,4	7,4	6,4	10,4	9,4	8,4
6,1—8,0	8,0	7,0	6,0	10,0	9,0	8,0
8,1—10,0	7,0	6,0	5,5	9,0	8,0	7,0
10,1—16,0	6,0	5,0	4,5	8,0	7,0	6,0
16,1—25,0	5,5	4,5	4,2	7,0	6,0	5,0
25,1—40,0	—	4,2	4,0	—	5,0	4,5
Св. 40,0	—	4,0	3,5	—	4,5	4,0

7. Показатели выпуска поковок (штампованных заготовок) на одного рабочего для массового и крупносерийного производства

Средняя масса поковок (штампованных заготовок), кг	Выпуск поковок (штампованных заготовок) на одного рабочего, т/год, при общем выпуске, тыс. т/год					
	20	50	70	90	120	150 и более
До 1,0	48	58	62	—	—	—
1,1—1,3	53	65	70	—	—	—
1,4—1,6	58	68	76	—	—	—
1,7—2,0	62	74	85	95	101	108
2,1—2,5	70	89	95	101	108	110
2,6—3,0	74	95	102	108	112	115
3,1—3,5	78	101	108	112	115	119
3,6—4,0	81	106	113	117	121	123
4,1—5,0	84	112	119	122	126	130
5,1—6,0	85	115	123	128	134	139
6,1—8,0	—	123	130	134	141	149
8,1—10,0	—	—	134	141	149	161

8. Показатели выпуска поковок (штампованных заготовок) на одного рабочего для серийного и мелкосерийного производства

Средняя масса поковок (штампованных заготовок), кг	Выпуск поковок (штампованных заготовок) на одного рабочего, т/год, при общем выпуске, тыс. т/год											
	10	20	30	50	70	100	10	20	30	50	70	100
До 1,0	37/42	40/46	45/51	49/56	—	—	26/37	31/36	35/40	33/44	—	—
1,1—1,3	39/44	44/50	54/62	54/62	—	—	34/39	35/40	40/46	41/47	—	—
1,4—1,6	45/52	48/56	53/60	57/65	61/70	—	38/44	40/46	42/48	44/50	48/55	—
1,7—2,0	48/55	52/60	57/65	62/72	70/80	78/90	41/47	43/50	45/52	50/57	57/65	61/70
2,1—2,5	50/58	60/68	67/77	74/85	78/90	85/97	42/48	49/56	54/62	56/65	61/70	67/77
2,6—3,0	52/60	62/70	70/80	78/90	84/97	92/105	—	50/58	56/65	61/70	68/78	74/85
3,1—3,5	55/63	64/74	74/85	82/95	88/102	95/110	—	53/62	61/70	65/75	75/85	83/95
3,6—4,0	58/66	68/78	78/90	85/100	94/108	100/115	—	55/63	65/75	75/85	82/83	87/100
4,1—5,0	62/70	70/80	81/93	92/106	100/115	102/120	—	57/65	68/78	78/90	84/97	92/105
5,1—6,0	—	72/82	83/96	96/100	102/120	112/130	—	59/67	70/81	83/95	92/105	100/115
6,1—8,0	—	—	88/102	100/115	107/125	122/140	—	—	75/85	87/100	100/115	110/125
8,1—10,0	—	—	96/110	105/120	112/130	130/150	—	—	79/90	92/105	105/120	115/135
10,1—16,0	—	—	105/120	110/130	120/140	140/160	—	—	85/95	110/112	110/130	120/140
16,1—25,0	—	—	—	120/140	180/150	150/170	—	—	—	110/130	120/140	130/150
25,1—40,0	—	—	—	—	150/170	160/180	—	—	—	—	130/150	140/160
Св. 40,0	—	—	—	—	160/180	170/190	—	—	—	—	140/160	150/170

Примечание. В числителе указан выпуск на одного рабочего с учетом рабочих ремонтных и штампоинструментальных служб, в знаменателе — без них.

9. Показатели выпуска поковок (штампованных заготовок) на одного рабочего по кузнечным заводам (центрокузам) для серийного и мелкосерийного производства

Средняя масса поковок (штампованных заготовок), кг	Выпуск поковок (штампованных заготовок) на одного рабочего, т/год, при общем выпуске, тыс. т/год					
	100	200	300	100	200	300
	Серийное производство			Мелкосерийное производство		
До 2,5	60	70	85	45	60	70
2,6—3,0	64	75	90	50	64	75
3,1—3,5	67	80	95	55	67	80
3,6—4,0	70	85	100	60	70	85
4,1—5,0	75	90	105	63	75	90
5,1—6,0	80	95	110	67	80	95
6,1—8,0	85	100	115	70	85	100
8,1—10,0	100	115	130	85	100	115
10,1—16,0	115	130	145	100	115	130
16,1—25,0	130	140	155	110	130	145
25,1—40,0	—	155	170	—	140	160
Св. 40,0	—	170	185	—	160	175

10. Показатели выпуска поковок (штампованных заготовок) на одного работающего для массового и крупносерийного производства

Средняя масса поковок (штампованных заготовок), кг	Выпуск поковок (штампованных заготовок) на одного работающего, т/год, при общем выпуске, тыс. т/год					
	20	50	70	90	120	150 и более
До 1,0	41	50	53	—	—	—
1,1—1,3	46	56	60	—	—	—
1,4—1,6	50	59	65	—	—	—
1,7—2,0	53	64	73	82	87	93
2,1—2,5	60	77	82	87	93	95
2,6—3,0	64	82	87	93	96	99
3,1—3,5	67	87	93	96	99	102
3,6—4,0	70	91	97	100	104	106
4,1—5,0	72	96	102	105	108	112
5,1—6,0	73	99	106	110	115	119
6,1—8,0	—	106	112	115	121	128
8,1—10,0	—	—	115	121	128	138

И. Показатели выпуска поковок (штампованных заготовок) в год на одного работающего для серийного и мелкосерийного производства

Средняя масса поковок (штампованных заготовок), кг	Выпуск поковок на одного работающего, т/год, при общем выпуске, тыс. т/год											
	10	20	30	50	70	100	10	20	30	50	70	100
	Серийное производство						Мелкосерийное производство					
До 1,0	27/30	31/35	35/40	40/45	44/50	—	22/25	27/30	29/33	35/39	37/42	—
1,1—1,3	28/32	33/37	38/43	45/50	49/55	—	23/26	28/32	32/36	36/40	39/44	—
1,4—1,6	29/33	35/40	42/47	49/55	53/60	—	24/27	29/33	34/38	37/42	42/47	—
1,7—2,0	30/34	40/45	46/52	53/60	58/65	65/73	25/28	31/35	35/39	38/43	43/40	50/57
2,1—2,5	31/35	44/50	51/57	58/65	62/70	70/75	26/30	33/37	36/40	40/45	45/50	52/58
2,6—3,0	—	46/52	52/59	59/67	65/73	71/80	—	34/38	37/41	43/48	49/55	56/63
3,1—3,5	—	47/53	54/61	60/68	68/77	74/83	—	35/39	38/43	46/52	52/58	60/67
3,6—4,0	—	49/55	56/63	62/70	70/80	65/85	—	36/40	40/45	49/55	55/62	62/70
4,1—5,0	—	50/56	57/64	67/75	74/83	79/69	—	37/42	43/48	51/56	57/64	64/72
5,1—6,0	—	51/57	59/66	71/80	77/87	82/92	—	39/44	46/52	52/57	59/66	66/74
6,1—8,0	—	62/58	59/67	76/85	80/90	85/95	—	40/45	49/55	52/58	60/67	67/75
8,1—10,0	—	—	71/80	84/94	88/105	95/110	—	—	—	62/70	70/78	76/85
10,1—16,0	—	—	85/100	95/110	100/115	105/120	—	—	—	70/80	80/90	90/110
16,1—25,0	—	—	—	100/115	105/120	115/130	—	—	—	80/90	90/100	100/115
25,1—40,0	—	—	—	—	115/130	125/140	—	—	—	—	110/115	110/125
Св. 40,0	—	—	—	—	125/140	140/150	—	—	—	—	110/125	120/140

Примечание. В числителе указан выпуск на одного работающего с учетом ремонтных и штампоинструментальных служб, в знаменателе — без них.

12. Показатели выпуска поковок (штампованных заготовок) на одного работающего по кузнечным заводам (центрокузам) для серийного и мелкосерийного производства

Средняя масса поковок (штампованных заготовок), кг	Выпуск поковок (штампованных заготовок) на одного работающего, т/год, при общем выпуске, тыс. т/год					
	Серийное производство			Мелкосерийное производство		
	100	200	300	100	200	300
До 2,5	40	50	60	30	40	50
2,6—3,0	43	54	63	34	43	54
3,1—3,5	47	58	67	38	47	58
3,6—4,0	50	60	70	40	50	60
4,1—5,0	53	64	73	44	53	64
5,1—6,0	57	68	77	48	57	68
6,1—8,0	60	70	80	50	60	70
8,1—10,0	70	80	90	60	70	80
10,1—16,0	80	90	100	70	80	90
16,1—25,0	90	100	110	80	90	100
25,1—40,0	—	110	120	—	100	110
Св. 40,0	—	120	140	—	110	130

13. Показатели выпуска поковок (штампованных заготовок) с 1 м² общей площади цеха (без складов металла и готовой продукции) при работе цеха в две смены для массового и крупносерийного производства

Средняя масса поковок (штампованных заготовок), кг	Выпуск поковок (штампованных заготовок), т/год, с 1 м ² общей площади цеха при общем выпуске, тыс. т/год					
	20	50	70	90	120	150 и более
До 1,0	1,4	1,6	1,8	2,0	—	—
1,1—1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	—
1,4—1,6	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	—
1,7—2,0	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,8
2,1—2,5	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,9
2,6—3,0	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0
3,1—3,5	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,1
3,6—4,0	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2
4,1—5,0	—	2,4	2,6	2,8	3,1	3,4
5,1—6,0	—	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6
6,1—8,0	—	—	2,9	3,2	3,5	3,8
8,1—	—	—	3,1	3,4	3,7	4,0
10,0	—	—	—	—	—	—

14. Показатели выпуска поковок (штампованных заготовок) с 1 м² общей площади цеха (без складов металла и готовой продукции) при работе цеха в две смены для серийного и мелкосерийного производства

Средняя масса поковок (штампованных заготовок), кг	Выпуск поковок (штампованных заготовок), т/год, с 1 м ² общей площади цеха при общем выпуске, тыс. т/год					
	10	20	30	50	70	100
	Серийное производство					
До 1,0	1,2/1,6	1,3/1,7	1,4/1,8	1,5/1,9	—	—
1,1—1,3	1,3/1,7	1,4/1,8	1,5/1,8	1,6/2,0	—	—
1,4—1,6	1,4/1,8	1,5/1,9	1,6/2,0	1,7/2,1	1,8/2,2	—
1,7—2,0	1,5/1,9	1,6/2,0	1,7/2,1	1,8/2,2	1,9/2,3	1,9/2,4
2,1—2,5	1,6/2,0	1,7/2,1	1,8/2,2	1,9/2,3	2,0/2,4	2,0/2,5
2,6—3,0	1,7/2,1	1,8/2,2	1,8/2,3	1,9/2,4	2,0/2,5	2,1/2,6
3,1—3,5	1,8/2,2	1,9/2,3	1,8/2,4	2,0/2,5	2,1/2,6	2,2/2,7
3,6—4,0	1,9/2,3	2,0/2,4	2,0/2,5	2,0/2,6	2,1/2,7	2,2/2,8
4,1—5,0	2,0/2,4	2,1/2,5	2,0/2,6	2,1/2,7	2,2/2,8	2,3/2,9
5,1—6,0	—	2,2/2,6	2,2/2,7	2,3/2,8	2,3/2,9	2,4/3,0

Продолжение табл. 14

Средняя масса поковки (штампованных заготовок), кг	Выпуск поковок (штампованных заготовок), т/год, с 1 м ² общей площади цеха при общем выпуске, тыс. т/год					
	10	20	30	50	70	100
6,1—8,0	—	—	2,3/2,8	2,4/2,9	2,4/3,0	2,5/3,1
8,1—10,0	—	—	2,4/3,0	2,4/3,1	2,5/3,2	2,6/3,3
10,1—16,0	—	—	—	2,5/3,2	2,6/3,3	2,7/3,4
16,1—25,0	—	—	—	2,6/3,3	2,7/3,4	2,8/3,5
25,1—40,0	—	—	—	—	2,8/3,5	2,9/3,7
Св. 40	—	—	—	—	2,9/3,7	3,1/4,0
Мелкосерийное производство						
До 1,0	1,1/1,4	1,2/1,5	1,3/1,6	1,4/1,7	—	—
1,1—1,3	1,2/1,5	1,3/1,6	1,4/1,7	1,5/1,8	—	—
1,4—1,6	1,3/1,6	1,4/1,7	1,5/1,8	1,6/1,9	1,6/2,0	—
1,7—2,0	1,4/1,7	1,5/1,8	1,6/1,9	1,6/2,0	1,7/2,1	1,8/2,2
2,1—2,5	1,5/1,8	1,6/1,9	1,6/2,0	1,7/2,1	1,8/2,2	1,8/2,3
2,6—3,0	1,6/1,9	1,6/2,0	1,7/2,1	1,8/2,2	1,8/2,3	1,9/2,4
3,1—3,5	1,6/2,0	1,7/2,1	1,8/2,2	1,8/2,3	1,9/2,4	2,0/2,5
3,6—4,0	1,7/2,1	1,8/2,2	1,8/2,4	1,9/2,4	2,0/2,5	2,0/2,6
4,1—5,0	1,8/2,2	1,8/2,3	1,9/2,4	2,0/2,5	2,0/2,6	2,2/2,7
5,1—6,0	—	1,9/2,4	2,0/2,5	2,0/2,6	2,2/2,7	2,3/2,8
6,1—8,0	—	—	2,2/2,6	2,2/2,7	2,3/2,9	2,4/3,0
8,1—10,0	—	—	2,3/2,8	2,4/2,9	2,4/3,0	2,5/3,1
10,1—16,0	—	—	—	2,4/3,0	2,5/3,1	2,6/3,2
16,1—25,0	—	—	—	2,5/3,1	2,6/3,2	2,7/3,6
25,1—40,0	—	—	—	—	2,7/3,6	2,8/3,6
Св. 40	—	—	—	—	2,8/3,6	3,0/3,8

Примечание. В числителе указан выпуск с 1 м² общей площади цеха, в состав которого входят ремонтные и штампоинструментальные службы, в знаменателе — без них.

15. Показатели выпуска поковок (штампованных заготовок) с 1 м² общей площади по кузнечным заводам (центрокузам) при работе в две смены для серийного и мелкосерийного производства

Средняя масса поковки (штампованных заготовок), кг	Выпуск поковок (штампованных заготовок), т/год, с 1 м ² общей площади завода при общем выпуске, тыс. т/год					
	100	200	300	100	200	300
	Серийное производство			Мелкосерийное производство		
До 2,5	1,10	1,20	1,30	1,0	1,10	1,20
2,6—3,0	1,15	1,25	1,35	1,05	1,15	1,25
3,1—3,5	1,20	1,30	1,40	1,10	1,20	1,30
3,6—4,0	1,25	1,35	1,45	1,15	1,25	1,35
4,1—5,0	1,30	1,40	1,50	1,20	1,30	1,40
5,1—6,0	1,35	1,45	1,55	1,25	1,35	1,45
6,1—8,0	1,40	1,50	1,60	1,30	1,40	1,50

Продолжение табл. 15

Средняя масса поковки (штампованных заготовок), кг	Выпуск поковок (штампованных заготовок), т/год, с 1 м ² общей площади завода при общем выпуске, тыс. т/год					
	100	200	300	100	200	300
	Серийное производство			Мелкосерийное производство		
8,1—10,0	1,45	1,55	1,65	1,35	1,45	1,55
10,1—16,0	1,50	1,60	1,70	1,40	1,50	1,60
16,1—25,0	1,60	1,70	1,80	1,50	1,50	1,70
25,1—40,0	—	1,9	2,0	—	1,70	1,80
Св. 40,0	—	2,0	2,1	—	1,80	1,90

16. Технико-экономические показатели кузнечных цехов на участкахковки с заготовительным производством

Показатель	Выпуск, тыс. т/год					
	До 10	Св. 10 до 20	Св. 20 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 75	Св. 75 до 100
	С учетом термообработки и адьюстажных операций *					
Выпуск с 1 м ² площади цеха, участка (без учета подвалов, антресолей, эстакад и служебно-бытовых помещений), т/год	1,6	1,6—1,75	1,75—1,8	1,8—1,9	1,9—2,0	2,0—2,2
Трудоемкость выпуска 1 т поковок, чел.-ч	16,3	16,3—10,7	10,7—8,3	8,3—5,2	5,2—4,5	4,5—4,0
Выпуск на одного рабочего, т/год	80	80—120	120—140	140—280	280—320	320—360
	Без учета термообработки и адьюстажных операций *					
Выпуск на 1 м ² площади цеха, участка (без учета подвалов, антресолей, эстакад, служебно-бытовых помещений), т/год	2,5	2,5—3,0	3,0—3,3	3,3—3,5	3,5—3,8	3,8—4,3
Трудоемкость выпуска 1 т поковок, чел.-ч	12,8	12,8—7,7	7,7—5,8	5,8—2,9	2,9—2,6	2,6—2,3
Выпуск на 1 рабочего, т/год	105	105—170	170—205	205—625	625—630	630—780

* Максимальному значению выпуска цеха соответствует наибольший показатель.

17. Эффективный (расчетный) годовой фонд времени работы оборудования

Оборудование	Эффективный годовой фонд времени, ч		Оборудование	Эффективный годовой фонд времени, ч	
	при двух сменах	при трех сменах		при двух сменах	при трех сменах
Прессы механические			Молоты		
Прессы обрезающие, винтовые, чеканочные усилием, кН:			Молоты ковочные с массой падающих частей, (МПЧ), кг, до:		
1 000	4080	6085	400	4100	6115
до 3 150	4015	5990	2 000	4015	5990
8 000	3870	5775	5 000	3890	5805
св. 8 000	3745	5590	Молоты штамповочные с МПЧ, кг:		
Прессы кривошипные горячештамповочные усилием, кН:			630—2 000	3955	5900
6 300—16 000	3910	5835	3 150—5 000	3870	5775
25 000	3725	5560	10 000—25 000	3560	5215
40 000	3645	5405	Машины ковочные		
63 000	3520	5215	Машины горизонтальные ковочные усилием, кН:		
Прессы гидравлические			1 600—4 000	3910	5835
Прессы гидравлические ковочные усилием, кН:			6 300—8 000	3765	5590
8 000	3725	5465	12 500—16 000	3645	5405
12 500	—	7370	20 000—31 500	3520	5215
20 000	—	7200	Вальцы ковочные		
32 000	—	7030	Станы поперечно-клиновой прокатки, радиально-ковочные машины		
40 000	—	6855	Автоматы кузнечно-прессовые и автоматические линии		
63 000	—	6600	Автоматы многопозиционные		
100 000 и более	—	6430	Автоматические линии		
Ножницы, машины гибочные и правильные	4015	5990	3645	3645	5405
			3645	3645	5280

Нормы расхода вспомогательных материалов на 1 т выпуска поковок в зависимости от средней массы поковок приведены в табл. 25, 26. Расход кузнечных штампов на 1 т штампованных заготовок приведен в табл. 27.

Начальный фонд штамповой оснастки должен состоять из штампов основного фонда и их дублеров. Количество штампов дублеров определяется в зависимости от объема выпуска поковок в год

18. Нормы времени на установку и наладку штампов и коэффициенты использования и загрузки оборудования

Оборудование	Характеристика оборудования и режим работы	Нормы времени на наладку штампов, %, при количестве типоразмеров штампованных заготовок, закрепленных за единицей оборудования, шт.					Коэффициент использования оборудования $K_{и}^*$	Средний коэффициент загрузки оборудования, $K_{з}^{**}$
		1—5	6—10	11—20	21—50	св. 50		
КГШП	Усилие, кН: до 16 000 25 000—40 000 63 000	2—3	4—5	6—7	10—11	12—13	0,90	0,85
		4—5	6—7	8—9	12—13	14—15	0,89	0,85
		6—7	8—9	10—12	15—16	17—18	0,88	0,90
ПШМ	МПЧ, кг: до 2 000 3 150—5 000 10 000	3—4	5—7	8—9	11—12	13—14	0,92	0,85
		5—6	7—8	10—12	15—17	18—20	0,90	0,90
		7—8	9—10	12—14	19—20	21—25	0,90	0,90
ГКМ	Усилие, кН: до 8 000 12 500—16 000 20 000—31 500	9—10	11—12	14—15	22—25	26—30	0,88	0,90
		2—3	4—5	6—7	11—12	13—16	0,92	0,85
		4—5	6—7	8—9	13—15	17—19	0,90	0,90
Автоматы и автоматические линии	—	6—7	8—9	10—12	17—19	20—25	0,90	0,90
		10—12	13—15	15—20	—	—	0,75	0,90
		2—3	4—5	6—7	10—15	17—20	0,92	0,85
Дляковки	Двухсменный Трехсменный Непрерывный	—	—	—	—	—	0,95	0,90
		—	—	—	—	—	0,95	0,93
		—	—	—	—	—	0,95	0,95

* Коэффициент $K_{и}$ учитывает потери времени на плановый ремонт оборудования, переналадку и потери, связанные с организационно-техническими причинами.

** Коэффициент $K_{з}$ определяется отношением расчетного количества оборудования к фактическому.

Продолжение табл. 20

Показатель	Средняя масса поковок (штампованных заготовок), кг							
	До 1	1,1—2,5	2,6—4	4,1—6	6,1—10	10,1—25	25,1—40	Св. 40
Установленная мощность, кВт:								
индукционных нагревателей на 1 т выпуска поковок (штампованных заготовок)	0,32	0,30	0,28	0,26	0,25	0,24	0,23	0,22
преобразователей токов повышенной частоты (с учетом холодного резерва в 10—15 %) на 1 т выпуска поковок (штампованных заготовок)	0,45	0,43	0,40	0,37	0,35	0,33	—	—
Расход воздуха (давлением 0,6 МПа) * на муфты включения, тормоза, прижимы, средства механизации и удаления окалины со штампов на 1 т выпуска поковок (штампованных заготовок), м ³ , в цехах, оборудованных:								
кривошипными горячештамповочными прессами и прочим оборудованием	1450	1200	900	700	600	500	—	—
для удаления окалины	350	275	180	150	135	120	—	—
в том числе штамповочными молотами и прочим кузнечным оборудованием	1300	1075	775	600	525	450	380	320
в том числе для удаления окалины	500	400	250	200	175	150	130	110
Расход воздуха (давлением 0,7—0,9 МПа) или пара (давлением 0,8—0,9 МПа) на 1 т поковок (штампованных заготовок), изготавливаемых на паровоздушных молотах (штамповочных)	4200	3500	3000	2800	2600	2500	2300	2100

Продолжение табл. 20

Показатель	Средняя масса поковок (штампованных заготовок), кг							
	До 1	1,1—2,5	2,6—4	4,1—6	6,1—10	10,1—25	25,1—40	Св. 40
Расход воды, м ³ : технической смягченной на охлаждение мотор-генераторов и статических преобразователей тока на 1 т выпуска поковок (штампованных заготовок), нагреваемых токами повышенной частоты дистиллированной ** на внутренний контур статических преобразователей тока на 1 т выпуска поковок (штампованных заготовок), нагреваемых токами повышенной частоты	19—24	18—22	17—20	16—18	15—17	14—16	—	—
на охлаждение индукторов на 1 т выпуска поковок (штампованных заготовок), нагреваемых токами повышенной частоты для охлаждения штампов, инструмента, муфт и тормозов кузнечных машин и прочего оборудования на 1 т поковок (штампованных заготовок)	20—25	19—23	18—21	17—19	16—18	15—17	—	—
для охлаждения индукторов на 1 т выпуска поковок (штампованных заготовок), нагреваемых токами повышенной частоты	22—26	20—24	19—23	17—21	16—20	15—19	—	—
для охлаждения штампов, инструмента, муфт и тормозов кузнечных машин и прочего оборудования на 1 т поковок (штампованных заготовок)	4	4	4	3	3	3	—	—
Расход условного топлива (294·10 ³ кДж/кг) на 1 т поковок (штампованных заготовок) для нагрева, кг, перед отрезкой заготовок, штамповкой, в печах:								
толкательных и с вращающимся подом камерных и конвейерных	250	250	250	250	250	250	250	250
ковкой из проката	350	350	350	350	350	350	350	350
ковкой из слитка	400	400	400	400	400	400	400	400
	500	500	500	500	500	500	500	500

* Максимальный часовой расход воздуха по цеху в целом принимать на 30 % больше его среднечасового расхода.

** В оборотной системе расход воды равен 10 % подачи. Меньшие значения подачи охлаждающей воды приведены для массового и крупносерийного производства, большие — для серийного и мелкосерийного производства.

21. Нормы расхода воды для цеховковки

Область использования воды	Характеристика качества воды	Часовой расход воды, м³
Для охлаждения заслонок нагревательных печей	Температура 18—20 °С; давление 0,15—0,2 МПа; содержание взвешей 20—30 мг/л; содержание масел и нефтепродуктов 10—20 кг/л; жесткость 5 мг-э/л	1 на 1 м² площади заслонки печи
Для охлаждения компрессора насосно-аккумуляторной станции	Температура 18—20 °С; давление 0,1—0,3 МПа; жесткость не выше 4 мг-э/л; содержание взвешей не более 25 мг/л	175—160 *
Для долива питательного бака насосно-аккумуляторной станции	То же	0,01
Для охлаждения кузнечного инструмента	Техническая вода; температура 18—20 °С; давление 0,15—0,2 МПа	0,01
Для полива пола в кузнечном цехе	То же	0,001 на 1 м²

* Один комплект оборудования насосно-аккумуляторной станции.

22. Нормы расхода энергоносителей (пара и сжатого воздуха) для работы ковочных молотов *

Молоты	Расход	
	средний	максимальный
Ковочные паровоздушные с МПЧ, кг:		
1000	1050	2100
2000	1540	3080
3150	2000	3970
5000	2550	5100

* Приведен расход насыщенного пара давлением 0,6—0,8 МПа в кг или холодного сжатого воздуха давлением 0,6—0,7 МПа в м³ (свободного воздуха).

23. Нормы расхода сжатого воздуха для обдувки бойков

Оборудование	Диаметр сопла, мм	Расход свободного воздуха, м³/ч	
		средний	максимальный
Молот ковочный с МПЧ, кг:			
до 1000	3	5	25
св. 1000	5	12	60
Пресс гидравлический ковочный усилием, кН:			
8 000—12 500	6	17	85
20 000—100 000	10	48	240

Примечание. Давление сжатого воздуха должно быть равно 0,3—0,4 МПа.

24. Средние значения коэффициентов использования металла и отходов для цехов массового и крупносерийного производства, оборудованных КГШП, ГКМ и прочим кузнечным оборудованием

Средняя масса поковки, кг	Коэффициент * использования металла К	Коэффициент ** использования металла в кузнечном производстве К _{в.г}	Коэффициент *** К _{в.т}	Отходы металла от общего расхода металла, %, на			
				раскрой	угар	облой	стружку
С индукционным нагревом							
До 1	0,45	0,75	0,60	2,5	1,0	21,5	30,0
1,1—2,5	0,51	0,8	0,64	2,5	1,0	16,5	29,0
2,6—5,0	0,55	0,83	0,66	3,0	1,0	13,0	28,0
5,1—6,0	0,58	0,85	0,68	3,0	1,0	11,0	27,0
6,1—10	0,59	0,86	0,69	3,0	1,0	10,0	27,0
10,1—16	0,60	0,87	0,69	3,0	1,0	9,0	27,0
16,1—25	0,61	0,88	0,69	3,0	1,0	9,0	26,0
25,1—40	0,61	0,88	0,69	3,1	0,9	9,0	26,0
Св. 40	0,62	0,89	0,70	3,1	0,9	8,5	25,5
С пламенным нагревом							
До 1	0,40	0,72	0,56	2,5	3,0	22,5	32,0
1,1—2,5	0,45	0,75	0,60	2,5	3,0	19,5	30,0
2,6—5,0	0,49	0,78	0,63	3,0	3,0	16,0	29,0
5,1—6,0	0,52	0,8	0,65	3,0	3,0	14,0	28,0
6,1—10	0,53	0,81	0,66	3,0	3,0	13,0	28,0
10,1—16	0,54	0,82	0,66	3,0	3,0	12,0	28,0
Св. 40	0,57	0,84	0,68	3,1	2,9	11,0	26,0

* Коэффициент К определяется отношением массы детали к массе металла с учетом отходов кузнечного производства и отходов при механической обработке.
 ** Коэффициент К_{в.г} определяется отношением массы поковки (штампованной заготовки) к массе металла с учетом отходов кузнечного производства и отходов при механической обработке.
 *** Коэффициент К_{в.т} определяется отношением массы детали к массе поковки (штампованной заготовки).

25. Нормы расхода вспомогательных материалов на 1 т выпуска поковок для цехов объемной (горячей) штамповки

Вспомогательные материалы	Норма расхода материалов на 1 т выпуска в зависимости от средней массы поковок (по цеху), кг		
	до 1,6	1,7—4,0	4,0—10,0
Смазочные и промывочные	10,0	9,5	9,0
Химические	4,7	4,0	2,8
Текстильные и бумажные	1,0	0,9	0,8
Для нагрева нагревательных установок	5,0	4,6	4,2
Прочие	3,0	2,7	2,3

26. Нормы расхода вспомогательных материалов для цеховковки

Вспомогательные материалы	Норма расхода на 1 т поковки, кг, изготовленных на		Вспомогательные материалы	Норма расхода на 1 т поковки, кг, изготовленных на	
	прессах	моло-тах		прессах	моло-тах
Для изготовления: оснастки (бойки, оправки, осадочные плиты, подкладные кольца, прошивки и т. п.) инструмента (топоры, раскатки, обжимки, пробойники, клещи) Огнеупорные (кирпич, песок, глина) Обтирочные (ветошь)	20,0	10,0	Теплоизоляционные (асбест шнуровой, картон асбестовый, полотно асбестовое) Кислород для отрезки прибыльной и донной части слитка и заварки дефектов Пропан-бутан для отрезки прибыльной и донной части слитка Смазочные материалы (масла, вазелин) Краски	0,2	0,2
	5,0	34,0		10,0 м³	—
	30,0	30,0		0,3 м³	—
	1,0	0,5		0,25	0,25
				0,1	0,1

27. Расход кузнечных штампов (кг) на 1 т

Средняя масса штампованных заготовок, кг	Расход штампов на 1 т штампованных заготовок, кг				
	КГШП	ПШМ	ГКМ	ШВА *	РКМ **
До 1,0	22/30	25/35	12/13	26/—	—/0,8
1,1—1,6	18/26	22/32	11/12	22/—	—/0,8
1,7—2,5	15/23	19/28	10/11	18/—	—/0,7
2,6—4,0	12,5/19	17/24	9/10,5	15/—	—/0,7
4,1—6,0	10,5/15	14/20	7,5/10	—/—	—/0,7
6,1—8,0	9/12	11,5/19	6,5/9	—/—	—/0,6
8,1—10	8/11	10,5/18	6/8	—/—	—/0,6
11,0—15,0	—/10	—/17	—/7	—/—	—/0,6
16,0—20,0	—/9,5	—/16	—/—	—/—	—/0,5
21,0—25,0	—/9	—/15	—/—	—/—	—/0,5
26,0—30,0	—/8,5	—/14	—/—	—/—	—/0,4
31,0—35,0	—/8	—/13	—/—	—/—	—/0,4
36,0—40,0	—/—	—/13	—/—	—/—	—/0,4
Св. 40	—/—	—/12	—/—	—/—	—/0,4

* Штамповочные валцы.
** Ротационно-ковочные машины.

Примечание. В числителе приведены расходы для цехов массового и крупносерийного производства; в знаменателе — расходы для цехов серийного и мелкосерийного производства.

Глава 15 ОХРАНА ТРУДА В КУЗНЕЧНО-ШТАМПОВОЧНЫХ ЦЕХАХ

Общие положения

(ГОСТ 12.2.003—74 *). Производственное оборудование должно удовлетворять требованиям безопасности при монтаже (в необходимых случаях — демонтаже), эксплуатации, ремонте, транспортировании и хранении, при

1. Устройства, снижающие опасные факторы

Тип устройства	Наименование устройства	Вид исполнения
Защитные опасной зоны	Решетки	Подвижные Неподвижные
	Рукоотстранители	—
	Корпусоотводчики	—
	Фотоэлементы	—
Ограждающие движущие механизмы	Вращающиеся детали	—
	Поступательно-перемещающиеся детали	—
Управления	Ножные педали	Электрические Пневматические
	Ручное управление	Двуручное стационарное Двуручное переносное Рычажное рукояткой

использовании его отдельно или в составе комплексов и технологических систем.

Производственное оборудование в процессе эксплуатации не должно загрязнять выбросами вредных веществ в окружающую среду (воздух, почву, водоемы), которые превышают нормы, установленные стандартами СЭВ *.

Производственное оборудование должно быть пожаро- и взрывобезопасным.

Производственное оборудование при эксплуатации в условиях, установленных эксплуатационной и ремонтной документацией по ГОСТ 2.601—68* и ГОСТ 2.602—68*, не должно создавать опасных и вредных факторов для работающих в результате воздействия влажности, солнечной радиации, механических колебаний, высоких и низких давлений и температур, агрессивных веществ, ветровых нагрузок, обледенения.

Производственное оборудование должно соответствовать требованиям безопасности в течение всего срока службы.

Безопасность производственного оборудования должна обеспечиваться: выбором принципов действия, конструктивных схем, безопасных элементов конструкции и т. п.; применением в конструкции средств механизации и автоматизации, дистанционного управления и средств защиты; выполнением эргономических требований; включением требований безопасности в техническую документацию по монтажу, эксплуатации, ремонту, транспортированию и хранению; использованием в конструкции соответствующих материалов.

Технические средства безопасности. Выбор принципов действия, конструк-

* Если стандартами СЭВ соответствующие нормы не установлены, следует руководствоваться национальной нормативно-технической документацией по стандартизации.

тивных схем и безопасных элементов конструкций зависит в основном от технологического процесса и типа изделия.

Технические средства, которые снижают или устраняют опасные факторы при работе на кузнечно-прессовом оборудовании, подразделяются на устройства, непосредственно снижающие опасные факторы (табл. 1), и устройства, способствующие их устранению (табл. 2).

При одновременном управлении двумя руками система ручного управления должна допускать возможность включения рабочих органов только при нажатии обеих пусковых кнопок (рычагов), оси которых должны располагаться на расстоянии не менее 300 и не более 600 мм.

Во избежание случайного включения рабочих органов кнопки ручного управления двумя руками должны быть ограждены или расположены так, чтобы исключалась возможность их случайного нажатия, а рычаги для этой цели должны быть снабжены фиксаторами.

При управлении двумя руками, применяемом в кузнечно-прессовом оборудовании (КПО) с поступательно-возвратным движением рабочего органа, длительность воздействия на пусковые кнопки (рычаги) должна исключать возможность последующего ввода рук в опасную зону во время рабочего хода.

При управлении рабочими режимами одной рукой или педалью должны применяться защитные устройства рабочей (опасной) зоны.

В случае, когда КПО может быть использовано для технологических операций (загрузка заготовок и удаление готовых изделий), при которых применяются приспособления или средства автоматизации и механизации, исключающие необходимость ввода рук оператора в рабочую зону (опасную), а также при которых удержание заготовок осуществляется обеими руками вне рабочей (опасной) зоны, управление допускается без защитных устройств.

Ножная педаль должна быть ограждена кожухом, исключающим возможность случайного воздействия на нее и открытым только с фронта обслуживания.

Усилия на рукоятках и рычагах при

2. Устройства, способствующие устранению опасных факторов

Назначение устройства	Наименование устройства
Включают и выключают пресс	Муфты фрикционные
Обеспечивают безопасность и удобство наладки машины	Микропривод Подвижный стол
Предохраняют от поломки деталей и указывают усилие пресса	Предохранители, лимитирующие усилие Предохранители, лимитирующие крутящий момент Указатели усилий
Исключают произвольное движение отдельных деталей	Тормозные устройства Уравновешиватели Устройства для удержания ползуна при ремонте
Механизация и автоматизация	Механизмы и системы автоматизации

постоянном ручном режиме и одиночных ходах не должны превышать 40 Н. Усилия на рукоятках и рычагах (маховиках) механизмов перемещения с механическим и редко используемым ручным управлением, включаемых не более 5—10 раз в смену, не должны превышать 150 Н, включаемым не более 25 раз — 80 Н.

Требования к устройству средств защиты (ГОСТ 12.2.017—76). Все открытые движущиеся и вращающиеся части оборудования, расположенные на высоте до 250 мм от уровня пола, если они являются источниками опасности, должны быть закрыты сплошным или сетчатым ограждением со стороной ячеек не более 10 мм, за исключением мест, ограждение которых не допускается их функциональным назначением (не относится к рабочей зоне машины).

Ограждения должны подвешиваться на петлях, шарнирах. Может быть применено подвешивание на бодтах

3. Рекомендуемые рабочие позы на прессах

Установленная рабочая поза	Номинальное усилие пресса, кН
В положении сидя	40; 63; 100
В положении сидя—стоя	250; 400; 630; 1000
В положении стоя	1600; 2000; 2500; 4000

и шпильках при наличии в ограждении окна с подвижной крышкой для доступа к частям, требующим обслуживания (при диаметре окон менее 30 мм установка подвижной крышки необязательна).

Ограждения массой более 5 кг должны иметь рукоятки, скобы или другие устройства для удержания при открытии или съеме.

Части нагревательных устройств с высокой температурой поверхностей, находящихся в зоне постоянного обслуживания, должны закрываться огражденными кожухами или теплоизоляцией с обеспечением температуры наружной поверхности не более 45 °С.

Эргономические требования при работе на прессах. На основе анализа поз работающих в соответствии с требованиями научной организации труда для каждого типоразмера пресса рекомендуются рабочие позы (табл. 3).

Общие эргономические требования к рабочим местам при выполнении работ в положении сидя или стоя при проектировании нового и модернизации действующего оборудования и производственных процессов должны быть выполнены согласно следующим стандартам: ГОСТ 12.2.032—78 и ГОСТ 12.2.003—74*.

Конструкция рабочего места при выполнении работ сидя должна обеспечить рациональное выполнение трудовых операций, размещение приборов и органов управления.

Высота рабочей поверхности при организации рабочего места для выполнения легких работ (работа, не требующая высокой точности) составляет 725 мм.

Ниже приведены данные о высоте

сиденья, мм, на прессах для мужчин и женщин.

Женщины	400
Мужчины и женщины	420
Мужчины	430

Конструкция рабочего места при выполнении работ стоя должна обеспечить рациональное выполнение трудовых операций и размещение приборов и органов управления.

Высота рабочей поверхности при организации рабочего места при выполнении легких работ составляет 1025 мм.

Выполнение трудовых операций с режимами работы «часто» и «очень часто» должно быть в пределах зоны легкой досягаемости (рис. 1).

Электробезопасность. Кузнечно-штамповочные цехи относятся к помещениям с повышенной опасностью, которые характеризуются наличием сырости с относительной влажностью более 75 %; с высокой температурой воздуха, длительно превышающей +30 °С; с полами из токопроводящих материалов; большим количеством выделяющейся токопроводящей технологической пыли, оседающей на проводах и проникающей внутрь электроустановок; с размещением электроустановок металлическими корпусами, имеющих соединение с землей, а также металлоконструкциями зданий и технологическим оборудованием.

Нормы производственной санитарии. Нормы производственной санитарии должны обеспечить: рациональное размещение предприятий, зданий и сооружений; размеры производственных помещений; выбор состава и компоновки вспомогательных помещений; оптимальные параметры метеорологических условий; рациональное освещение; уровень шума и вибрации на рабочем месте ниже допустимых значений.

Размещение предприятий, зданий и сооружений. Производства, в состав которых входят кузнечно-прессовые и листоштамповочные цехи, относятся к IV классу с шириной санитарно-защитной зоны 100 м (СН 245-71).

Промышленные предприятия, выделяющие в процессе работы вредные и загрязняющие вещества (газ, пыль)

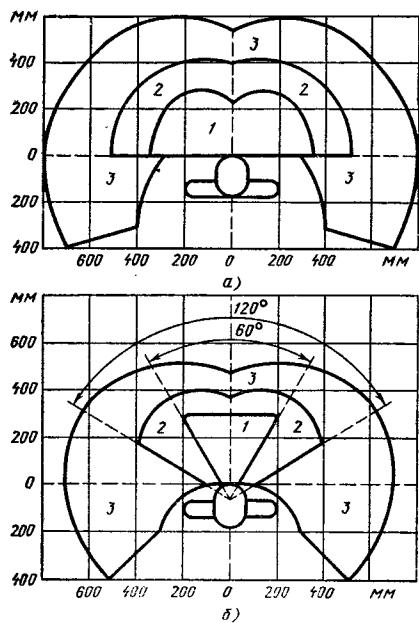


Рис. 1. Зоны для выполнения различных операций и размещения органов управления при выполнении работ стоя в горизонтальной (а) плоскости и при выполнении работ сидя (б):

1 — зона для размещения очень часто используемых и наиболее важных органов управления; 2 — зона для размещения часто используемых органов управления; 3 — зона размещения редко используемых органов управления

и распространяющие неприятные запахи и шум, не допускается размещать с подветренной стороны к жилому району; их следует отделять от жилых районов санитарно-защитными зонами.

В проектах промышленных предприятий должны предусматривать технологические процессы, исключающие выделение вредных веществ в атмосферу, и достаточно эффективные современные мероприятия по недопущению вредного влияния производственных факторов на население (пылеулавливание, газоочистка, увеличение высоты труб, шумопоглощение, герметизация аппаратуры и коммуникаций, рекуперация) и по снижению их до существующих норм.

Между длинными сторонами и торцами зданий, а также между торцами

зданий с оконными проемами предусматриваются санитарные разрывы не менее 12 м (СН 245-71).

Производственные помещения. При проектировании производственных помещений должны учитываться размеры производственных помещений согласно СН 245-71.

Наименьшие допустимые значения размеров производственных помещений по санитарным условиям следующие.

Объем производственного помещения на каждого работающего, м³ 15
 Площадь каждого производственного помещения, выгороженного стенами или глухими перегородками, на каждого работающего, м² 4,5
 Высота, м:

производственного помещения от пола до потолка 3,2

от пола площадки, сооруженной в производственном помещении, до низа выступающих конструктивных элементов, относящихся к вышерасположенным конструкциям или линиям коммуникаций:

при регулярном проходе работающих 2,0

при нерегулярном проходе работающих 1,9

галерей от уровня пола до низа выступающих конструкций перекрытий:

при регулярном проходе работающих 2,0

при нерегулярном проходе работающих 1,9

Ширина пешеходных галерей (м) при числе проходящих по ней в смену в одном направлении:

не более 400 человек 1,5

более 400 человек 2,2

Вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий (СНиП II-92-76). Санитарно-бытовые помещения для рабочих, инженерно-технических работников и обслуживающего персонала в кузнечно-прессовых цехах проектируются в соответствии с группой IIа («Производственные процессы, осуществляемые при неблагоприятных метеорологических

4. Состав специальных санитарно-бытовых помещений и устройств в зависимости от санитарной характеристики производственных процессов (СНиП II-92-76)

Группа производственных процессов	Санитарная характеристика производственных процессов	Область применения процессов	Специальные санитарно-бытовые помещения
I	Осуществляемых в помещениях, в которых избытки явного тепла незначительны [не более 23 Дж/(м ³ ·с)] и отсутствуют значительные выделения влаги, пыли, особо загрязняющих веществ Вызывающих загрязнение рук, специальной одежды и тела	В листоштамповочных цехах	— Душевые, ножные ванны
II	Осуществляемых при неблагоприятных метеорологических условиях, при значительных выделениях влаги, пыли, особо загрязняющих веществ (кроме вредных), при значительных избытках явного тепла [более 23 Дж/(м ³ ·с)], в основном лучистого	В кузнечных и прессовых цехах	Душевые, помещения для охлаждения работающих; помещения для хранения и чистки спецодежды (при процессах со значительным выделением пыли)

5. Допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений в холодный и переходный периоды года

Категория работы	Температура воздуха, °С	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Легкая I	19—25	0,2
Средней тяжести IIа	17—23	0,3
Средней тяжести IIб	15—21	0,4
Тяжелая III	13—19	0,5

Примечание. Относительная влажность воздуха для всех категорий работы не более 75 %.

условиях, при значительных выделениях влаги, пыли, особо загрязняющих веществ (кроме вредных), при значительных [более 23 кДж/(м³·с)] избытках явного тепла, в основном конвекционного). К санитарно-бытовым помещениям относятся гардеробные, душевые, уборные, курительные, устройства питьевого водоснабжения; к административным — помещения здравоохранения, предприятия общественного питания, помещения культурного обслуживания, управления, конструкторские бюро, помещения для учебных занятий и общественных организаций.

В листоштамповочных, кузнечных и прессовых цехах предусматриваются специальные санитарно-бытовые помещения (табл. 4).

Параметры метеорологических условий (ГОСТ 12.1.005—76). В кузнечных и листоштамповочных цехах с целью обеспечения повышения

6. Допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений в теплый период года (для Москвы и Московской области)

Категория работы	Температура воздуха, °С, в помещениях со значительным избытком явного тепла, не более	Скорость движения воздуха в помещениях, м/с	
		с незначительным избытком явного тепла	со значительным избытком явного тепла
Легкая I	27	0,2—0,5	0,2—0,5
Средней тяжести IIа	27	0,2—0,5	0,3—0,7
Средней тяжести IIб	27	0,3—0,7	0,5—1,0
Тяжелая III	26	0,3—0,7	0,5—1,0

Примечания: 1. Температура воздуха в помещениях с незначительным избытком явного тепла для всех категорий работ не более 25 °С.
2. Относительная влажность в помещениях для всех категорий работ не более 25 °С.

производительности и улучшения условий труда устанавливаются допустимые параметры метеорологических условий (табл. 5 и 6).

Освещение. При проектировании естественного и искусственного освещения в производственных помещениях следует руководствоваться требованиями строительных норм и правил по проектированию освещения (табл. 7).

Шум и производственные вибрации. Нормирование шума и производственных вибраций в кузнечных и листоштамповочных цехах производится на основании ГОСТов (табл. 8 и 9).

Пожарная безопасность. Кузнечно-штамповочные цехи относятся к категории Г производств по взрывопожароопасности (СНиП II-М и 2-72) и характеризуются III степенью огнестойкости (СНиП II-А. 5-70). На производствах категории Г негорючие вещества и материалы находятся в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии; процесс их обработки сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени.

Основные строительные конструкции кузнечно-штамповочных цехов характеризуются следующими пределами огнестойкости. Несущие стены, стены лестничных клеток и колонны относятся к классу негорючих с пределом огнестойкости 2 ч. Плиты, настилы и другие несущие конструкции покрытий относятся к классу трудносгораемых с пределом огнестойкости 0,75 ч. Наружные стены из навесных панелей относятся к классу негорючих с пределом огнестойкости 0,25 ч или трудносгораемых с пределом огнестойкости 0,15 ч

7. Нормы освещенности в листоштамповочных и кузнечно-прессовых цехах (СНиП 4-79)

Характеристика зрительной работы	Контраст объекта различения с фоном	Искусственное освещение	Естественное освещение			Совместное освещение		
			КЕО *, %			КЕО, %		
			при верхнем или верхнем и боковом освещении	при боковом освещении		при верхнем или верхнем и боковом освещении	при боковом освещении	
в зоне с устойчивым снежным покровом	на остальной территории СССР	в зоне с устойчивым снежным покровом		на остальной территории СССР				
Грубая (очень малой точности)	Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном	200	2	0,4	0,5	1,2	0,3	0,3
Со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	То же	200	3	0,8	1	1,8	0,5	0,6

* КЕО — коэффициент естественной освещенности.

Примечания: 1. Наименьший размер объекта различения более 0,5 мм.
2. Разряд зрительной работы VI.
3. Освещенность при общем искусственном освещении составляет 200 лк.

8. Нормы уровня звукового давления и уровня звука (ГОСТ 12.1.003—76*)

Рабочее место	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровень звука и эквивалентные уровни звука, дБ/А
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Кабины наблюдений и дистанционного управления: без речевой связи по телефону	94	87	82	78	75	73	71	70	80
с речевой связью по телефону	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий	99	92	86	83	80	78	76	74	85

9. Среднеквадратичные значения виброскорости, (м/с)·10⁻², не более, на постоянных рабочих местах в кузнечно-прессовых цехах (ГОСТ 12.1.012—78*)

Вибрация	Логарифмические уровни виброскорости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц											
	1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000	
Общая технологическая на постоянных рабочих местах в производственных помещениях предприятий	—	$\frac{1,3}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,2}{93}$	$\frac{0,22}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	—	—	—	—	
Локальная	—	—	—	$\frac{5,0}{120}$	$\frac{5,0}{120}$	$\frac{3,5}{117}$	$\frac{2,5}{114}$	$\frac{1,8}{111}$	$\frac{1,3}{108}$	$\frac{0,9}{105}$	$\frac{0,65}{102}$	

Примечание. В числителе даны среднегеометрические значения виброскорости, в знаменателе — логарифмические уровни виброскорости.

1. Бабаев Ф. В. Оптимальный раскрой материалов с помощью ЭВМ. М.: Машиностроение, 1982. 168 с.

2. Бережковский Д. И. Метод комплексной оценки деформируемости стали и сплавов при ковке. — Кузнечно-штамповочное производство, 1975, № 12, с. 11—12.

3. Васильев К. В. Плазменно-дуговая резка. М.: Машиностроение, 1974. 111 с.

4. Высоцкий Е. Н., Косяк В. И. Схемы раскроя проката методом холодной ломки. — Кузнечно-штамповочное производство, 1976, № 12, с. 37—38.

5. Головин В. Я. Комплектование кузнечно-прессовых производств высокопроизводительными технологическими комплексами. — Кузнечно-штамповочное производство, 1981, № 5, с. 27—29.

6. Горелик А. Г. Автоматизация инженерно-графических работ с помощью ЭВМ. Минск: Высшая школа, 1980. 205 с.

7. Гривачевский А. Г., Прохваткин Н. В., Ярош Г. А. Система автоматизированного проектирования разделительных штампов «АВТОШТАМП-ЕС». Общее описание. Ч. 1. Минск: ИТК АН БССР, 1984. 117 с.

8. Григорьев Л. Л. Автоматизированное проектирование в холодной листовой штамповке. Л.: Машиностроение. Ленинград. отделение, 1984. 280 с.

9. Гуревич С. Г., Моргун В. В. Источники питания средней частоты установок индукционного нагрева. 4-е. Л.: Машиностроение. Ленинград. отделение, 1980. 287 с.

10. Даугутов М. Я. Пластическая деформация высоколегированных сталей и сплавов. М.: Металлургия, 1977. 312 с.

11. Исаченков Е. И. Контактное трение и смазка при обработке металлов давлением. М.: Машиностроение, 1978. 208 с.

12. Исследование и разработка мероприятий для снижения угара металла/В. Е. Чернов, М. П. Ревун, А. Н. Байбуз, А. Н. Андриенко. — Кузнечно-штамповочное производство, 1980, № 2, с. 32—34.

13. Казанцев Е. И. Промышленные печи. Справочное руководство для расчетов и проектирования. М.: Металлургия, 1975. 367 с.

14. Ковка и объемная штамповка стали: Справочник В 2-х т. Т1/Под ред. М. В. Сторожева. М.: Машиностроение, 1967. 435 с.

15. Ковка и штамповка цветных металлов: Справочник. М.: Машиностроение, 1972. 232 с.

16. Кохан Л. С. Комплексная механизация и автоматизация метизных цехов. М.: Металлургия, 1983. 97 с.

17. Кривандин В. А., Филимонов Ю. П. Теория, конструкция и расчеты металлургических печей. М.: Металлургия, 1978. 359 с.

18. Кривошипные горячештамповочные прессы в современном кузнечно-штамповочном производстве/Ю. Т. Гурьев, В. Н. Горожанкин, А. Т. Крук, В. Г. Плогачев, А. И. Гончаров. М.: НИИМАШ, 1983. 78 с.

19. Макшанов Л. Я., Кудинов Е. И., Удалов П. П. Оборудование для раскроя сортового проката. — Кузнечно-штамповочное производство, 1981, № 5, с. 26—28.

20. Маркин П. В., Кабалкин Н. А. Механизация и автоматизация кузнечно-прессового производства. Каталог на внедрение в производство. Приспособления, устройства и средства механизации. М.: НИИинформтяжмаш, 1975. 38 с.

21. Марочник стали и сплавов/Под ред. И. Р. Крынина, А. А. Астафьева, Е. П. Могилевского М.: ЦНИИТМАШ, 1977. 483 с.

22. Массен В. А., Раскин В. Л. Справочник молодого кузнеца-штамповщика. М.: Высшая школа, 1980. 255 с.

23. Матвеев А. Д. Влияние неравномерности растяжения на деформацию листового металла. — Известия вузов. Машиностроение, 1977, № 5, с. 197.

24. Машиностроительные материалы: Краткий справочник/В. М. Раскатов, В. С. Чуенков, Н. Ф. Бессонова, Д. А. Вейс. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1980. 511 с.

25. Мигачев Б. А., Потапов А. И. Пластичность инструментальных сталей и сплавов: Справочник. М.: Металлургия, 1980. 420 с.

26. Микляев П. Г., Дуденков В. М. Сопротивление деформации и пластичность алюминиевых сплавов: Справочник. М.: Металлургия, 1979. 189 с.

27. Могучий Л. Н. Обработка давлением труднодеформируемых материала

лов. М.: Машиностроение, 1976. 157 с.

28. **Намзер Г. Г., Двоскии В. Л., Рязанцев А. Б.** Разработка и создание новых технологических режимов нагрева слитков перед ковкой на прессах. — Кузнечно-штамповочное производство, 1976, № 11, с. 28—32.

29. **Охрименко Я. М.** Технология кузнечно-штамповочного производства. М.: Машиностроение, 1976. 560 с.

30. **Пашистов М. А., Брук В. Д., Кольца Н. Т.** Нагревательные печи с плоскопламенными горелками. — Кузнечно-штамповочное производство, 1980, № 11, с. 30—32.

31. **Петров Л. Н., Касатов В. Ф., Этии И. З.** Ковка на молотах и гидравлических прессах. Л.: Машиностроение. Ленинград. отд-ние, 1980. 248 с.

32. **Поздяк Л. А., Скрынченко Ю. М., Тишаев С. И.** Штамповые стали. М.: Металлургия, 1980. 204 с.

33. **Полухин П. И., Горелик С. С., Воронцов В. К.** Физические основы пластической деформации. М.: Металлургия, 1982. 584 с.

34. **Проектирование** машиностроительных заводов и цехов: Справочник. Т. 3/Под ред. А. М. Мансурова. М.: Машиностроение, 1974. 336 с.

35. **Разработка** автоматизированной системы технологической подготовки кузнечно-штамповочного производства/А. И. Петров, А. П. Лутовинов, Г. В. Десярев, М. А. Яхнис. — Кузнечно-штамповочное производство, 1977, № 12, с. 13—15.

36. **Расчет** нагревательных и термических печей: Справочник/Под ред. В. М. Тымнака, В. Л. Гусовского. М.: Металлургия, 1983. 430 с.

37. **Романов Д. И.** Электроконтактный нагрев металлов. М.: Машиностроение, 1981. 182 с.

38. **Рыский С. Е.** Применение сквозного индукционного нагрева в промышленности. Л.: Машиностроение. Ленинград. отд-ние, 1979. 411 с.

39. **Сатановский А. Г., Мирский Ю. А.** Нагревательные и термические печи в машиностроении. М.: Машиностроение, 1971. 383 с.

40. **Свейчаиский А. Д.** Электрические промышленные печи. М.: Энергия, 1975. 352 с.

41. **Северденко В. П., Макушок Е. М., Равии А. Н.** Окалина при

горячей обработке металлов давлением. М.: Металлургия, 1977. 208 с.

42. **Семенков О. И.** Введение в системы автоматизации проектирования. Минск: Наука и техника, 1979. 85 с.

43. **Семенов Е. И.** Ковка и объемная штамповка. М.: Высшая школа, 1972. 350 с.

44. **Семенов Е. И., Коидратенко В. Г., Ляпунов Н. И.** Технология и оборудованиековки и объемной штамповки. М.: Машиностроение, 1978. 310 с.

45. **Скворцов А. А., Акименко А. Д., Кузев М. Я.** Безокислительный и малоокислительный нагрев стали под обработку давлением. М.: Машиностроение, 1968. 270 с.

46. **Склюев П. В.** Термическая обработка крупных поковок. М.: Машиностроение, 1976. 60 с.

47. **Слухоцкий А. Е., Рыский С. Е.** Индукторы для индукционного нагрева. Л.: Энергия, 1974. 124 с.

48. **Смирнов-Аляев Г. А.** Сопротивление материалов пластической деформации. Л.: Машиностроение. Ленинград. отд-ние, 1978. 368 с.

49. **Смирягин Л. П., Смирягина Н. А., Белова А. В.** Промышленные цветные металлы и сплавы: Справочник. М.: Металлургия, 1974. 417 с.

50. **Соловцов С. С.** Безотходная резка сортового проката в штампах. М.: Машиностроение, 1985. 176 с.

51. **Соловцов С. С.** Отрезка от сортового проката точных заготовок для объемной штамповки. — Кузнечно-штамповочное производство, 1978, № 8, с. 18—22.

52. **Степанский Л. Г.** Расчеты процессов обработки металлов давлением. М.: Машиностроение, 1979. 215 с.

53. **Сторожев М. В., Попов Е. А.** Теория обработки металлов давлением. М.: Машиностроение, 1977. 424 с.

54. **Тарновский И. Я., Вайсбург Р. А., Еремеев Г. А.** Автоматизация проектирования технологии горячей штамповки. М.: Машиностроение, 1969. 240 с.

55. **Телегии А. С., Лебедев Н. С.** Конструкция и расчет нагревательных устройств. М.: Машиностроение, 1975. 263 с.

56. **Теория** пластических деформаций металлов/Под ред. Е. П. Унксова,

А. Г. Овчинникова. М.: Машиностроение, 1983. 598 с.

57. **Термическая** обработка в машиностроении: Справочник/Под ред. Ю. М. Лахтина, А. Г. Рахштадта. М.: Машиностроение, 1980. 783 с.

58. **Тетерин Г. П., Полухин П. И.** Основы оптимизации и автоматизации проектирования технологических процессов горячей объемной штамповки. М.: Машиностроение, 1979. 215 с.

59. **Технология** листовой штамповки/В. И. Стеблюк, В. Л. Марченко, В. В. Белов, А. Г. Гривачевский. Киев: Вища школа, 1983. 279 с.

60. **Трение и смазка** при обработке металлов давлением: Справочник/А. П. Грудев, Ю. В. Зильберг, В. Т. Килик. М.: Металлургия, 1982. 312 с.

61. **Трофимов И. Д., Стоколов В. Е.** Оборудование для горячей штамповки с электронагревом. М.: Машиностроение, 1972. 361 с.

62. **Тюрин В. А.** Теория и процессы

ковки слитков на прессах. М.: Машиностроение, 1979. 240 с.

63. **Фийкель В. М., Голови Ю. И., Родюков Г. Б.** Холодная ломка проката. М.: Металлургия, 1982. 192 с.

64. **Фомии Н. И., Затуловский Л. М.** Электронечи и установки индукционного нагрева. М.: Металлургия, 1979. 247 с.

65. **Холодная** объемная штамповка: Справочник/Под ред. Г. А. Навроцкого. М.: Машиностроение, 1973. 352 с.

66. **Шамов А. Н., Бодажков В. А.** Проектирование и эксплуатация высокочастотных установок. Л.: Машиностроение. Ленинград. отд-ние, 1974. 281 с.

67. **Штампы** разделительные. Автоматизированное проектирование на ЕС ЭВМ. РТМ 105-0-213—83. Ростов-на-Дону: НИИТМ, 1983. 290 с.

68. **Электротехнологические** промышленные установки/И. П. Евтюкова, Л. С. Кацевич, Н. М. Некрасова, А. Д. Свенчанский. М.: Энергия, 1982. 96 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Автоматизация проектирования штампов 399—Базовая конструкция штампа последовательного действия 400, 401 — Обеспечение методического, программно-информационное, техническое 391—393—САПР разделительных штампов 402, 403—Схема функционирования системы автоматизированного проектирования штампов 400 — Функциональное назначение программ 400, 401
— решения технологических задач — Виды — см. под их названиями, например. **Операции раскройные** — Расчетные модели поковки и гравюры штампа для минимизации массы поковки 388— Расчетные модели формоизменения поковки 388
Автоматы — Нормы времени на установку и наладку штампов 541— Эффективный годовой фонд времени работы 540
— горячештамповочные — Краткие характеристики 370
Анизотропия нормальная 155
— плоскостная 155
— цветных металлов и сплавов 517

Б

Бойки — Нормы расхода сжатого воздуха для их обдувки 546 — Размеры зеркала 416
Бронзы 45 — Механические свойства 52
— Физические свойства 51, 52
— Химический состав 49
Бункер роторный 318
— цепной — Направляющие линейки 321, 322 — Схема 321, 322

В

Вальцы ковные для поперечно-клиновой вальцовки вальцово-сегментные — Назначение 309 — Основные параметры 313 — Двухклетевые — Назначение 310
Вальцы ковные закрытые — Назначение 309 — Основные параметры 311
Вальцы ковные консольные двухклетевые — Назначение 309 — Основные параметры 312
— одноклетевые (многоклетевые) — Назначение 309 — Основные параметры 312
Вальцы с манипулятором — Принцип работы 359—361
Виброконвейер — Конструкция 322, 323
Винипласт листовой 63
Вкладыши — Размеры 438
— вырезные нижнего бойка — Размеры 431
Вырубка 161; см. также *Пробы технологические*
Вытяжка сложных несимметричных деталей 158
— сложных симметричных деталей 158
— с утонением стенок 158

Г

Гетинакс электрический 62
Гибка 156 — Назначение 448
— Премы гбки 449
ГОСТ 2.309—73* 161
2.601—68* 549
2.602—68* 549
12.1.005—76 553

ГОСТ 12.1.012—78* 556
 12.2.003—74* 549, 551
 12.2.017—76 551
 12.2.032—78 551
 5—78*Е 64
 20—76* 64
 82—70* 117
 103—76* 82—85
 288—72* 64
 380—71* 9—11, 493
 503—81* 122, 123
 712—82 289
 713—81Е 302
 1050—74** 12, 13, 163, 493
 1133—71 73
 1435—74* 26, 27
 1497—73* 493
 1530—78* 120, 121
 1577—81 103
 2162—78* 64
 2590—71* 76, 370
 2591—71* 73
 2718—74* 62
 2748—77* 64
 2789—73* 61
 2824—75*Е 62
 2879—69* 89
 3717—70* 64
 4194—83 62
 4405—75* 86—88
 4543—71* 14—22, 384, 493
 4693—77 74
 4784—74* 31
 4986—79* 125, 126
 5210—82 92, 93
 5384—84Е 305
 5632—72* 24, 25
 5639—82 144, 146, 160
 5950—73 28, 29
 6009—74 118, 119
 6039—82Е 287, 289, 293
 6308—71* 64
 6418—81* 64
 6645—68* 201
 6659—83 62
 6722—75* 62
 6724—77 287
 6808—76* 289
 6809—70* 296
 7023—70* 299
 7024—75* 293
 7062—79* 451
 7268—82 160
 7284—80*Е 291, 372, 380
 7338—77* 64
 7417—75 77
 7505—74* 386
 7829—70 451
 8179—69** 483
 8479—70* 492
 8559—75* 75
 8560—78* 90, 91
 8617—81* 96
 9012—59* 493
 9236—74* 64
 9347—74* 62
 9421—80* 62
 9639—71* 63
 9752—75* 287, 380
 9858—75 64
 10007—80Е 63
 10292—74* 64
 10885—75* 128—130
 11302—78* 64
 11384—75* 426
 11385—75* 426
 11386—75* 427

ГОСТ 11387—75* 427
 11388—75* 427
 11389—75* 427
 11390—75* 428
 11392—75* 428
 11393—75* 428
 11394—75* 429
 11395—75* 429
 11421—75* 421
 11422—75* 421
 11423—75* 422
 11424—75* 422
 11425—75 422
 11426—75* 423
 11427—75* 423
 11428—75* 424
 11429—75* 424
 11430—75* 424
 11431—75* 424
 11432—75* 425
 11433—75* 426
 12344—78* 493
 12365—84* 493
 12456—83 62
 12855—77* 64
 14613—83Е 62
 14906—77* 63
 14955—77 79, 80
 14957—76* 41
 14959—79* 12, 13
 15527—70* 47, 48
 15588—70* 63
 15809—70*Е 63
 16338—70 63
 16434—80Е 312
 16435—80 311
 16523—70* 160
 17133—83 64
 17808—82 380, 382
 18175—78* 49
 19265—73* 27
 19281—73 493
 19657—74* 99
 19807—74* 54
 19851—74* 124
 19903—74* 103
 19904—74* 112, 113
 20358—78* 62
 20376—74* 62
 20836—75* 64
 21228—75 64
 21996—76* 127, 128
 22535.0—77 493
 22535.1—77 493
 22535.2—77 493
 22535.3—77 493
 22535.4—77 493
 22535.5—77 493
 22535.6—77 493
 22535.7—77 493
 25054—81 493, 494
 25354—82 380
 26131—84 493, 494
 Графопроектирование — Технические характеристики 393, 394

Д

Деформация — Локализация 157, 158
 — инструментальных сталей 501 — Влияние скорости деформации на сопротивление деформированию 502; на степень деформации сдвига 502 — Влияние температуры на степень деформации сдвига 503
 Деформирование горячее медных сплавов 61 — Диаграммы 36—39, 41, 45, 53

Дозирование заготовок по объему (массе) 189—193 — Измерение прутка в дозирующих устройствах 192
 — Отрезка с дозированием 193
 Заготовки — Выбор способа разделения металла 164, 214—216
 — стальные непрерывно-литые квадратные и прямоугольные 94
 Задачи проектные ГП ХШП 394, 395, 399
 Заточка ножей фасонная — Выбор размеров по графику 174
 Захват шиберный 317
 Зачистка поверхности металла — Выбор способа 163
 — Допустимая глубина 163

И

Индуктор — Назначение 261, 262
 — Особенности конструкции 262, 263
 — Параметры 263
 — Режимы нагрева стальных заготовок 263
 Инструмент дляковки — Классификация по группам 416 — Материал для его изготовления 439
 — на молотах 416 — Виды — см. под их названиями, например, *Кольца оправочные кузнечные*
 — на прессах — Виды — см. под их названиями, например, *Плиты верхние плоские*
 — подерживающий — Виды — см. под их названиями, например, *Патроны дляковки слитков массой до 40 т*

К

Кантователи — Назначение 375 — Привод 377
 — напольные рельсовые 376, 377
 — подвесные с патроном-манипулятором 375, 376
 — поковок — Схема 357, 358
 Картон электроизоляционный 62
 Карты технологические 483—490
 Катушки неприводные разматывающие — Технические характеристики 341
 Клеши вспомогательные — Размеры 429 — для заготовок цилиндрических — Размеры 428
 Клеши выгнутые — Размеры 427
 Клеши поперечные с квадратными губками — Размеры 427
 — с круглыми губками — Размеры 427
 — с полукруглыми губками — Размеры 427
 Клеши продольно-поперечные плоские — Размеры 426
 Клеши продольные с квадратными губками — Размеры 428
 — с круглыми губками — Размеры 428
 — с прямоугольными губками — Размеры 428
 Клеши с плоскими губками — Размеры 426
 Ковка — Выбор схемы процесса и формы бойков 500
 — Определение массы и размеров заготовки 476, 477
 — Температурный интервал 217—223
 — Этапы разработки технологического процесса 450
 Ковка высоколегированных жаропрочных сталей и сплавов 503—516 — Влияние режима на ударную вязкость 510 — Влияние структуры на механические свойства 509 — Влияние ЭШП на качество металла 506 — Зависимость ковочных свойств от способа выплавки 505 — Зависимость критической степени деформации от температуры 514 — Ка-

чество металла поковок 504 — Снижение пластичности 503 — Схема напряженного состояния 510 — Температура и режим нагрева 507 — Температура начала рекристаллизации 514 — Улучшение поверхности слитка 507
 — осадкой 514—516
 — протяжкой 510 — Влияние температуры на пластичность 512 — Деформируемость слитка 511
 Ковка инструментальных сталей 495—503 — Влияние вредных примесей и легирующих элементов 495
 — Температурный режим 495
 Ковка на молотах ковочных — Примеры расчета 480—482
 — паровоздушных — средства автоматизации и механизации 372
 — пневматических — Средства автоматизации и механизации 372
 Ковка на прессах — Графики для определения наименьших длин буртов, высот уступов и выемок 475, 476 — Примеры расчета 482, 491
 — гидравлических ковочных — Средства автоматизации и механизации 372, 373
 Ковка свободная — Оборудование для механизации и автоматизации процессов — см. под их названиями, например, *Краны ковочные мостовые*
 Ковка сплавов алюминиевых — Температура 59
 — магниевых — Режим 59
 — титановых — Температура 62
 Ковка цветных металлов и сплавов 516—528 — Влияние температуры на прочность 517
 — Термомеханический режим ковки 517
 — Установление режима обработки 516
 Ковкость 131, 495, 496 — Зависимость от дисперсности 495
 Кожа техническая 64
 Кольца оправочные кузнечные — Размеры 417, 418
 — сменные для круглых и квадратных осадочно-прошивочных плит — Размеры 434
 Комплекс для отрезки сортового проката с подогревом — Схема 354
 Комплексы ковочные с программным управлением — Назначение 380 — Состав 382 — Схема расположения оборудования 382 — Технические характеристики 382
 Комплексы оборудования — Назначение 348 — Технические характеристики 349—351
 — на базе прессов с различными усилиями — Технические характеристики 351
 — на базе сортовых кривошипных ножиц для отрезки заготовок из круглого и квадратного поката — Конструкция 354, 355 — Принцип работы 354—356
 Конвейеры — Назначение 374
 — пластинчатые — Скорость ленты 374
 — роликотные — Назначение 374 — Расстояние между роликотами 374
 — цепно-скребковые — Конструктивные особенности 374 — Технические характеристики 321
 — шнековые — Технические характеристики 321, 322
 Консервация горячая — Режимы 228—230
 Коэффициент анизотропии 155
 — вытяжки предельный 157, 161
 — затрузки пода 238
 — использования металла 157, 158
 — масштабный 148

- нормальной анизотропии 157
- раскря 213
- расхода воздуха 237
- скоростной 148
- трения 148, 153, 206
- увеличения продолжительности нагрева в зависимости от схемы загрузки слитков в печи 231
- утонения стенки 158
- формозменения 159
- Краны ковочные мостовые** — Конструктивные особенности 373 — Назначение 373 — Технические характеристики 373
- поворотные — Зависимость массы падающих частей ковочных молотов от грузоподъемности кранов 374
- Круги абразивные** — Материал 203
- Рекомендуемые параметры 204
- Характеристика 204

Л

- Латуни** — Диаграммы деформирования и рекристаллизации 45, 46
- Классификация 51, 52
- Физические свойства 50
- Химический состав 47, 48
- Лента горячекатаная** 118 — Предельные отклонения 119
- листовая двухслойная коррозионно-стойкая 128 — Длина 129 — Предельные отклонения 128 — Толщина 128
- подкат из углеродистой качественной конструкционной стали 120 — Предельные отклонения 120, 121
- Лента холоднокатаная** из коррозионно- и жаростойкой стали 125, 126 — Предельные отклонения 125
- из низкоуглеродистой стали 122 — Предельные отклонения 123
- резаная из углеродистой стали 124
- термообработанная стальная 127 — Предельные отклонения 127, 128
- Линии автоматические кузнечно-прессовых цехов** — Классификация 314, 315
- Назначение 314
- Нормы времени на установку и наладку штампа 541
- Оборудование вспомогательное — см. под их названиями, например, *Устройство правильно-задающее*
- Типы планировки 314
- Функциональные элементы — см. под их названиями, например, *Устройство бункерно-ориентирующие*
- Эффективный годовой фонд времени работы 540
- Листоподаватели** 347
- Листоукладчики** 347
- Ломка холодная** — Расчет 166
- Схема 166
- Лотки вибрационные** — Технические характеристики вибропривода и чаши 319
- винтовые 319, 320
- щелевые 319, 320

М

- Магазины** — Назначение 345, 346
- Технические характеристики 346
- Манипуляторы для подачи инструмента** — Грузоподъемность 378
- Назначение 377
- Манипуляторы ковочные** — Грузоподъемность 378 — Назначение 378 — Привод 378
- безрельсовые — Технические характеристики 379
- подвесные — Область применения 378
- рельсовые — Грузоподъемность 379 —

- Технические характеристики 381 — Типы 379, 380
- Материалы теплоизоляционные** — Характеристики 232
- Машины горизонтально-ковочные** — Типы средств автоматизации и механизации — см. под их названиями, например, *Переключки для универсальной горизонтально-ковочной машины с вертикальным разъемом матриц*
- с вертикальным разъемом матриц — Назначение 294 — Ориентировочная производительность 301 — Основные параметры 299—301 — Схема 298
- Машины калибрующие типа КУ** — Конструктивные особенности 326 — Назначение 326 — Схема 325 — Технические характеристики 326
- клинозабивные — Назначение 378 — Технические характеристики 378
- ковочные — Нормы времени на установку и наладку штампов 541 — Эффективный годовой фонд времени работы 540
- Машины посадочные** — Назначение 374
- напольные безрельсовые 375
- напольные рельсовые — Технические характеристики 375
- подвесные 375
- Машины радиально-обжимные с программным управлением** — Назначение 308 — Основные параметры 310
- электровысадочные — Назначение 309 — Основные параметры 310
- Металлы листовые** — Технологические пробы 159—162, см. также *Пробы технологические*
- Технологические свойства и штампуемость 154—159
- Механизмы дисково-щелевые** 317
- захватные — Классификация 321
- преобразующие — Классификация 330
- Микрогеометрия поверхности** — Оценка 161
- Микроструктуры** — Характеристики 145, 146
- Молоты** — Нормы времени на установку и наладку штампа 541
- Укрупненные показатели расхода энергоносителей 543—545
- Эффективный фонд времени работы 540
- Молоты ковочные** — Нормы расхода энергоносителей 545
- паровоздушные двойного действия — Назначение 287 — Ориентировочные данные для выбора падающих частей молотов в зависимости от размера поковки 288 — Параметры 287 — Производительность 288 — Размеры 287
- пневматические — Данные для выбора массы падающих частей 290 — Назначение 288 — Производительность 290 — Размеры 289
- Молоты штамповочные бесшаботные** — Назначение 290
- высокоскоростные — Назначение 310 — Основные параметры 313
- с гидравлической связью баб 294
- с ленточной связью баб 294
- Молоты штамповочные паровоздушные двойного действия** — Параметры 293 — Производительность и масса поковок в зависимости от массы падающих частей 294
- фрикционные с доской — Назначение 290 — Параметры 295

Н

- Нагреватели индукционные** — Нагрев концов заготовок и местный нагрев

- 265 — Нагрев коротких заготовок с косями торцами 256
- Нагрев мерных цилиндрических заготовок длиной до 300 мм 256 — Нагрев цилиндрических заготовок длиной 300—2000 мм 265 — Преобразователи частоты 265 — Способы обеспечения энергообеспечения 264, 265
- методического действия — Преимущества 264 — Схема 264
- периодического действия — Схема 263, 264
- серийные — Параметры 279
- Нагреватели кузнечные** — Параметры 280
- Типы 280
- Нагрев в электродите** — Область применения 274 — Параметры нагрева стальных заготовок перед деформированием на высадочных автоматах 275 — Режимы нагрева конечных участков стальных заготовок 272 — Схема нагрева 272
- заготовок — Средства автоматизации и механизации — см. под их названиями, например, *Устройство для загрузки индукционного нагревателя*
- индукционный — Выбор времени нагрева 259, 260 — Выбор частоты тока 257, 258 — Глубина проникновения тока в металл 257 — Мощность индукционного нагревателя 260, 261 — Область применения 274 — Преимущества 274 — Расход электроэнергии 273 — Энергетические показатели нагрева стали под обработку давлением 273, 277
- стали — Продолжительность 225, 227, 231 — Режимы 228, 231 — Скорость 224
- электроконтактный — Назначение 266 — Недостатки 267 — Преимущества 266 — Схема контактной установки 266 — Технологическая схема процесса электровысадки 266 — Технологическая схема электроконтактного нагрева 266
- Надставки верхнего бойка** — Размеры 429, 430
- кузнечные — Размеры 421
- пустотелые — Размеры 435
- Некратность** 211
- Нож отрезных штампов и сортовых игожниц** 188, 189 — Глубина внедрения ножа 191
- Рекомендуемые параметры игож 189, 190
- Сталь для игож 191
- Типовые конструкции 188
- Формулы для расчета 190
- Ножницы для резки сортового и фасонного проката** 194
- сортовые кривошипные закрытые 194
- Нормы производственной санитарии** 561

О

- Обжимки круглые пружинные** — Размеры 423
- разъемные — Размеры 423
- Обкатка клиновым инструментом** 165
- Обмазки** 237
- Оборудование автоматизированное и механизированное для штамповки** — Типы — см. под их названиями, например, *Вальцы ковочные с манипулятором*
- Обрезка облоя** — Средства механизации и автоматизации — см. под их названиями, например, *Устройство лотковое выносящее*
- Обрезки коцевые** 211
- Обсечки** — Размеры 426, 436
- Обтяжка** 157
- Огнеупоры** — Нормы расхода на текущий ремонт и эксплуатацию печей 251

- Основные свойства 250
- Операции заготовительные** — Средства автоматизации и механизации — см. под их названиями, например, *Коллектор для отрезки сортового проката с подогревом*
- раскройные — Оптимальное решение раскря 395
- Оправки для вытяжки поковок** — Размеры 438
- для раскатки — Размеры 437
- одноступенчатые для раскатки — Размеры 437
- удлиненные для вытяжки поковок — Размеры 436, 437
- Органы захватные** — Классификация 326, 327
- Характерные особенности 328, 329
- Осадка** — Выбор молота 441 — Назначение 440 — Способы выправления заготовок 440 — Степень деформации 440
- в подкладных кольцах 441
- заготовок или слитков без хвостовика 440
- заготовок или слитков с хвостовиком 440, 441
- Отбортовка отверстия** 158
- Отрубка** 165 — Особенности 448
- Отсекатели** — Конструктивные особенности 320
- Охрана труда** — Освещение 554
- Параметры метеорологических условий 554
- Пожарная безопасность 554
- Проектирование вспомогательных зданий, производственных помещений, промышленных предприятий 552
- Размещение предприятий, зданий, сооружений 551, 552
- Шум и производственные вибрации 554

П

- Пакеты программ** 395
- Патроны дляковки слитков массой до 40 кг** — Размеры 437
- св. 40 т. — Размеры 438
- Передача** — Особенности 445
- Пережимки круглые** — Размеры 422, 434
- треугольные — Размеры 422, 435
- треугольные равносторонние — Размеры 422
- Переключки грейферной для универсального кривошипного горячештамповочного прессы** — Кинематическая схема 365
- с негидравлическим приводом — Кинематическая схема 365, 366
- Переключки для универсальной горизонтально-ковочной машины с вертикальным разъемом матриц** — Кинематическая схема 366, 367
- типа «шагающая балка» для ТКМ с горизонтальным разъемом матриц — Схема 366, 367
- Печь** — ванны нагревательные электродио-соляные 283
- однофазные для нагрева заготовок в соляном растворе 273
- Печи сопротивления электрические** — Конструктивные особенности 235
- Нагревательные элементы 253, 254 — Назначение 253
- камерные — Конструкция 254, 255 — Разновидности 255 — Технические данные 275, 276
- карусельные — Конструкция 256 — Параметры 277 — Типы 277
- Печь двухкамерная кузначная щелевая** 241

- двухкамерная на жидком и газообразном топливе 241
- камерная малоокислительного нагрева 243
- камерная щелевая нагревательная с обгоном плоскопламенной горелкой 244
- конвейерная с подподовым конвейером 246
- крупная с шагающими балками 246
- кузнечная камерная двухстадийного сжигания для мало- или безокислительного нагрева открытым пламенем 247
- кузнечная с вращающимся подом 245
- малая рекуперативная для безокислительного нагрева открытым пламенем 237
- очковая вращающаяся 244
- полуметодическая толкательная 244
- рециркуляционная нагревательная с подвижным подом 242
- скоростного конвективного нагрева 247
- с наклонным подом и пульсатором для выдачи заготовок 245
- с подъемно-шагающими балками (для нагрева металла перед резкой) 244
- термическая рециркуляционная с подвижным подом 242
- трехзонная однорядная методическая 243
- Печь** — КПД 248, 249
- Напряженность пода (удельная производительность) 248
- Продолжительность эксплуатации различных элементов 252
- Рекуперативный нагревательный колодец 241
- Характеристика и расход материалов для постройки 252
- Пилы дисковые** — Преимущества, недостатки 199 — Скорость резания 199, 200 — Стойкость 200
- ленточные — Выбор числа и формы зубьев 200, 201 — Для сталей и цветных металлов 200 — Производительность 200 — Скорость резания 201
- ножовочные — Время резания 202 — Основные параметры 201—203 — Производительность станков 201 — Скорость резания на станках 202
- фрикционные — Размеры диска 206 — Расчет 205, 206 — Схема определения параметров резки 205 — Формы зубьев 205
- электромеханические — Преимущества, недостатки 206 — Схема резки 206
- Питатели** — Конструктивные особенности 320, 321
- поворотные — Схема 320, 321
- поступательные — Схема 320, 321
- Пластичность** — Диаграммы 218
- Пластмассы** 63
- Плиты верхние кованные** — Размеры 433
- литые — Размеры 433
- плоские — Размеры 432
- Плиты нижние для осадки и кантовки слитков** 434
- кованные высокие — Размеры 433
- литые высокие — Размеры 432
- Плиты низкие круглые для осадки и прошивки** — Размеры 432
- Пневмосуд** 37С
- Подачи валковые** — Принцип работы 330, 331 — Технические характеристики 333
- грейферные — Назначение 335 — Технические характеристики 336
- Подачи клецевые** — Назначение 331 — Принцип работы 331
- ножевые 331
- ролик-клиновые — Назначение 331 — Технические характеристики 331
- с рабочим органом, выполненным в виде плоских губок — Назначение 331
- Подачи крючковые** — Назначение 333
- револьверные — Назначение 335 — Технические характеристики 335
- с механическим приводом автономные (переключчик) — Кинематическая схема 365, 367
- шиберные — Назначение 335 — Технические характеристики 334
- Подкладки клиновые** — Размеры 424
- Подъемник ковшовый** — Схема 323
- Поковки** — Качество 491—494
- Классификация 478—480
- Показатели выпуска 533—538
- Схема расположения припусков и допусков 451
- Поковки гладкие квадратного и прямоугольного сечений, изготовленные на прессах** — Припуски и предельные отклонения 467—469
- круглого, квадратного и прямоугольного сечений, изготовленных свободной ковкой на молотах — Припуски и предельные отклонения 452
- круглого сечения, изготовленные на прессах — Припуски и предельные отклонения 465—467
- Поковки круглого и квадратного сечений с уступами, изготавливаемые на прессах** — Дополнительные припуски 470
- изготавливаемые свободной ковкой на молотах — Дополнительные припуски 452
- Поковки круглого сечения с уступами и выемками, полученные на молотах** — Примеры назначения припусков и допусков 451
- полученные на прессах 451
- Поковки мелкие** — Режимы термообработки 412—415
- общего назначения — Режимы предварительной и окончательной термообработки 406, 407—410
- специального назначения — Режимы окончательной и предварительной термообработки 411, 412
- стальные — Изменение температуры поверхности при ковке в зависимости от массы 233 — Способы охлаждения 232—234
- Поковки типа втулок с уступами, изготовленные свободной ковкой, на молотах** — Припуски и предельные отклонения 462—464
- дисков, цилиндров, брусков и т. д. — Припуски и предельные отклонения 453—455
- муфт и дисков сплошных и с отверстиями, изготовленные на прессах — Припуски и предельные отклонения 471, 472
- раскатных колец, изготовленные свободной ковкой на молотах — Припуски и предельные отклонения 456—460
- Поковки типа цилиндров с отверстиями** — Изготовленные свободной ковкой на молотах — Припуски и предельные отклонения 461
- с постоянным и переменным по длине сечением, изготовленные на прессах — Припуски и предельные отклонения 473, 474
- Полиэтилен** 63
- Полоса стальная горячекатаная** 82—85

- Полосоукладчики** — Назначение 346
 - Правка** 449, 450
 - Предел текучести** 155
 - Преобразователи частоты тока для индукционных нагревателей машинные** — Параметры 277 — Типы 277, 278
 - тирсторные — Параметры 278
 - Типы 278
 - Прессы** — Нормы времени на установку и наладку штампа 541 — Эргономические требования при работе на прессах 551
 - винтовые — Назначение 298 — Основные параметры 302, 303
 - гибочно-штамповочные горизонтальные (бульдозеры) — Назначение 308 — Основные параметры 309
 - Прессы гидравлические для безоблойной штамповки многопрунжерные** — Назначение 308 — Основные параметры 308
 - для горячей объемной штамповки — Назначение 308 — Основные параметры 309
 - ковочные — Данные для выбора пресов в зависимости от массы слитка 292 — Назначение 288 — Параметры 291, 292
 - Прессы закрытые обрезные двухкривошипные** — Назначение 304 — Основные параметры 304
 - однокривошипные — Назначение 298 — Основные параметры 304
 - Прессы кривошипные** — Средства автоматизации и механизации — см. под их названиями, например, *Рука механическая*
 - автоматизированный с установкой для нагрева 362
 - Прессы кривошипные горячештамповочные** — Масса поковок 298 — Назначение 290 — Основные параметры 296, 297 — Производительность 298
 - двойного действия для штамповки в разъемных матрицах — Назначение 294 — Основные параметры 298
 - Прессы холодно-штамповочные кривошипно-коленные** — Графики Допустимых усилий 304, 308
 - Назначение 304
 - Основные параметры 305—307
 - Привод** — Классификация 327, 329
 - Приспособления дляковки на прессах** — Виды — см. под их названиями, например, *Надставка верхнего бойка*
 - захватные — Типы 439
 - Пробы технологические** — Глубина пластического внедрения 161 — Качество поверхности 161 — Условное напряжение 161
 - на вырубку-пробивку 161
 - на изгиб 161
 - на осесимметричную: вытяжку 161, формовку 162
 - на отбортовку отверстия в листе 162
 - Проектирование чертежа круглой в плане поковки** — Этапы 383—386
 - Производство холодно-штамповочное** — Средства обеспечения и этапы автоматизации проектирования технологической подготовки — см. под их названиями, например, *Обеспечение САПР программно-информационное*
 - Прорезка** 211
 - Протяжка** — Выбор молота 444 — Выбор прессы 445 — Назначение 442 — Ориентировочные усилия прессы для протяжки 446 — Производительность 442
 - раскаткой на оправке — Назначение 443 — Схемы 443
 - с оправкой — Особенности процесса 442 — Схема 442
 - Профили прессованные из алюминия и алюминиевых сплавов** 96 — Механические свойства 99
 - из бронзы 102
 - из латуни 102
 - из магниевых сплавов 99 — Механические свойства 101
 - из меди и медных сплавов 102
 - конструкционные из титановых сплавов 101
 - стальные фасонные горячепрессованные 95, 96
 - Процессы технологические изготовления деталей из листа** — Группы конфигураций деталей 398
 - Маршрутная технологическая карта 399
 - Назначение программ 398
 - Расчетные данные 399
 - Прошивка** — Особенности процесса 445, 446 — Схема прошивки без подкладного кольца 446 — Схема прошивки на подкладном кольце 447 — Схема прошивки пустотелым прошивнем 447 — Усилие прошивки 446
 - пустотелая — Размеры 435
 - Прошивки кузнечные** — Размеры 418—420
 - Пружинные** 156, 157
- Р**
- Раздача конца трубы** 158
 - Разрезка** — Допуски на длину заготовок 213 — Механизация и автоматизация 193—198 — Области применения различных способов 215, 216 — Отходы металла 211—214 — Припуски на отрезку заготовок 212, 213
 - абразивными кругами 203—205, см. также *Круги абразивные*
 - Дисковыми пилами 199, 200, см. также *Пилы дисковые*
 - Разрезка в штампах и на ножницах** — Качество заготовки и его оценка 169
 - Нагрев сталей перед разрезкой 176
 - Параметры и силовые характеристики процесса 170
 - Способы и механические схемы 167—169
 - импульсная холодная 196
 - кручением 198
 - ленточными пилами 200, 201, см. также *Пилы ленточные*
 - ножовочными пилами 203, 203, см. также *Пилы ножовочные*
 - резаками на токарно-отрезных станках 203
 - с нагревом 176
 - с охлаждением 176, 177
 - с повышенной и высокой скоростью 177, 178
 - Разрубка с вырезным бойком** 448
 - Топором с противовесом 449
 - Раскатки клиновые** — Размеры 421
 - полукруглые — Размеры 421
 - Растяжение одноосное** — Испытания образцов металла для определения механических свойств 159
 - Расход топлива** 248
 - Расчеты технологические** — Пакеты программ 396, 397
 - Резина** 64
 - Резка анодно-механическая** 207, 208
 - Режим 208
 - воздушно-дуговая 210
 - кислородная 208—210 — Глубина зоны термического влияния углеродистой стали 209 — Параметры 209

- кислородно-флюсовая 210
- лазерная 211
- плазменно-дуговая 210, 211
- фрикционными пилами 205, 206, см. также *Пилы фрикционные*
- электромеханической пилой 206, см. также *Пилы электромеханические*
- ультразвуковая (электроискровая) 206 — Принципиальная схема 207
- Рекристаллизация 143, 144, 223 — Диаграммы 39, 40, 44—46, 53, 54, 58, 143, 144, 147
- Роботы промышленные — Назначение 337
- Технические характеристики 338—340
- Рука механическая — Назначение 335
- Принцип работы 363
- Схема 362
- Технические характеристики 336

С

- Система управления и блокировка средств автоматизации — Классификация 331
- Назначение 329
- Склизы — Назначение 374
- Скручивание — Назначение 447 — Особенности процесса 447
- Схема 448
- Усилие для кручения цилиндрического участка 447
- Слитки — Металлургическая природа металла 495 — Нагрев перед ковкой 499, 500 — Перегрев 500 — Предупреждение возникновения трещин 500
- алюминиевые и из алюминиевых деформируемых сплавов 94, 95
- вакуумно-дугового переплава 65
- восьмигранные 68, 69
- «горячие» и «теплые» — Режимы нагрева 228
- «заохлажденные» — Режимы горячей консервации 228, 229
- кузнечные 66
- плазменно-дугового переплава 70
- роторные, отливаемые в вакууме 72
- «холодные» — Деление: по маркам стали 231; по начальному состоянию 229, 231; по размеру и массе 231 — Режимы горячей консервации 230
- электронно-лучевой плавки 70
- электрошлакового переплава 65
- Сплавы алюминиевые 30—37, 517—520
- Диаграммы деформирования 35, 36
- Механические свойства 33, 34, 518, 519
- Свойства при температуре нормальной и сверхпластичности 520
- Температурный интервалковки и штамповки 58, 59
- Физические свойства 31, 32
- Химический состав 31
- Сплавы магниевые 37—41, 522—523
- Диаграммы деформирования 41, 521; рекристаллизации 44, 45
- Критические деформации 522
- Механические свойства 42—44
- Продолжительность нагрева 523
- Режимыковки на молотах и прессах 59
- Температура штамповки 60
- Температурный интервалковки и штамповки 59, 60
- Физические свойства 42, 43
- Химический состав 41
- Сплавы медные 41—46, 523—525 — Диаграммы рекристаллизации 45
- Температура горячего деформирования 61
- Температурные интервалыковки 524
- Сплавы титановые 46—58, 525—528 —

- Анизотропия механических свойств 528
- Диаграммы рекристаллизации 58
- Допустимые степени деформации 527
- Механические свойства 57, 58
- Температура и продолжительность нагрева перед ковкой 527
- Температураковки и штамповки 62
- Температура полного полиморфного превращения и рекристаллизации 528
- Физические свойства 56
- Химический состав 54
- Средства безопасности — Требования к ним 550
- снижающие опасные факторы 549
- способствующие устранению опасных факторов 550
- Средства информационного и технического обеспечения — Кодирование информации о детали 384 — Типы 383—385
- механизации сгибания, устанавки, крепления штампов 348
- ориентации — Назначение 327 — Типы 327
- Стали — Борьба с окислением при нагреве 236, 237 — Механические характеристики при кованых температурах 132—142
- высоколегированные, коррозионно-стойкие, жаропрочные и жаростойкие — Механические свойства 26 — Химический состав 24, 25
- инструментальные: быстрорежущие и углеродистые — Деформация 501 — Критические точки 30 — Механические свойства 497 — Химический состав 26, 27; легированные — Химический состав 28, 29
- легированные конструкционные — Критические точки 23 — Механические свойства 18—22 — Температурный коэффициент линейного расширения 23 — Теплопроводность 23 — Химический состав 14—17
- углеродистые качественные конструкционные — Критические точки 13 — Механические и физические свойства 13 — Химический состав 12
- углеродистые обыкновенного качества — Механические свойства 9 — Химический состав 10
- Сталь горячекатаная калиброванная 75, 77, 78, 90, 91
- качественная круглая 79 — 81
- квадратная 73
- круглая 76
- кованая 73, 86—88
- листовая 103—111
- полосовая 86—88
- прокатная 92, 93
- шестигранная 89
- широкополосная универсальная 117
- Старение деформационное 160
- Стекло органическое конструкционное 63
- Стеллажи — Схема 325
- Технические характеристики 325
- Стойки для раскати — Размеры 438
- Стойкость вытяжного штампа 157
- инструмента 157, 158
- Стол — Назначение 377 — Технические характеристики 377
- поворотный не приводной 377
- поворотный приводной — Технические характеристики 377
- Схема структурная средств автоматизации листоштамповочного производства — Элементы схемы — см. под их названиями, например, *Органы захватные*

Т

- Текстолят конструкционный 64
- Теплоизоляционные изделия — Основные свойства 251
- Технико-экономические показатели — см. под их названиями, например, *Трудоёмкость выпуска поковки*
- Топоры двусторонние — Размеры 424, 435
- двусторонние трапециевидные — Размеры 436
- односторонние — Размеры 424, 436
- полукруглые — Размеры 425
- трапециевидные — Размеры 424
- Трансформаторы однофазные — Параметры 283
- Трудоёмкость выпуска поковки 532, 533

У

- Угар при нагреве 234 — Влияние продолжительности и способа нагрева 236
- Потери металла 235
- Упрочнение — Кривые 157
- Установки для смазывания штампов суспензией масляной графитной — Схема 368
- мелкодисперсного графита на водной основе — Схема 368, 369
- Установки нагревательные индукционные — Принцип работы 261
- кузнечные 284
- Установки электроконтактные — Виды 281 — Выбор и расчет основных параметров процесса и оборудования 268—271 — Параметры 281 — Рекомендации по улучшению работы 267, 268 — Типы токоподводящих контактов зажимных головок 267
- двухпозиционные — Параметры 282 — Типы 282
- четырехпозиционные — Параметры 282, 283 — Типы 282
- Устройства бункерно-ориентирующие — Технические характеристики 318 — Типы захватов — см. под их названиями, например, *Механизмы дисково-щелевые*
- выносящие — Назначение 348
- для очистки и смазки — Места установки 343, 345
- для резки отходов — Назначение 337 — Технические характеристики ножиц 342
- лотковые — выносящие — Назначение 369 — Схема 369, 370
- магазинные загрузочные — Назначение 320 — Цикл работы 320
- наматывающие — Назначение 337 — Технические характеристики 342
- ориентирующие — Назначение 346 — Особенности конструкции 346
- питающие — Назначение 345
- разматывающие — Назначение 341 — Технические характеристики разматывающих катушек 341
- сбрасывающие — Назначение 347 — Типы 347
- стапелирующие — Назначение 347 — Классификация 348
- транспортирующие — Назначение 347 — Типы — см. под их названиями, например, *Конвейеры цепно-скребковые*
- электронагревательные промышленные — Типы 275—286

Ф

- Фибра 62
- Фигурка для бунтового материала 323
- Формовка рельефная 157

Ц

- Целлулоид 64
- Цехиковки — Нормы расхода воды 546 — Нормы расхода вспомогательных материалов 547
- кузнечно-прессовые — Нормы освещенности 555
- кузнечно-штамповочные — Нормы уровня звукового давления 556 — Охрана труда 549—556 — Средние квадратичные значения виброскорости 556
- кузнечные — Анализ работы 531 — Классификация 529, 531 — Нормативы оптимальной мощности 530 — Соотношения между категориями работающих 542 — Средние значения коэффициентов использования металла и отходов 547
- листоштамповочные — Нормы освещенности 555
- объемной штамповки — Нормы расхода вспомогательных материалов 547

Ш

- Штамповка объемная — Средства обеспечения и этапы автоматизации проектирования технологических процессов — см. под их названиями, например, *Средства информационного и технического обеспечения*
- горячая — Элементы технологического процесса, подлежащие автоматизации 353
- Штамповка сплавов алюминиевых — Температура 62
- магниевых — Режим 59 — Температура 60
- титановых — Температура 62
- Штамп — Схемы для закрытой отрезки 183
- вытяжной — Стойкость 157
- для не полностью закрытой разрезки 180—182; открытой отрезки 178
- Штампующесть 154, 156
- Штампки для автоматизированной штамповки — Типы установок для смазывания и охлаждения — см. под их названиями, например, *Установка для смазывания штампов масляной графитной суспензией*
- для разрезки на прессах 178—198 — Классификация 179, 184, 186
- дублиры запасные — Количество 540
- кузнечные — Расходы 548

Э

- Эвтектика карбидная — зависимость от массы слитка и степени уковки 496
- Характер распределения в слитках 496
- Элеватор ковшовый — Схема 323
- Электробезопасность 551
- Электронагрев — Назначение 251
- Прямущества 253
- Технико-экономические показатели различных методов электронагрева 273
- Энергоносители — Укрупненные показатели расхода 543—545
- Этапы проектирования молотового штампа для круглой в плане поковки 386, 387
- процесса автоматизированного проектирования САПР ТП ХШП в штампов 392, 393, 895 — Режим диалога 393, 395

**Александр Юрьевич Аверкиев,
Давид Исаакович Бережковский,
Юлий Сигизмундович Вильчинский и др.**

КОВКА И ШТАМПОВКА

Справочник (в 4-х томах)

Том I

Редакторы: *Е. В. Медведева, Т. Д. Онегина*
Художественный редактор *С. С. Водниц*
Оформление художника *А. Я. Михайлова*
Технический редактор *Л. П. Гордеева*
Корректоры: *Н. Г. Богомолова и Л. Е. Сонюшкина*

ИБ № 3334

Сдано в набор 13.05.85. Подписано в печать 29.10.85. Т-18772. Формат 60×90^{1/16}
Бумага кп.-журн. Гарнигура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 35,5.
Усл. кр.-отт. 36,0. Уч.-изд. л. 45,99. Тираж 20 677 экз. Заказ 140. Цена 2 р 60 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Машиностроение»,
107076, Москва, Стромьинский пер., 4

Ленинградская типография № 6 ордена
Трудового Красного Знамени Ленинград-
ского объединения «Техническая книга»
им. Евгении Соколовой Союзполиграф-

прома при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книж-
ной торговли.
193144, г. Ленинград, ул. Моисеенко, 10.