

Ф. М. ФАТЬКИН

ШТАМПОВКА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

*Учебное пособие
для подготовки
мастеров, бригадиров
и квалифицированных рабочих*



ГОСУДАРСТВЕННОЕ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ ПО ЧЕРНОЙ И ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Москва 1952

АННОТАЦИЯ

В книге даны краткие сведения о составе и свойствах цветных металлов и сплавов, применяющихся для холодной штамповки, и методы их испытаний. Приводится краткое описание оборудования, применяемого при холодной штамповке. Подробно рассмотрены основные операции холодной листовой штамповки и устройство штампов. Даны некоторые сведения по технике безопасности, нормированию и организации труда.

Книга предназначена в качестве пособия для мастеров, бригадиров и высококвалифицированных рабочих.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	6
Введение	7
Глава I. Металлы и сплавы, применяемые для холодной штамповки	9
§ 1. Общая характеристика металлов и сплавов	9
§ 2. Медь	10
§ 3. Латунь	12
§ 4. Бронзы	15
§ 5. Алюминий	17
§ 6. Сплавы на алюминиевой основе	19
§ 7. Никель и его сплавы	20
Глава II. Пластическая деформация и отжиг металлов	23
Глава III. Краткое описание процесса изготовления листов и лент	35
§ 1. Получение слитка	35
§ 2. Получение листовых полуфабрикатов	37
Глава IV. Испытание металлов	45
§ 1. Механические испытания	45
§ 2. Технологические испытания	53
§ 3. Проверка структуры металлов	57
§ 4. Внешний вид и основные размеры материала	60
Глава V. Характеристика штамповочных операций	64
§ 1. Классификация основных разделов штамповки	64
Глава VI. Штамповочное оборудование	66
§ 1. Основные типы прессов	66
§ 2. Штамповочные машины простого действия	68
§ 3. Прессы двойного действия	73
§ 4. Главные части прессов	75
§ 5. Система смазки прессы	82
§ 6. Усовершенствованные прессы и их преимущества	82
§ 7. Ремонт штамповочного оборудования	86
Глава VII. Резка	88
§ 1. Резка листового материала	88
§ 2. Вырубка	90

§ 3. Раскрой материала при вырубке	100
§ 4. Вырубные штампы	104
§ 5. Изготовление вырубных штампов	113
§ 6. Чистовая вырубка (зачистка)	117
§ 7. Стойкость и ремонт штампов	119
§ 8. Смазка при вырубке	120
§ 9. Виды брака при вырубке	121
§ 10. Вырубка резиной	123
Глава VIII. Гибка	125
§ 1. Процесс гибки	125
§ 2. Усилие гибки	127
§ 3. Радиусы закругления при гибке	128
§ 4. Определение размеров заготовки	129
§ 5. Пружинение после гибки	131
§ 6. Зазоры между пуансоном и матрицей при гибке	133
§ 7. Штампы для гибки	134
§ 8. Гибка труб	142
§ 9. Материал для гибочных штампов	143
§ 10. Виды брака при гибке	144
Глава IX. Вытяжка листового материала	146
§ 1. Процесс вытяжки	146
§ 2. Усилие вытяжки без утонения стенок изделия	156
§ 3. Определение размера заготовки для вытяжки	161
§ 4. Определение числа операций и коэффициентов перехода при вытяжке	167
§ 5. Зазоры между пуансоном и матрицей на вытяжных штампах	175
§ 6. Радиусы закругления вытяжных штампов	177
§ 7. Смазка при вытяжке	182
§ 8. Вытяжные штампы	185
§ 9. Точность при вытяжке	196
§ 10. Материал для вытяжных штампов	197
§ 11. Основные виды брака при вытяжке	200
§ 12. Глубокая вытяжка на одноходовых прессах	205
§ 13. Упрочнение металла при вытяжке и термическая обработка штампованных изделий	207
§ 14. Вытяжка с утонением стенок изделия	216
§ 15. Вытяжка многослойных изделий	226
§ 16. Штамповка выдавливанием	235
Глава X. Установка и крепление штампа	234

Глава XI. Примерные схемы технологического процесса изготовления штампованных изделий	247
§ 1. Схема технологического процесса изготовления корпуса латунного электрического чайника емкостью 1,25 л	247
§ 2. Схема технологического процесса изготовления корпуса алюминиевой кастрюли № 20 емкостью 9,5 л	251
§ 3. Схема технологического процесса изготовления чайной полированной ложки	252
Глава XII. Техника безопасности при штамповке	256
§ 1. Общие вопросы техники безопасности	256
§ 2. Техника безопасности при работе на штамповочных прессах	263
Глава XIII. Основные понятия об организации труда и техническом нормировании	268
Глава XIV. Система оплаты труда	272
Глава XV. Организация рабочего места	274
Глава XVI. Снижение себестоимости продукции	278
Литература	282

ПРЕДИСЛОВИЕ

Книга является систематизированным курсом по холодной штамповке цветных металлов и сплавов и предназначается в качестве пособия для мастеров, бригадиров и высококвалифицированных рабочих. В книге сообщаются краткие сведения о свойствах цветных металлов и сплавов и методах изготовления из них плоской заготовки в виде листов и лент. Даются основные понятия о процессах пластической деформации и термообработки металлов. Кратко рассматривается оборудование, применяемое для холодной штамповки.

На основе многолетней практики, литературных данных и собственных исследовательских работ автор в доступной форме подробно описывает основные операции холодной штамповки цветных металлов, практические приемы работы и устройство штампов.

На базе богатого опыта работы штамповочного цеха завода «Красный Выборжец» дается ряд практических советов.

Впервые излагаются сведения о многослойной штамповке, глубокой вытяжке на одноходовых прессах и применении индукционного нагрева для отжига штампованных изделий.

В заключительной части книги приводятся общие сведения по технике безопасности, организации труда, техническом нормировании и себестоимости продукции, которые необходимо знать мастерам и бригадирам.

Автор считает необходимым выразить благодарность кандидату технических наук С. М. Головину за ценные указания при рецензировании рукописи.

ВВЕДЕНИЕ

Холодная штамповка является одним из наиболее распространенных способов обработки металлов давлением. Огромное количество изделий и деталей машин изготавливается методом холодной штамповки, в том числе сложные и крупные части автомобилей и самолетов, детали часов, изделия домашнего обихода.

В России штамповка начала применяться с давних пор. Известно, что еще в IX—X вв. этим способом изготавливались предметы вооружения: щиты, шлемы, мечи и т. п.

Ковкой и чеканкой в холодном и горячем состояниях из благородных металлов делались различного рода украшения и посуда.

Большую известность в XI в. имели изделия, выполненные новгородскими мастерами-художниками методами выпуклой чеканки.

Высоким мастерством отличалось оружие, изготовленное в Московском государстве в XV и XVI вв. В этот период началось производство монет способом штамповки-чеканки, в то время как в западных странах монеты еще отливались. Все операции в ту пору производились вручную и не носили массового характера.

Только в начале XX в., после появления прессов с механическим приводом, штамповка начинает применяться для изготовления массовых деталей.

В царской России методом штамповки изготавливался сравнительно узкий ассортимент изделий.

Лишь после Великой Октябрьской революции, особенно в период сталинских пятилеток, штамповка получила в СССР весьма широкое распространение.

Благодаря трудам русских и советских ученых П. М. Мухачева, С. Н. Домосфенова, К. Ф. Грачева, Я. Н. Марковича, С. И. Губкина, В. Т. Мещерина, А. Н. Малова, В. П. Романовского, М. Е. Зубцова, С. М. Головина и др. теория и практика штамповочного производства получили большое развитие.

В настоящее время трудно найти машиностроительный или металлообрабатывающий завод, в котором не применялась бы холодная штамповка.

Быстрому внедрению штамповки в современную промышленность способствовал ряд преимуществ, которыми она обладает перед другими видами обработки металлов. При помощи простых ударов пресса и соответствующих штампов можно получать изделия весьма сложной формы с сравнительно высокой точностью размеров.

Точность и взаимозаменяемость отштампованных изделий зависят главным образом от точности изготовления штампов и в меньшей степени от квалификации рабочих.

Изделия, изготовленные холодной штамповкой, отличаются высокой прочностью и легким весом. При штамповке исключительно экономно расходуется материал и получаются минимальные отходы, так как для изготовления изделий используется тонкая заготовка в виде листов, полос или лент.

Штамповка позволяет иметь весьма высокую производительность оборудования и применять механизацию и автоматизацию производственных процессов.

Стоимость штампованных изделий при массовом производстве весьма низкая.

Эффективность применения штамповки зависит от ряда факторов, в том числе от того, обладает ли материал нужными механическими свойствами; рационально ли выбрано прессовое оборудование, правильно ли конструктивно оформлены и качественно выполнены штампы; правильно ли составлен технологический процесс и насколько он экономичен; хорошо ли организовано рабочее место штамповщика-прессовщика.

ГЛАВА I

МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ

§ 1. Общая характеристика металлов и сплавов

Отличительными признаками металлов и сплавов являются их непрозрачность, характерный блеск, электропроводность и теплопроводность.

Чистые металлы по сравнению с их сплавами обладают повышенной электропроводностью и коррозионной устойчивостью.

Медь и алюминий являются лучшими материалами для электрических проводов.

Применение чистых металлов в промышленности ограничено, так как для многих отраслей техники требуются материалы с высокими физическими и механическими свойствами, которыми не обладают чистые металлы. Поэтому в технике чаще всего используются сплавы, состоящие из двух или нескольких металлов или металлов и металлоидов (железо-углерод, медь-фосфор и др.).

Сплавы получаются главным образом сплавлением металлов. Иногда сплавы получаются непосредственно при извлечении металлов из руд.

Сплавы, состоящие из двух металлов, называются двойными, из трех металлов — тройными и т. п.

При сплавлении двух металлов в большинстве случаев получается вполне однородный жидкий раствор. Во время затвердевания сплава однородность может быть полностью сохранена и частично, а иногда полностью нарушена. Примером сплавов, образующих однородные твердые кристаллические растворы, могут служить: медь-никель, железо-никель, серебро-золото, железо-кобальт.

К сплавам с ограниченной взаимной растворимостью в твердом состоянии относятся: медь-серебро, свинец-серебро, медь-золото, медь-железо и др.

К металлам, практически не сплавляющимся друг с другом, относятся: свинец-алюминий, висмут-алюминий, свинец-цинк и др.

Сплавы приобретают свойства, отличающиеся от свойств чистых металлов. Например: медь и олово являются сравнительно мягкими металлами, сплавы же меди с оловом имеют высокую твердость и прочность. При сплавлении 66% олова, имеющего температуру плавления 232°, с 34% свинца, имеющего температуру плавления 327°, получается сплав (третник), имеющий температуру плавления всего лишь 182°.

Наибольшее распространение в промышленности для штампованных изделий получили медь, алюминий, никель и их сплавы.

§ 2. Медь

Чистая медь обладает высокой электропроводностью и теплопроводностью, занимая по этим свойствам второе место после серебра.

Удельный вес меди 8,93. Температура плавления 1083°.

Медь имеет розовато-красный цвет, обладает высокой стойкостью против атмосферной коррозии.

Весьма ценным свойством меди является ее высокая пластичность в горячем и в холодном состояниях. Медь хорошо куется, прокатывается и штампуется.

Из меди изготавливают главным образом электротехнические изделия.

Для холодной штамповки используются три марки меди (табл. 1).

В настоящее время, в соответствии с ГОСТ 495—50, изготавливают холоднокатаные и горячекатаные медные листы со следующими механическими свойствами:

а) холоднокатаные мягкие (отожженные) и горячекатаные; предел прочности при растяжении не менее 20 кг/мм² и относительное удлинение не менее 30%;

б) холоднокатаные твердые (наклепанные); предел прочности при растяжении не менее 30 кг/мм² и относительное удлинение не менее 3%.

Свойства меди зависят от содержания в ней примесей. Обычно в ней содержатся следующие примеси.

Висмут наиболее вреден. Он практически не растворяется в меди и образует с ней легкоплавкую смесь (эвтектику), располагающуюся по границам зерен. Медь, содержащая более 0,005% висмута, при горячей прокатке растрескивается (красноломкость), а при содержании 0,05% висмута становится и хладноломкой.

Свинец, так же как и висмут, образует с медью легкоплавкую эвтектику, которая при горячей деформации, находясь в жидком состоянии, ослабляет связь между зернами. Свинец с сотых долей процента сообщает меди красноломкость.

Алюминий хорошо растворяется в меди и не оказывает заметного влияния на механические свойства и обработку давлением.

Примесь алюминия в меди снижает ее электропроводность и теплопроводность и несколько повышает коррозионную стойкость меди.

Кислород входит в медь в виде закиси меди (Cu₂O), которая образует с медью эвтектику.

Кислород является вредной примесью; при содержании более 0,5% закиси меди понижаются технологические и механические свойства меди.

На такой меди после нагрева (отжига) в атмосфере, содержащей свободный водород, образуются трещины, она становится хрупкой. Это явление называется «водородной болезнью». Появление трещин при нагреве меди объясняется следующим: водород при высокой температуре проникает (диффундирует) вглубь меди и, восстанавливая закись меди, соединяется с кислородом и образует водяной пар, который, находясь под большим давлением (так как он не обладает способностью диффундировать), вызывает образование трещин в местах, где раньше находились включения закиси меди.

Сера весьма мало растворяется в жидкой меди. Соединение серы с медью дает хрупкую составляющую, поэтому сера является вредной примесью.

Сурьма до последнего времени считалась вредной примесью. При исследованиях последних лет было установлено, что не только тысячные, но и сотые доли процента не мешают ни горячей ни холодной обработке меди.

При глубокой вытяжке на штампах в меди может содержаться до 0,2% сурьмы.

Сурьма весьма сильно снижает электропроводность и теплопроводность меди.

Железо, находящееся в меди, уменьшает ее электропроводность, теплопроводность, антикоррозионную стойкость и повышает температуру рекристаллизации.

Мышьяк сильно снижает электропроводность и теплопроводность меди, значительно повышает жаростойкость. Незначительное количество мышьяка не оказывает заметного влияния на механические свойства меди.

Фосфор сильно снижает электропроводность и теплопроводность меди, но повышает ее жидкотекучесть и применяется как раскислитель при отливке меди.

Олово, цинк, никель, присутствуя в меди в небольшом количестве, не ухудшают ее механических свойств.

§ 3. Латунь

Широкое распространение в промышленности получили сплавы меди с цинком. Они отличаются хорошими антикоррозионными свойствами.

Сплавы меди с цинком называются латунями.

Латунь применяется для изготовления электротехнических изделий, гильз, деталей часов, музыкальных инструментов и др.

Содержание цинка в латуни может быть доведено до 50%. Дальнейшее повышение содержания цинка в латуни вызывает хрупкость сплава.

Пластичность латуни в холодном состоянии с повышением содержания цинка растет, достигая максимума при 30—32%; с дальнейшим ростом количества цинка пластичность латуни падает. Относительное удлинение латуни Л68 достигает 60%. Предел прочности латуни

растет вплоть до содержания 45% цинка, затем резко падает.

Максимальный предел прочности латуни достигает 75 кг/мм². Латунь хорошо сопротивляется коррозии. Латунь, в зависимости от содержания в ней цинка, разделяется на томпаки, полутомпаки и собственно латуни (табл. 2).

При холодной обработке давлением в латунях возникают внутренние напряжения, которые при длительном хранении латуни в определенных условиях вызывают образование трещин («сезонное растрескивание»). Появление трещин в латуни объясняется наличием внутренних напряжений и развивающейся межкристаллической коррозией. Для борьбы с растрескиванием латуни подвергают низкотемпературному отжигу при температуре 260—300°.

Наиболее вредными примесями для латуни являются висмут и сурьма; они сообщают ей горячеломкость («красноломкость») и холодноломкость.

Количество висмута в латуни не должно превышать 0,002%, а сурьмы 0,005%.

Для латуней, содержащих до 38% цинка, идущих для глубокой вытяжки, свинец является вредной примесью, так как он понижает пластические свойства латуни. Содержание свинца в них допускается не более 0,03%.

Кроме обычных латуней выпускаются так называемые специальные латуни, представляющие собой сплавы меди с цинком и добавками свинца, олова, никеля, кремния, алюминия, марганца и др.

Наиболее распространенными специальными латунями являются:

а) свинцовые латуни. Для улучшения обрабатываемости резанием (обточка, строжка и т. п.) к латуни добавляют 1—3% свинца. Например, латунь ЛС59-1 состава: 59% меди, 1% свинца, остальное цинк; часовая ЛС63-3 состава: 63% меди, 3% свинца, остальное цинк.

Латунь ЛС59-1 хорошо обрабатывается давлением в горячем состоянии и значительно хуже в холодном состоянии, а латунь ЛС63-3 обрабатывается только в холодном состоянии.

Марки меди, применяемые для холодной штамповки
(химический состав по ГОСТ 859—41)

Обозначение марки	Медь, не менее %	Содержание примесей, не более, %										всего примесей, не более
		висмут	сурьма	мышьяк	железо	никель	свинец	олово	сера	кислород	цинк	
M1	99,90	0,002	0,002	0,002	0,005	0,002	0,005	0,002	0,005	0,08	0,005	0,10
M2	99,70	0,002	0,005	0,01	0,05	0,02	0,01	0,05	0,01	0,1	—	0,30
M3	99,50	0,003	0,05	0,05	0,05	0,2	0,05	0,05	0,01	0,1	—	0,50

Таблица 2

Латуни, обрабатываемые давлением
по ГОСТ 931—41, ГОСТ 1019—47 и ГОСТ 2208—48
химический состав по ГОСТ 1019—47 и механические свойства

Название сплава	Марка	Состав, %		Примесей, не более, %					Механические свойства, не менее				
		Cu	Zn	Fe	Pb	S	O	прочности кг/мм ²	предел прочности кг/мм ²	относительное удлинение, %	Мягкие дые		
											Мягкие дые	Твердые дые	
Томпак	Л90	88—91	Ос-тальное	0,03	0,10	0,005	0,002	0,01	0,2	26	30	40	5
Полутомпак	Л80	79—81	Ос-тальное	0,03	0,10	0,005	0,002	0,01	0,3	28	35	40	5
Латунь	Л68	67—70	Ос-тальное	0,03	0,10	0,005	0,002	0,01	0,3	30	40	40	15
	Л62	60,5—63,5	Ос-тальное	0,03	0,15	0,005	0,002	0,01	0,5	30	42	40	10

б) оловянные латуни с добавкой олова, называемые морскими латунями. Добавки олова к латуни в количестве 0,7—1,5% значительно повышают стойкость латуни в морской воде. Они выпускаются следующих марок:

ЛО62 — содержат 61—63% меди, 0,7—1,1% олова, остальное цинк;

ЛО70 — содержат 69—71% меди, 1,0—1,5% олова, остальное цинк.

в) латунь железистомарганцовистая ЛЖМц59-1 состава: 59% меди, 1% железа, 0,6% марганца, 0,15% алюминия, 0,5% олова, остальное цинк;

г) латунь марганцовистоалюминиевая ЛМцА57-3-1, состава: 57% меди, 3% марганца, 1% алюминия, остальное цинк;

д) латунь алюминиевоникелевая ЛАН59-3-2, состава: 59% меди, 2,5% никеля, 3% алюминия, остальное цинк.

§ 4. Бронзы

Сплавы меди с оловом, никелем, алюминием, марганцем, фосфором, хромом, бериллием, кремнием и т. п. называются бронзами. Наименование бронзы получают в зависимости от ее главных легирующих элементов, так, например:

сплав меди с оловом называется оловянной бронзой;

сплав меди с алюминием — алюминиевой бронзой.

Оловянные бронзы. Добавка олова к меди повышает ее предел прочности. С увеличением содержания олова относительное удлинение бронзы снижается. Холодной деформации (прокатке, протяжке, волочению) могут подвергаться бронзы, содержащие до 7% олова.

Оловянные бронзы обладают хорошими пружинными свойствами. Для повышения пружинных свойств добавляют фосфор в количестве 0,15—0,4%.

Оловянные бронзы обладают большой химической стойкостью и высокими антифрикционными свойствами.

В табл. 3 приведен состав наиболее распространенных оловянных бронз, обрабатываемых давлением.

Оловянные бронзы, применяемые для холодной штамповки
(химический состав в процентах по ГОСТ 5017—49)

Обозначение марки	Олово	Фосфор	Цинк	Свинец	Медь	Примесей, не более						
						железо	свинец	сурьма	никель	алюминий	кремний	фосфор
Бр0Ф6,5-0,15	6—7	0,1—0,25	—	—	Осталь- ное	0,02	0,02	0,002 0,002 0,002 0,002	—	—	0,1	
Бр0Ф4-0,25	3,5—4	0,2—0,3	—	—	—	0,02	0,02	0,002 0,002 0,002 0,002	—	—	0,1	
Бр0Ц4-3	3,5—4	—	2,7—3,3	—	—	0,05	0,02	0,002 0,002 0,002 0,002	—	0,03	0,2	
Бр0ЦС4-4-2,5	3—5	—	3—5	1,5—3,5	—	0,05	—	0,002 0,002 0,002	—	0,03	0,2	

Ввиду дефицитности олова во многих отраслях промышленности применяются заменители оловянных бронз, к которым относятся сплавы: меди с алюминием, кремнием, марганцем и др.

Вредными примесями для оловянных бронз являются следующие.

Висмут вызывает хрупкость сплава, содержание висмута в оловянной бронзе должно быть не более 0,002%.

Примеси алюминия и кремния в оловянных бронзах нежелательны, так как они дают пленки окислов, которые трудно удаляются при литье и портят изделия.

Количество алюминия и кремния в оловянных бронзах должно быть не более 0,002% (каждого).

Примесь железа снижает химическую стойкость и повышает твердость бронз.

В оловянистых бронзах, идущих для обработки давлением, примеси железа и сурьмы должны быть не более 0,03%.

Алюминиевые бронзы. Из безоловянистых бронз, применяемых в промышленности, большое место занимают алюминиевые бронзы. Они могут быть двойные, состоящие из меди и алюминия, и сложные, состоящие из трех и четырех компонентов.

Приводим несколько марок алюминиевых бронз:

БрА-5 содержит от 4 до 6% алюминия, остальное — медь. БрА-5 хорошо обрабатывается в горячем и холодном состоянии, хорошо куется, штампуется и протягивается.

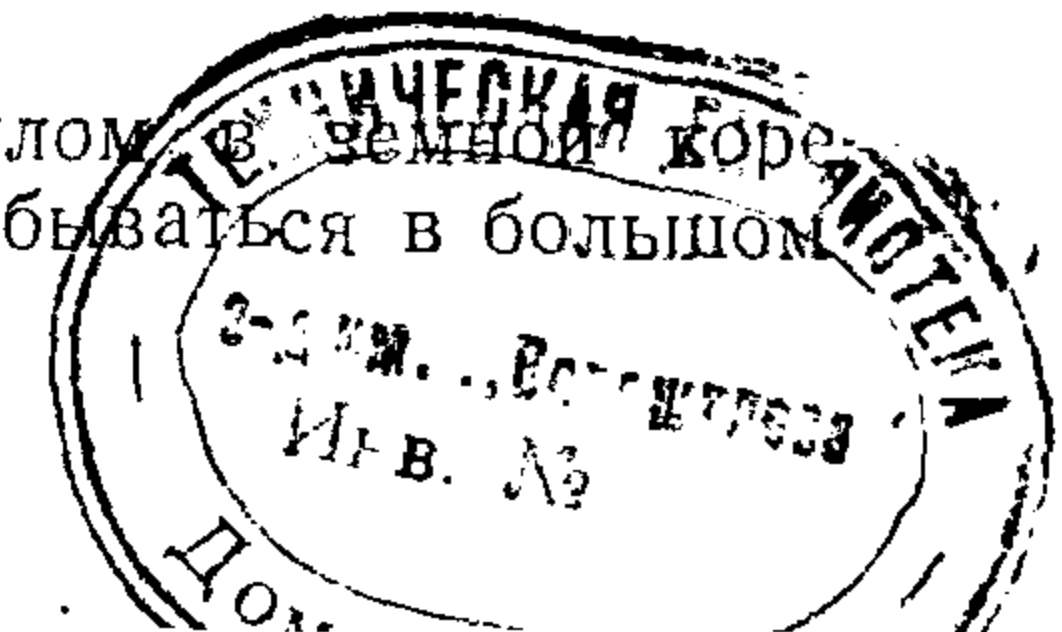
Алюминиевая бронза марки БрА-5 устойчива против коррозии и хорошо сопротивляется истиранию, поэтому ее применяют для изготовления мелкой монеты достоинством от 1 до 5 копеек.

БрА-7 содержит алюминия 6—8%, остальное — медь. БрА-7 хорошо обрабатывается в горячем и холодном состоянии. Обладает высокой твердостью и часто применяется для изготовления специальных пружин.

§ 5. Алюминий

Самым распространенным металлом в земной коре является алюминий, который стал добываться в большом количестве сравнительно недавно.

2 Ф. М. Фаткин



За последние 40 лет алюминий получил весьма широкое распространение во многих отраслях промышленности и особенно в авиастроении.

Алюминий завоевал себе исключительное место в современной технике благодаря своим особым свойствам, а именно:

- а) легкости — удельный вес его равен 2,72, он почти в три раза легче железа и меди;
- б) хорошей электропроводности;
- в) высокой теплопроводности;
- г) высокой теплоемкости;
- д) хорошей сопротивляемости коррозии;
- е) хорошей пластичности.

Для холодной штамповки используется алюминий марок А1, А2 и А3 (табл. 4). Из алюминия изготавливают

Таблица 4

Марки алюминия, применяемые для холодной штамповки
(химический состав в процентах, по ГОСТ 3549—47, механические свойства по $\frac{\text{ОСТ}}{\text{ЦМ}}$ 403—40)

Обозначение марки	Алюминия, не менее	Примесей, не более					Механические свойства			
		железо	кремний	сумма железа и кремния	медь	всего примесей	предел прочности кг/мм ²		относительное удлинение 0/0	
							мягкий	твердый	мягкий	твердый
А1	99,5	0,30	0,30	0,45	0,015	0,50	7,5—8	12—15	20—30	7—7,5
А2	99,0	0,50	0,50	0,90	0,02	1,0				
А3	98,0	1,1	1,0	1,8	0,05	2,0				

всевозможные детали автомобилей и самолетов, полые тонкостенные цилиндры, кухонную посуду и др.

Качество алюминия зависит от его чистоты (содержания примесей).

Железо практически не растворяется в алюминии и относится к разряду вредных примесей. При содержании свыше одного процента железа пластичность алюми-

ния значительно снижается. Железо также снижает коррозионную стойкость алюминия.

Кремний при эвтектической температуре может растворяться в алюминии в количестве до 1,6%. С понижением температуры растворимость кремния в алюминии падает. Примесь кремния снижает пластичность алюминия.

Медь и магний в количестве более 1% каждого снижают коррозионную стойкость алюминия.

Марганец и медь повышают твердость алюминия.

§ 6. Сплавы на алюминиевой основе

Чистый алюминий имеет недостаточную прочность и твердость, что ограничивает его использование в машиностроении.

Для развития авиастроения, электротехники и других отраслей промышленности потребовалось изыскание прочных сплавов на алюминиевой основе, с малым удельным весом.

К сплавам повышенной прочности и предназначенным для обработки давлением относятся сплавы с добавками меди, магния, марганца, кремния и никеля. Наиболее распространенными сплавами являются:

дуралюмин марки Д1, содержащий 4,3% меди, 0,6% магния, 0,6% марганца, 0,6% кремния, остальное алюминий; применяется для изготовления лопастей винтов и др.;

дуралюмин марки Д6, содержащий 4,9% меди, 0,8% магния, 0,8% марганца, до 0,5% кремния, остальное алюминий; применяется для изготовления силовых элементов конструкций;

авиаль марки АК6, содержащий 2,2% меди, 0,65% магния, 0,6% марганца, 0,9% кремния, остальное алюминий; применяется для изготовления штампованных и кованных деталей сложной формы;

авиаль марки АВ, содержащий 0,7% магния, 0,25% марганца, 0,9% кремния, остальное алюминий; применяется для изготовления изделий, требующих глубокой вытяжки и поковок сложной формы;

сплав АМц, содержащий 1,3% марганца, 0,3% магния, остальное алюминий; применяется для изготовления столовых и чайных ложек.

Алюминиевые сплавы, приведенные выше, обладают хорошей пластичностью (куются, прокатываются, штампуются). Для повышения прочности они подвергаются термической обработке — закалке и старению.

Термически обработанный дуралюмин имеет предел прочности 40—50 кг/мм² при относительном удлинении около 20% и твердость $H_V = 110$.

Алюминиевые сплавы типа дуралюмин имеют более низкую коррозионную стойкость, чем алюминий. В тех случаях, когда требуется повысить их коррозионную стойкость, их покрывают (плакируют) тонким слоем чистого алюминия.

§ 7. Никель и его сплавы

Чистый никель имеет серебристо-белый цвет, удельный вес никеля 8,9, температура плавления 1452°.

Никель имеет высокую химическую стойкость, поэтому часто употребляется для покрытия (никелирования) других менее стойких против коррозии металлов. Из никеля изготавливают всевозможную химическую посуду, лабораторные приборы и др.

Никель обладает высокой прочностью и хорошей пластичностью как в горячем, так и в холодном состоянии.

Для холодной штамповки используется никель марок Н1, Н2 и Н3 (табл. 5).

На свойства никеля влияют различные примеси.

Сера вызывает краснотомкость никеля и потому является вредной примесью.

Углерод и кислород являются также вредными примесями, так как они отрицательно влияют на обрабатываемость никеля в горячем и холодном состоянии.

Кобальт, железо, медь и кремний, встречающиеся обычно в никеле в небольших количествах, вредного влияния на технологические свойства никеля не оказывают и повышают его электросопротивление, проч-

Таблица 5

Марки никеля, применяемые для холодной штамповки
(химический состав в процентах по ГОСТ 849—41 и механические свойства по ГОСТ 2170—48)

Обозначение марки	Никеля и кобальта в сумме, не менее	В том числе кобальта, не более	Примесей, не более					Механические свойства			
			железо	кремний	углерод	сера	медь	предел прочности кг/мм ²		относительное удлинение, %	
								мягкий	твердый	мягкий	твердый
Н1	99,7	0,3	0,10	0,005	0,06	0,01	0,1	40—45	70—80	40—50	2
Н2	98,9	0,4	0,25	0,30	0,10	0,03	0,15				
Н3	98,6	0,75	—	0,3	0,03	0,6					

Таблица 6

Никелевые сплавы, применяемые для холодной штамповки

(химический состав в процентах по ГОСТ 492—41, механические свойства по ГОСТ в 1018—41 и — 471—39) и ЦМ

Наименование сплава	Марка сплава	Примесей, не более						Механические свойства, не менее					
		никель + кобальт	алюминий	железо	кремний	марганец	хром	цинк	медь	предел прочности кг/мм ²		относительное удлинение, %	
										мягкий	твердый	мягкий	твердый
Монель	НМжМц 28-2,5-1,5	65—70	—	2,0—3,0	—	1,2—1,8	5	6	Остальное	50	65	40	3
Мельхиор	НМ81	18—20	—	—	—	—	—	—		30	45	30	3
Нейзильбер	НМЦ65-20	13,5—16,5	—	—	—	—	—	18—22		35	55	35	1

ность и твердость. Никель является одним из дорогих технических металлов, поэтому применение его в общем машиностроении ограничено.

Сплавы никеля обладают ценными механическими, химическими и физическими свойствами, в том числе высокой кислотостойкостью и жаростойкостью.

Наиболее распространенные никелевые сплавы, применяющиеся для штамповки, приводятся в табл. 6.

ГЛАВА II

ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ И ОТЖИГ МЕТАЛЛОВ

Металлы и сплавы имеют кристаллическую структуру, которая хорошо выявляется на травленной, шлифованной поверхности образцов.

Крупнозернистую структуру литого металла (рис. 1) можно видеть невооруженным глазом (макроструктура).

Мелкозернистую структуру холодно обработанной заготовки можно увидеть только при увеличении под микроскопом (микроструктура). При рассмотрении под микроскопом шлифа (рис. 2) видно, что сплав состоит из большого числа плотно сросшихся между собой зерен различной формы. Эти зерна обычно имеют внешне неправильную форму и носят название кристаллитов.

Кристаллическая структура металла образуется во время его затвердевания. При затвердевании расплавленного металла во многих его участках возникают центры кристаллизации, из которых растут кристаллы во всех направлениях. Когда растущие кристаллы приходят в соприкосновение друг с другом, их рост прекращается. Границы кристаллов хорошо видны на рис. 1 и 2.

Металл после полного затвердевания представляет собой конгломерат кристаллических зерен; такая структура металла называется поликристаллической. Число кристаллитов, образующихся при затвердевании металла, зависит от целого ряда факторов: химического состава, скорости охлаждения, формы слитка и т. п.

При воздействии на металл возрастающих внешних сил в нем произойдут изменения формы и размеров за счет внутреннего перемещения его частиц. Изменение



Рис. 1. Микроструктура литого металла

формы и размеров под действием внешних сил называется деформацией.

Различают два вида деформации: упругую и пластическую.



Рис. 2. Микроструктура деформированного и затем отожженного металла

Упругая, или обратимая, деформация — когда тело принимает свою первоначальную форму и размеры после удаления приложенных сил.

Пластическая, или остаточная, деформация — если тело после снятия приложенных сил не возвращается к своей первоначальной форме и размерам.

При воздействии на металл внешних сил вначале возникает в нем упругая деформация, затем, при дальнейшем увеличении приложенных сил, металл начинает

изменять свою форму, если он пластичный, или разрушаться, если он хрупкий.

Способность металла принимать под действием сил любую форму, не подвергаясь при этом разрушению, называется пластичностью.

Металлы и сплавы, обрабатываемые в промышленности, представляют собой поликристаллы. Чтобы легче представить себе физическую природу пластической деформации поликристалла, вначале следует рассмотреть механизм пластической деформации на отдельных кристаллах — монокристаллах. При воздействии внешних сил на монокристалл он может изменять свою форму двумя способами.

1. Перемещением отдельных частиц монокристалла друг относительно друга. Это изменение формы называется сдвигом или скольжением. Сдвиг происходит по плоскостям скольжения монокристалла (рис. 3, б). Монокристалл каждого металла имеет свои плоскости скольжения, и направление их различное.

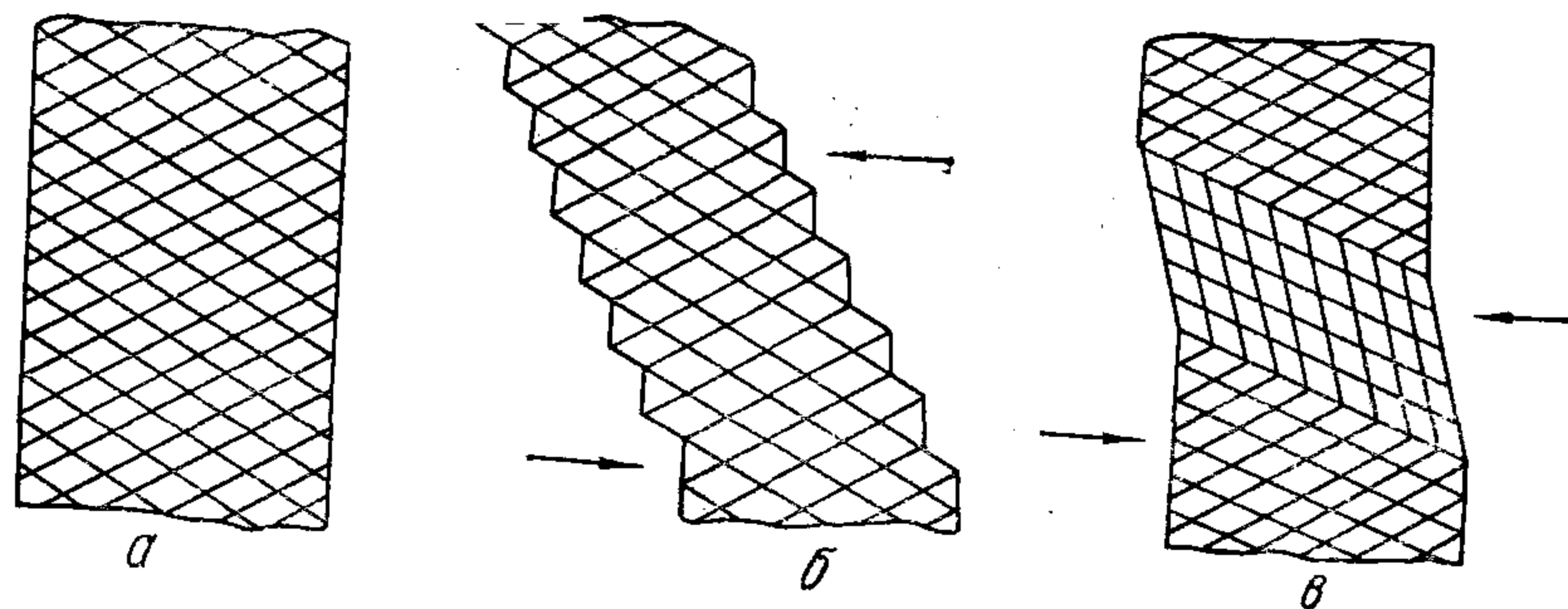


Рис. 3. Схема деформаций монокристалла:

а — исходное состояние монокристалла; б — деформация скольжения; в — деформация двойникования

2. Двойникованием, представляющим собой особый вид сдвига, при котором одна часть бывшего монокристалла становится зеркальным отображением другой его части (рис. 3, в). При двойниковании одна частица деформируемого кристалла переходит в симметричное положение относительно другой части. Оба способа де-

формации монокристалла могут происходить отдельно и одновременно. В начале деформации появляются плоскости скольжения в одном направлении, а затем образуются новые плоскости скольжения, которые могут иметь другое направление и даже пересекаться с прежними плоскостями скольжения.

В поликристаллическом металле отдельные зерна отличаются одно от другого как размерами и формой, так и ориентировкой по отношению к направлению приложенных внешних сил. Кроме того, на процесс деформации поликристалла оказывает влияние межкристаллическая пленка, что еще более усложняет процесс пластической деформации поликристалла.

Разнообразная ориентировка зерен поликристалла усиливает неоднородность напряженного состояния металла в отдельных его участках при деформации.

При воздействии внешних сил сдвигающее напряжение достигает критического значения прежде всего в наиболее благоприятно ориентированных зернах, плоскости скольжения которых образуют угол 45° с направлением деформирующего усилия. В них обычно и начинается пластическая деформация за счет сдвига по плоскостям скольжения. Соседние зерна, ориентированные менее благоприятно, чем первые, будут препятствовать деформации благоприятно ориентированных зерен, что создаст неоднородность напряженного состояния в металле. Для дальнейшего изменения формы и размеров конгломерата поликристаллов потребуется значительное увеличение приложенной нагрузки, которая должна преодолеть сопротивление деформации других кристаллов, и в них тогда также произойдет смещение частиц по плоскостям скольжения. Сдвиг частиц внутри отдельных кристаллитов по плоскостям скольжения называется внутрикристаллитной деформацией.

Кроме того, при пластической деформации металла происходит также перемещение одного кристаллита относительно другого, что называется межкристаллитной деформацией.

Пластические тела обычно имеют более высокую прочность по границам зерен, чем по плоскостям скольжения внутри зерен. Поэтому в начале деформации в

кристаллах происходит сдвиг по плоскостям скольжения и двойникования, а затем уже начинается перемещение одних кристаллитов по отношению к другим. Внутрикристаллитная и межкристаллитная деформации идут иногда совместно, но с значительным преобладанием внутрикристаллитной деформации.

Межкристаллитная деформация вызывает обычно резкое понижение прочности металла, так как она разрушает наиболее прочные связи между кристаллитами.

При наличии большой межкристаллитной деформации нарушается связь между зернами металла и материал разрушается. Поэтому основная пластическая деформация поликристаллитов должна протекать за счет внутрикристаллитных сдвигов и лишь в небольшой степени за счет межкристаллитной деформации. Чем большее число кристаллитов имеет хорошо ориентированные плоскости скольжения, тем пластичнее металл и тем меньше он оказывает сопротивление деформации.

Процесс пластической деформации поликристаллитов сопровождается следующими явлениями:

- 1) при деформации кристаллиты вытягиваются в направлении приложенных сил и меняют свою форму;
- 2) в кристаллитах происходит сдвиг по плоскостям скольжения и двойникования;
- 3) при деформации из беспорядочного расположения кристаллиты начинают ориентироваться по линии действия приложенных сил;
- 4) при холодной деформации происходит изменение механических и физических свойств.

В процессе пластической деформации происходит измельчение кристаллитов и образуется строго ориентированная кристаллическая структура (рис. 4). Если проверить механические свойства металла с ориентированной кристаллической структурой, то окажется, что в разных направлениях будут различные механические свойства. Неоднородность механических свойств в различных направлениях кристаллического вещества называется **анизотропией**.

Анизотропность металлов и сплавов особенно хорошо обнаруживается, если из прокатанной плоской заго-

товки вырезать в разных направлениях образцы для испытания на разрыв.

Результаты испытания этих образцов на разрывном прессе показывают, что образцы, вырезанные вдоль на-



Рис. 4. Ориентированная микроструктура деформированного металла

правления прокатки, имеют другие механические свойства, чем образцы, вырезанные под углом 45° или поперек прокатки. Анизотропия свойств сохраняется и после отжига.

Анизотропность металла при глубокой вытяжке цилиндрических изделий дает значительную фестоность (рис. 5), что вызывает повышенные отходы при обрезке неровных кромок изделий после вытяжки. Фестоность наглядно подтверждает неоднородность механических свойств металла в различных направлениях. Изменение

направления при холодной прокатке, подбор специального режима отжига и т. п. являются мерами борьбы с анизотропностью.

Однородность свойств металла в различных направлениях называется *изотропией*.

При пластической деформации после удаления внешних сил в металле остаются внутренние напряжения.

Изменение механических свойств металла при деформации называется *упрочнением* или *наклепом*.

Величина упрочнения металла зависит от степени пластической деформации: чем выше степень деформации, тем больше упрочнение.

Различные металлы неодинаково упрочняются при пластической деформации.

Некоторые металлы высокой чистоты, например, медь, алюминий, выдерживают в холодном состоянии большие степени деформации. Загрязненные примесями металлы, а также сплавы быстрее упрочняются при холодной обработке давлением и не выдерживают высокой степени деформации.

Очень большие степени пластической деформации сплавов в холодном состоянии приводят к так называемому перенаклепу, который характеризуется вначале появлением небольших трещин (межкристаллитных) и затем, при дальнейшем повышении степени деформации, разрушением обрабатываемого металла.

Перенаклепанный металл нельзя исправить дальнейшей термической обработкой.



Рис. 5. Фестонистость отштампованного цилиндрического изделия

Как было указано, металлы и сплавы при холодном деформировании сильно упрочняются и теряют свою пластичность. Для восстановления пластичности перед дальнейшим деформированием они подвергаются отжигу.

Отжиг производится путем нагрева наклепанного металла до соответствующей температуры и выдержки при этой температуре в течение определенного времени.

Во время отжига изменяется структура и механические свойства.

Изменение структуры металла при отжиге называется *рекристаллизацией*.

Структура из ориентированной (см. рис. 4) при отжиге становится равноосной, и ориентировка зерен вдоль прокатки исчезает.

Во время рекристаллизации деформированного металла происходит:

- а) возникновение центров кристаллизации;
- б) рост новых кристаллов за счет деформированных.

Металл при рекристаллизации восстанавливает свою пластичность, а твердость и прочность уменьшаются.

Основными факторами процесса рекристаллизации являются температура и время.

Каждый металл и сплав имеют вполне определенную температуру рекристаллизации, которая зависит от природы металла, химического состава и степени деформации.

Акад. А. А. Бочвар считает, что температура начала рекристаллизации чистых металлов равна 0,4 от абсолютной температуры плавления.

Легирующие элементы и примеси повышают температуру рекристаллизации металлов. Разные добавки по-разному изменяют температуру рекристаллизации металла. Чем больше будет степень предшествующей деформации, тем при более низкой температуре начнется рекристаллизация деформированного металла.

При постепенном повышении температуры в деформированном металле происходят последовательно следующие процессы:

- 1) снятие напряжений, т. е. металл приходит в равновесное состояние; форма и ориентировка кристаллитов при этом не изменяются;

2) рекристаллизация — образование центров кристаллизации и новых кристаллитов за счет деформированных, которое сопровождается изменением свойств металла: растет пластичность, снижается твердость и прочность металла;

3) собирательная рекристаллизация — рост зерен за счет поглощения одних ненапряженных зерен другими ненапряженными зернами; при этом полностью восстанавливается пластичность металла.

Во время нагрева при высокой температуре эти процессы могут накладываться один на другой.

Скорость рекристаллизации зависит от температуры нагрева. Чем выше температура, тем быстрее происходит рекристаллизация.

Отжиг при высокой температуре дает интенсивный рост зерен. Например, отжиг латуни марки Л68 при температуре свыше 800° и алюминия свыше 500° дает крупнозернистую структуру.

Длительный отжиг при высокой температуре, близкой к температуре плавления, приводит к пережогу металла, который выражается в том, что связь между кристаллитами нарушается и металл теряет пластичность.

Пережог нельзя исправить ни механической, ни последующей термической обработкой.

Отжиг металлов, подвергнутых малым степеням деформации (2—12% для разных металлов), приводит к образованию очень больших зерен. Степень деформации, вызывающая образование крупнозернистой структуры при отжиге, называется критической степенью деформации.

Большая степень деформации способствует получению после отжига мелкозернистой структуры.

Деформация металлов в горячем состоянии требует значительно меньших усилий, так как при высокой температуре металл обладает меньшей прочностью и высокой пластичностью.

При горячей деформации металл становится более плотным за счет заваривания усадочных и газовых пустот.

В процессе горячей деформации в металле происходят почти одновременно наклеп и рекристаллизация за счет высокой температуры. Поэтому металл после обра-

ботки в горячем состоянии остается достаточно пластичным.

Температура горячей деформации должна быть выше температуры рекристаллизации, иначе металл будет упрочняться.

Некоторые сплавы цветных металлов обладают плохой пластичностью при повышенных температурах, и их приходится обрабатывать только в холодном состоянии.

Сочетая горячую и холодную деформацию металлов с последующей термообработкой, можно сообщить металлу нужную структуру и механические свойства.

По температуре обрабатываемого металла различают:

- а) горячую обработку;
- б) холодную обработку.

В табл. 7 приводится перечень основных способов обработки давлением в горячем и холодном состояниях.

Таблица 7

Перечень основных способов обработки металлов давлением

Способ обработки	Область применения	Механизмы для обработки
Ковка свободная	Горячая обработка Производство валов, осей, штанг, рычагов и т. п.	Паровые и воздушные молоты и гидравлические прессы
Ковка в закрытых штампах	Производство зубчатых колес, дисков, шатунов, кривошипов, колленчатых валов и т. п.	Паровые, воздушные, падающие приводные молоты, гидравлические прессы
Прокатка горячая	Производство плит, досок, листов, полос, балок, рельсов, швеллеров, труб и т. п.	Прокатные станы, трубопрокатные станы
Прессование	Производство труб, прутков и разных профилей из цветных металлов и сплавов	Гидравлические горизонтальные и вертикальные прессы
Штамповка	Выгибание днищ котлов и резервуаров, производство выгнутых плит и т. п.	Гидравлические или механические прессы

Продолжение табл. 7

Способ обработки	Область применения	Механизмы для обработки
	Холодная обработка	
Прокатка (холодная)	Производство листов, полос, лент, труб и т. п.	Прокатные станы, трубопрокатные станы
Волочение	Производство труб, прутков, проволоки и разных профилей	Волоочильные цепные станы, приводные волоочильные станки
Вытяжка	Производство полых цилиндрических, прямоугольных и других изделий	Вытяжные прессы одноходовые и двухходовые
Гибка	Производство рам, скоб, деталей машин, листового материала и т. п.	Гидравлические, эксцентриковые, фрикционные прессы
Правка	Обработка листового, полосового и профильного материала	Рихтовальные прессы, роликовые рихтовальные машины
Чеканка	Изготовление медалей, монет, барельефов, ложек, вилок и т. п.	Винтовые фрикционные прессы, коленчатые прессы и др.
Выдавливание (холодное)	Производство тонкостенных высоких цилиндров, тубиков, труб и т. п.	Кривошипные быстроходные прессы, давилые станки и др.

ГЛАВА III

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИСТОВ И ЛЕНТ

Заготовка, применяющаяся для штамповочных работ, в большинстве случаев бывает в виде листов, полос и лент.

Процесс их изготовления состоит из двух стадий: отливки слитков и их прокатки.

§ 1. Получение слитка

Плавку металлов и отливку слитков требуемой формы производят в литейных цехах.

Для отливки металлов и сплавов используются:

а) чистые металлы (свежие) — это металлы, поступающие с металлургических заводов. Они бывают в виде чушек, пластин — катодов и т. п.;

б) отходы собственного производства (литники и стружка литейных цехов, обрезки листов и лент прокатных цехов, высечка и другие отходы штамповочных цехов);

в) брак, идущий в переплавку;

г) вторичные металлы, получающиеся в результате переработки лома, старых изделий, собранных с других предприятий и от населения.

Стружку и мелкие отходы, предназначенные для плавки, предварительно пакетируют на специальных прессах.

Наибольшее распространение в современных литейных цехах для плавки цветных металлов и сплавов получили электрические низкочастотные индукционные печи. На ряде заводов используются также тигельные горновые печи, дуговые электропечи, шахтные печи сопротив

ления и отражательные нефтяные печи. К новым плавильным печам относятся высокочастотные печи.

Принят следующий порядок плавки: сначала расплавляют тугоплавкий металл, а затем подсаживают в печь более легкоплавкий металл. Например, при литье латуни сначала расплавляют медь, а затем добавляют цинк, который хорошо растворяется в расплавленной меди.

Во время плавки цветных металлов происходит частичный угар металла, который обычно составляет около 1,5%.

Для получения слитков жидкий металл из печи выливают в специальные формы — металлические изложницы.

Применяются изложницы с воздушным и водяным охлаждением.

Для предохранения от приваривания слитка к изложнице последнюю перед заливкой металла смазывают смазкой, которая одновременно способствует повышению качества поверхности слитков.

После остывания слитки (плоские) подвергаются следующей обработке: у слитков, отлитых в вертикальные

изложницы, обрезают верхнюю литниковую часть и прострагивают боковую поверхность; у слитков, отлитых в горизонтальные изложницы, прострагивают верхнюю поверхность (рожистую) и слегка нижнюю поверхность слитка. Строжка слитков производится для удаления поверхностных дефектов, образовавшихся при отливке.

Перед сдачей слитков из литейного в прокатный цех проверяется их химический состав, а также качество поверхности. Количество отходов при литье на угар и механическую обработку слитков в литейных цехах составляет около 8—14%.



Рис. 6. Шлаковые включения в металле

ханическую обработку слитков в литейных цехах составляет около 8—14%.

Слитки должны быть плотными, без раковин и шлаковых включений.

Наличие шлаковых включений может привести к неисправимому браку при штамповке.

§ 2. Получение листовых полуфабрикатов

Слитки обрабатываются вначале в горячем состоянии, а затем в холодном.

Перед горячей прокаткой слитки нагревают в пламенных и электрических печах.

В пламенных печах тепло получается от сжигания топлива (мазута, каменного угля, горючего газа и т. п.).

В электрических печах тепло образуется за счет электрической энергии.

По способу загрузки печи делятся на периодические и непрерывного действия.

В периодических (садочных) печах нагрев, загрузка и разгрузка производятся периодически.

В печах непрерывного действия (методических) загрузка металла производится с заднего канала печи, а выгрузка горячих слитков с переднего конца. При загрузке и выгрузке слитков температурный режим печи не изменяется. Слитки, продвигаясь по печи, постепенно нагреваются и при выходе имеют требуемую температуру.

Для контроля за температурой нагреваемого металла в печи установлены термомпары, соединенные с гальванометром или самопишущим прибором, на которых регистрируется температура.

На усовершенствованных электрических печах устанавливаются терморегуляторы, которые автоматически поддерживают нужную температуру.

В табл. 8 приводятся рекомендуемые температуры нагрева разных цветных металлов и сплавов перед горячей прокаткой.

Горячая прокатка по сравнению с холодной прокаткой имеет ряд преимуществ:

а) металлы при нагреве становятся менее прочными и легче поддаются обработке; тем самым повышается производительность станов;

Таблица 8
Температура металла перед горячей прокаткой

Наименование металла (сплава)	Температура нагрева перед горячей прокаткой, °С
Медь	800—900
Томпак Л90	860—900
Алюминиевая бронза А5	820—840
Латунь Л68	740—800
Латунь Л62	760—820
Никель	1100—1200
Мельхиор	950—1000
Константан	980—1020
Нейзильбер	920—960
Алюминий	380—450
Дуралюмин	400—450

б) можно обрабатывать слитки большего размера, что уменьшает относительное количество отходов;

в) металл после горячей прокатки остается мягким и не требует отжига.

К недостаткам горячей прокатки относятся:

а) потеря металла (около 0,5% от веса слитка) на угар при нагреве слитков;

б) небольшая точность прокатки.

Горячую прокатку слитков производят на механизированных прокатных станах (рис. 7).

Усовершенствованным станом для горячей прокатки слитков является трехвалковый стан (трио), на котором прокатка производится в обе стороны. Такой стан дает более высокую производительность, чем двухвалковый.

Горячую прокатку слитков обычно ведут на толщину от 16 до 4 мм.

Для изделий повышенного качества заготовки прокатывают до толщины 15 мм с последующей машинной шабровкой или фрезеровкой, во время которой с каждой стороны снимают стружку глубиной 0,5—1,0 мм. Во время строжки удаляется окалина и поверхностные дефекты.

Заготовка, идущая для изготовления изделий обычного назначения, прокатывается в горячем состоянии до 4—8 мм.

После горячей прокатки металл остывает, и затем его режут на полосы или карточки требуемых размеров.

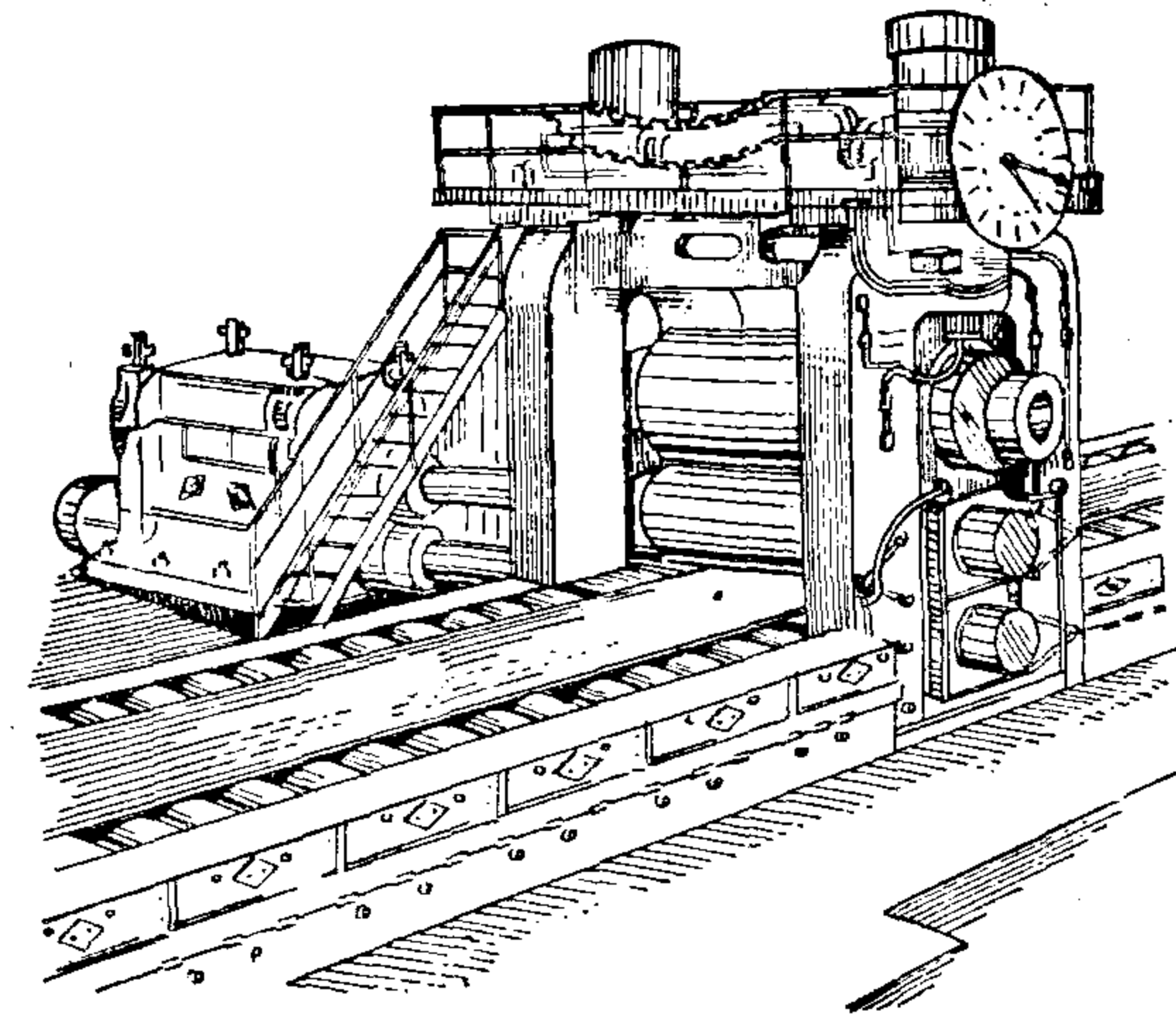


Рис. 7. Листовой стан для горячей прокатки

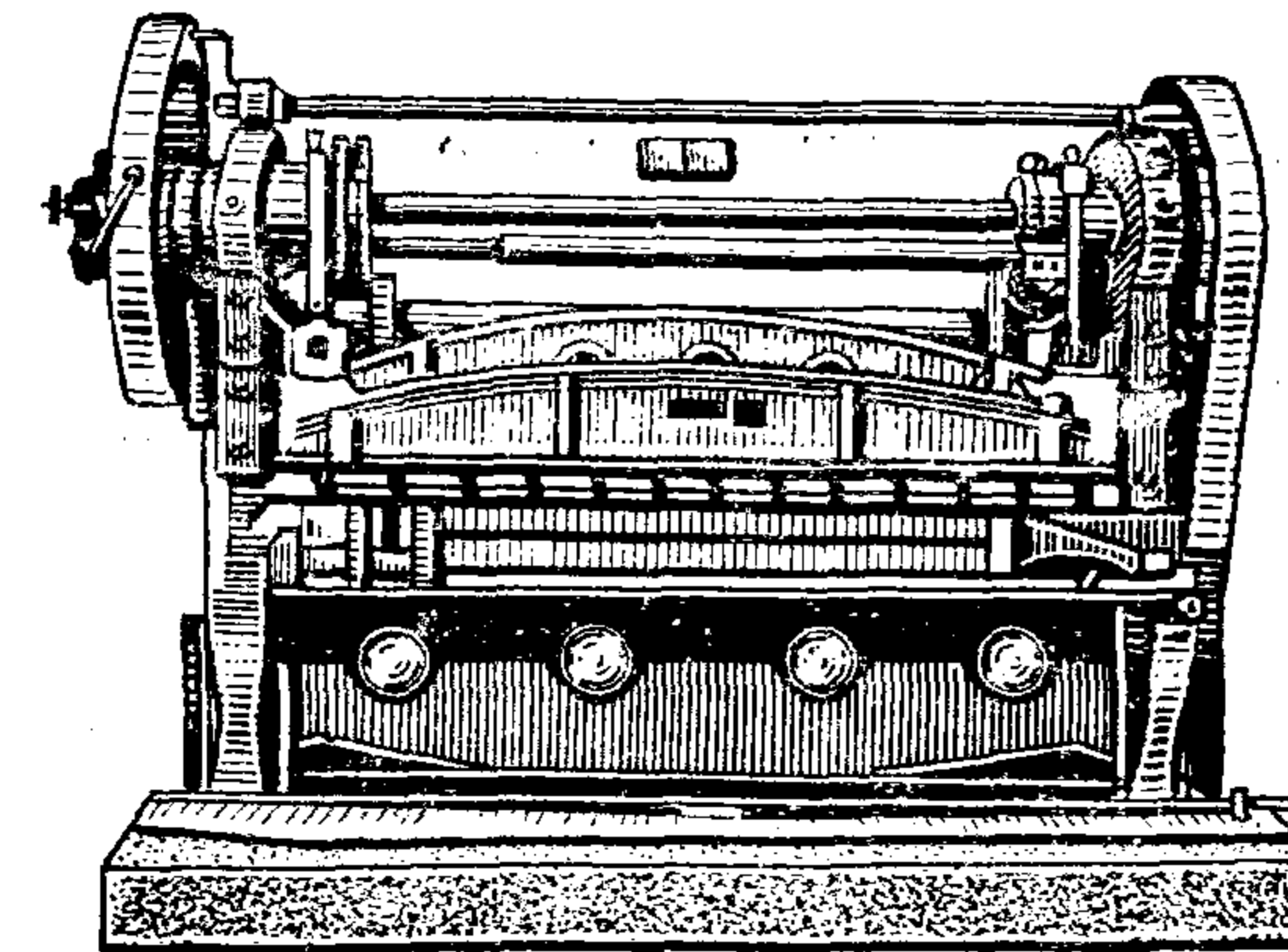


Рис. 8. Гильотинные ножницы

Резка производится обычно на гильотинных ножницах (рис. 8).

При разрезке толстой заготовки кромки полосы наклепываются; если такие полосы пустить в холодную прокатку без отжига, то на кромках образуются трещины.

Отжиг полос перед дальнейшей прокаткой производят в пламенных, муфельных или электрических печах.

В пламенных печах нагрев металла производится более интенсивно, так как горячие газы печи соприкасаются с металлом. К недостаткам пламенных печей относятся:

- а) повышенная окисляемость и угар металла;
- б) соприкосновение металла с горячими газами.

В муфельных печах нагрев металла производится в специальных закрытых муфелях и металл после отжига получается более чистый, чем в пламенной печи. Муфель в печах делается из огнеупорной глины (шамота и т. п.) или металла.

Более совершенными печами являются печи для безокислительного отжига, где металл нагревается в восстановительном (водород, генераторный газ и др.), нейтральном газе (азот и т. п.) или в вакууме. Эти печи сложнее в работе, но обеспечивают получение светлой поверхности металла без травления.

Контроль за температурой в нагревательных печах производится с помощью термопар.

Металл загружается в печь после того, как она нагреется до нужной температуры. В том случае, если металл нагревается одновременно с печью, он больше окисляется и производительность печей понижается.

Температуры отжига цветных металлов и сплавов приводятся в табл. 9.

Время отжига металла в отжигательных печах устанавливается в зависимости от веса отжигаемого металла. Например, для садки весом около 1 т в муфельных печах время отжига устанавливается около 1 ч. 30 м., для садки весом около 3 т время отжига устанавливается около 4 час.

Время отжига зависит еще от ряда факторов: конструкции печи, плотности уложенного металла, интенсивности подачи тепла в печи и т. п. Некоторые металлы

Таблица 9
Температура отжига цветных металлов и сплавов

Наименование металла (сплава)	Температура отжига °С
Медь	550—700
Томпак Л90	620—700
Латунь Л68	520—600
Латунь Л62	550—650
Алюминиевая бронза А5	600—700
Никель	780—850
Мельхиор НМ81	600—780
Константан	800—850
Нейзильбер	650—700
Алюминий	340—400
Дуралюмин	330—370

после отжига замачивают в воде (например, медь, оловянно-фосфористая бронза и т. п.), что способствует лучшему удалению окислов и облегчает травление металла после отжига. После отжига в обычных печах (окислительных) металлы покрываются окислами и не могут быть пущены в дальнейшую обработку без предварительного травления. Особенно сильно окисляются при отжиге медь, латуни, бронзы и др. При отсутствии печей для безокислительного отжига, чтобы уменьшить окисление, иногда нагрев производят в коробах.

Травление металлов производится в водных растворах кислот. Медь, латуни, алюминиевые и оловянистые бронзы и т. п. травятся в водном растворе серной кислоты. Алюминий и алюминиевые сплавы травятся в растворе едкой щелочи (едкий натр, едкое кали и т. п.). Никель и никелевые сплавы травятся в растворе серной кислоты с добавкой азотной кислоты или хромпика. При травлении окислы (окалина) растворяются и поверхность металла становится чистой.

Для травления меди употребляют водный раствор серной кислоты, концентрации от 8 до 12%, а латуней — от 4 до 8%.

После травления изделия промывают в чистой горячей воде, чтобы остатки травителя не портили металла. Алюминиевые изделия после травления в щелочном растворе промывают в воде и затем для обезвреживания от остатков щелочи промывают в слабом водном растворе серной кислоты и затем снова в воде.

После промывки металлы сушат при температуре 100—150°, так как влажные металлы, находясь на воздухе, будут быстро окисляться и темнеть. Некоторые ответственные изделия после промывки в воде протирают тряпками или древесными опилками, чтобы сделать поверхность металла более чистой.

Перед последующей холодной прокаткой поверхность металла просматривают и все обнаруженные поверхностные дефекты удаляют вручную, стальным шабером (резцом).

Медь и алюминий при холодной прокатке выдерживают большие обжатия (уменьшения толщины), чем латуни и бронзы, и потому требуют меньшего количества промежуточных отжигов.

Холодная прокатка вызывает изменение механических свойств прокатанного металла: предел прочности металла возрастает, а удлинение снижается. Подбирая степень деформации и температуру отжига, можно получить листы, полосы и ленты с разными механическими свойствами. Обычно материалы поставляются твердыми, полутвердыми или мягкими. Твердый материал представляет собой нагартованный металл с максимальным пределом прочности и малым относительным удлинением. Мягкий материал обладает максимальной пластичностью и минимальной прочностью, а полутвердый занимает среднее место между твердым и мягким.

Для получения хорошей поверхности прокатанного металла холодную прокатку производят на гладких (шлифованных) валках. При холодной прокатке применяют смазку, которая облегчает прокатку и уменьшает износ прокатных валков. В качестве смазки применяется животное сало, керосин, машинное масло и т. п.

Холодную прокатку листов производят на двухвалковых прокатных станах, а прокатку длинных лент — на четырех- и шестивалковых станах, которые дают повы-

шенную точность прокатки. Прокатку тонких листов (толщиной от 0,4 до 1,0 мм) часто производят пачкой, т. е. в несколько листов. Листы толщиной 0,4 мм катают пачками в 6 листов, листы толщиной 1,0 мм — в 2 листа, что повышает производительность стана и обеспечивает хорошую выкатку листов.

Основные виды брака при изготовлении листов, лент и полос в прокатном цехе следующие.

Повышенная жесткость. Причиной повышенной жесткости полуфабрикатов является низкая температура или недостаточная продолжительность отжига. Жесткий полуфабрикат можно исправить вторичным отжигом при требуемой температуре.

Перегрев. Причиной перегрева металла является отжиг при слишком высокой температуре или продолжительной выдержке; при этом металл становится крупнозернистым. При штамповке изделий из такого металла образуется рябоватая шероховатая поверхность или трещины, а также понижается антикоррозионная стойкость изделий. Такой вид брака неисправим.

Брак по размерам. Продукция, имеющая отклонения по размерам больше допусков, указанных в технических условиях, бракуется.

Закат грязи. Причиной брака является грязная смазка, применяемая при прокатке, или загрязнение заготовки и валков во время прокатки (рис. 9). При штамповке из полуфабрикатов с закатанной грязью получают изделия низкого качества с пониженной коррозионной стойкостью. Следы закатанной грязи допускаются только для изделий пониженной сортности.

Поверхностные пленки. Причинами появления плен на латунной заготовке, кроме дефектов литейного характера, могут быть: выгорание цинка с поверхности латунных слитков, наличие дефектов на поверхности валков при горячей прокатке и глубокие царапины и забоины.

Пленки должны удаляться перед холодной прокаткой путем машинной шабровки или вручную стальным шабером. Пленки, оставшиеся на заготовке, портят внешний вид отштампованного изделия и уменьшают его антикоррозионную стойкость, поэтому заготовку с пленками в работу пускать не следует.

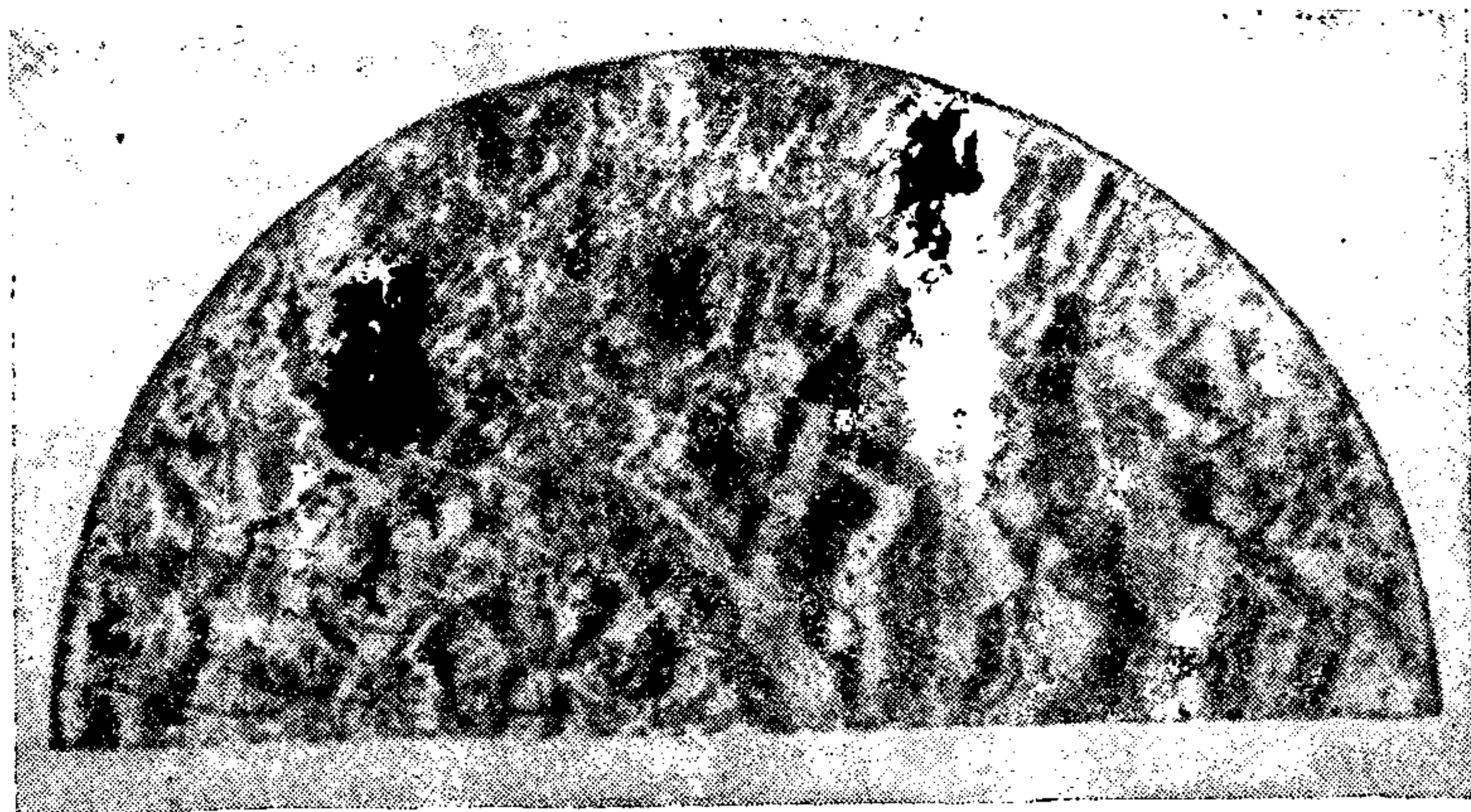


Рис. 9. Закатка грязи на алюминиевой заготовке

Нагар смазки. Причиной брака является применение обильной смазки при прокатке. Смазка, оставшаяся на заготовке, при отжиге дает коксующие остатки и загрязняет поверхность заготовки. Нагар смазки особенно часто встречается на алюминиевых полосах, прокатанных с применением в качестве смазки неочищенного керосина. Незначительный нагар смазки, удаляющийся при травлении, допустим. Большой нагар смазки ухудшает качество готовых изделий и поэтому недопустим.

Забойны и вмятины. Причиной брака является небрежное обращение с заготовкой при транспортировке и перекладке. Забойны и вмятины портят вид изделий, и заготовка с такими дефектами бракуется.

Трещины. Причиной брака по трещинам является недостаточный отжиг или перенаклеп металла (трещины по кромкам). Заготовка с трещинами не должна допускаться в штамповку.

Заусенцы. Причиной брака по заусенцам является неправильная настройка ножниц при резке готовой продукции. Заусенцы должны быть опилены перед пуском в штамповку.

При изготовлении полуфабрикатов в прокатных цехах количество отходов составляет 20—40%, в том числе безвозвратных потерь около 1,5%.

ГЛАВА IV

ИСПЫТАНИЕ МЕТАЛЛОВ

Металлы и сплавы, предназначенные для штамповки, подвергаются испытаниям, основными из которых являются: 1) определение химического состава; 2) определение механических свойств; 3) рассмотрение структуры (макро- и микро-); 4) проверка внешнего вида и основных размеров; 5) технологические.

Заготовка, поступающая в штамповочный цех, должна иметь вполне определенный химический состав, обусловленный техническими условиями.

При несоответствии состава с ГОСТ или техническими условиями заготовка забраковывается.

Контроль за соответствием химического состава возлагается на отдел технического контроля (ОТК) завода.

§ 1. Механические испытания

В зависимости от условий обработки в штамповочном цехе, а также от требований, предъявляемых к отштампованным изделиям, применяются материалы с соответствующими механическими свойствами.

Механические свойства металлов определяются механическими испытаниями.

Механические испытания производятся на образцах стандартной формы и размеров при помощи испытательных машин.

К механическим испытаниям относится определение предела текучести, предела прочности, относительного удлинения, сужения и твердости.

По характеру приложения нагрузки испытания подразделяются на статические и динамические.

Статические испытания производятся посредством плавного и постепенно возрастающего нагружения образца. К этому виду относятся испытания на растяжение, сжатие, определение твердости и др.

Динамические испытания заключаются в приложении к образцу ударных нагрузок при значительных скоростях (ударная вязкость и др.).

Испытание на растяжение

Испытание на растяжение производится по методике, обусловленной ГОСТ 1497—42.

Для испытаний на растяжение изготавливают образцы

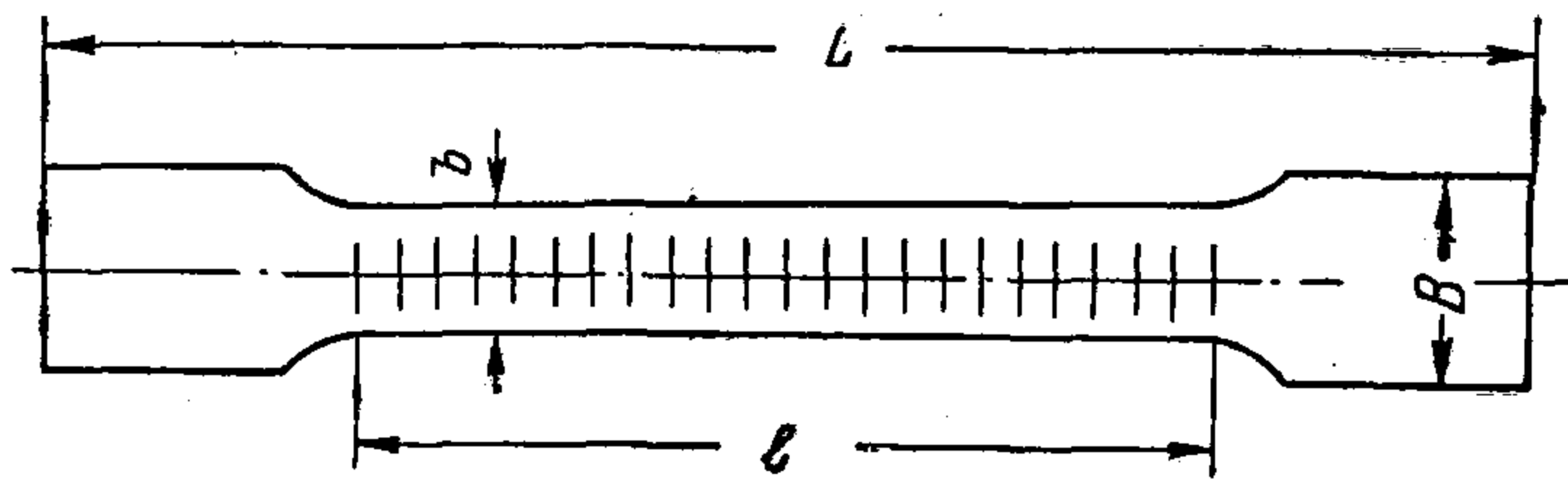


Рис. 10. Форма образца для испытания на растяжение

специальной формы (рис. 10). Размеры образцов устанавливаются согласно ГОСТ 1497—42 (табл. 10).

Таблица 10

Размеры образцов для испытания на разрыв

Для толщины мм	Общая длина мм	Расчетная длина l мм	Общая ширина B мм	Расчетная ширина мм
0,3 — 0,5	130	30	15	10
0,51 — 3,0	165	75	23	15
3,01 — 5,0	190	100	23	15
5,01 — 8,0	264	150	30	20
8,01 — 10,0	290	175	30	20

Расчетная длина образца определяется по формуле:

$$l = 11,3 \sqrt{F_0}$$

где F_0 — поперечное сечение образца.

Образцы изготавливают на строгальных или фрезерных станках.

После механической обработки образцы не должны иметь трещин, царапин, искривлений и других повреждений, так как они могут исказить результаты испытаний. Испытание на растяжение производится на разрывных прессах (рис. 11). При испытании концы образца закрепляют в специальных головках. Образец должен закрепляться строго симметрично по отношению к оси движения головок. В начале испытания образец вытягивается, затем разрывается.

Значение нагрузки, приложенной для разрыва образца, фиксируется на прессе

Напряжение, при котором образец деформируется (вытягивается) без заметного увеличения нагрузки, называют пределом текучести ($\sigma_{тк}$).

Напряжение, отвечающее максимальной нагрузке перед разрывом образца, называется пределом прочности при растяжении ($\sigma_{пч}$).

Чем выше предел прочности при растяжении, тем выше прочность металла.

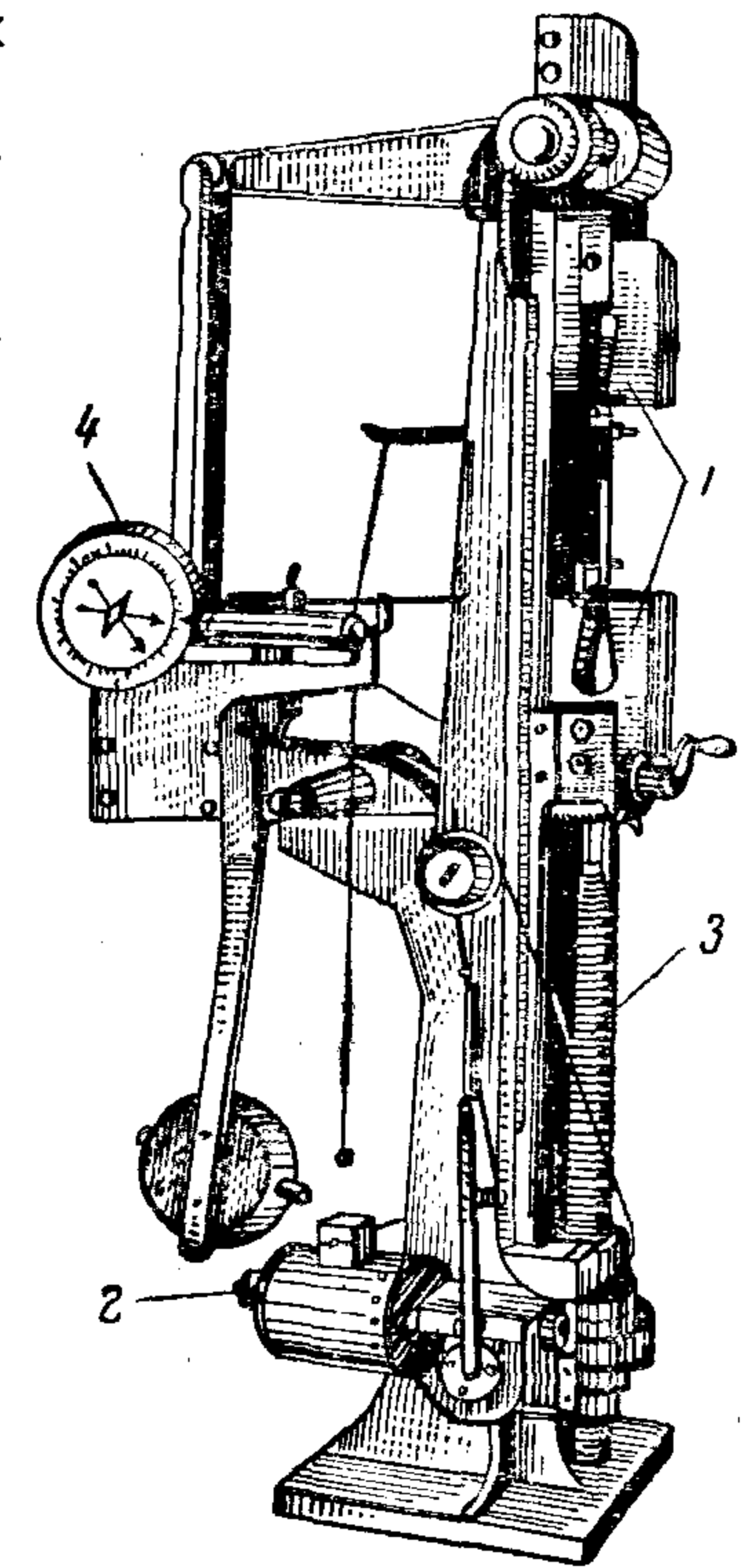


Рис. 11. Разрывной пресс типа Р-5:

1 — губки (головки) для зажима образцов; 2 — электродвигатель; 3 — ходовой винт для перемещения нижних губок; 4 — шкала для измерения величин усилия

Предел прочности выражают в килограммах на 1 мм^2 поперечного сечения образца (в расчетном сечении). Рассчитывается предел прочности по формуле:

$$\sigma_{\text{пч}} = \frac{P_b}{F_0},$$

где P_b — максимальная нагрузка, предшествовавшая разрыву образца, кг;

F_0 — начальная площадь поперечного сечения образца, мм^2 .

При растяжении длина образца увеличивается, прирост длины (удлинение) свидетельствует о пластичности данного металла. Чем больше относительное удлинение металла во время растяжения, тем пластичнее металл, следовательно, тем лучше он будет подвергаться глубокой вытяжке.

Относительное удлинение выражается в процентах и подсчитывается по формуле:

$$S = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \cdot 100,$$

где l_0 — расчетная длина образца до разрыва;

l_1 — расчетная длина после разрыва.

Приведем пример расчета результатов испытания образца на разрыв.

Материал — латунь марки Л62, толщина заготовки $1,5 \text{ мм}$. Размеры образца для испытания на разрыв $23 \times 165 \text{ мм}$ (по табл. 10). Расчетная длина 75 мм , расчетная ширина 15 мм . При испытании на разрывной машине получены следующие данные:

1) нагрузка, потребовавшаяся для разрыва 720 кг .

2) длина после разрыва $115,5 \text{ мм}$.

Вычисляем поперечное сечение образца (ширину умножаем на толщину) $F_0 = 15 \times 1,5 = 22,5 \text{ мм}^2$. Подсчитываем предел прочности при растяжении

$$\sigma_{\text{пч}} = \frac{P_b}{F_0} = \frac{720}{22,5} = 32 \text{ кг/мм}^2.$$

Вычисляем относительное удлинение. Длина (расчетная) до разрыва $l_0 = 75 \text{ мм}$, длина после разрыва $l_1 = 115,5 \text{ мм}$.

$$S = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100 = \frac{115,5 - 75}{75} \times 100 = \frac{40,5}{75} \times 100 = 54\%.$$

Следовательно, относительное удлинение составляет 54% .

Испытания на растяжение производятся на машинах различных конструкций: пресс Гагарина, разрывная машина ЦНИИТМАШ ИМ-4А, универсальная рычажно-маятниковая машина типа Р-5 и т. п.

Испытание на твердость

Способ оценки механических свойств испытуемого металла по твердости нашел широкое распространение в промышленности, что объясняется его преимуществами по сравнению с другими видами механических испытаний.

1. Испытание производится быстро без изготовления специальных образцов.

2. При проверке твердости изделие не разрушается и может быть использовано для эксплуатации.

3. Приборы для испытания на твердость обладают высокой производительностью. Испытания производятся не только на стационарных, но и с помощью переносных приборов, позволяющих определять твердость непосредственно в цехе, на складе и у рабочего места.

Твердостью называют сопротивление, оказываемое металлами, внедрению в их поверхность более твердого тела определенной формы.

Наиболее распространенными методами определения твердости являются методы, основанные на вдавливании в испытуемый образец стального закаленного шарика, алмазной пирамиды или алмазного конуса.

Испытание твердости стальным шариком. К такому способу относится способ определения твердости по Бригеллю, который заключается в том, что в поверхность испытуемого материала под действием заданной нагрузки вдавливается стальной закаленный шарик определенного диаметра. Вдавливание стального шарика производится с помощью специального пресса с гидравли-

ческим приводом (рис. 12). Для испытаний употребляются нагрузки: 3000, 1000, 750, 250, 100, 50 кг и др. Длительность приложения нагрузки 10—30 сек.

Под действием приложенной силы стальной шарик вдавливается в поверхность испытываемого металла, оставляя в нем сферический отпечаток (лунку). Чем мягче испытываемый металл, тем больше диаметр отпечатка. Величина твердости в этом случае определяется отношением величины давления, выраженного в килограммах, на 1 мм² сферической поверхности отпечатка шарика:

$$H_B = \frac{P}{F},$$

где H_B — твердость по Бринеллю, кг/мм²;

P — давление шарика, кг;

F — сферическая поверхность отпечатка, мм².

Диаметр отпечатка, получаемого при испытании, измеряется специальной лупой, снабженной измерительной шкалой или окуляр-микрометром. Быстрое, но неточное измерение диаметра отпечатка производится с помощью прозрачного шаблона (рис. 13). Обычно твердость определяют не по формуле, а с помощью специальных таблиц, в которых указаны твердости, соответствующие определенным диаметрам отпечатков.

Испытуемая поверхность изделия должна быть плоской, гладкой, сухой, свободной от окалины и других дефектов, которые могут исказить значение твердости.

Поверхность шарика, применяемого для испытания, делается полированной.

Мягкие металлы испытываются при меньших нагрузках, чем твердые. Для образцов, имеющих небольшую толщину, употребляются стальные шарики меньшего диаметра.

Обычно испытанию на твердость по H_B подвергаются металлы толщиной более 1,0 мм, иначе результаты будут искажены.

Для испытания латунной полосы толщиной от 3 до 6 мм диаметр шарика берется в 5 мм и нагрузка 250 кг.

Для некоторых металлов и сплавов, зная твердость H_B , можно путем простого пересчета определить предел прочности. Например, для углеродистой стали перевод-

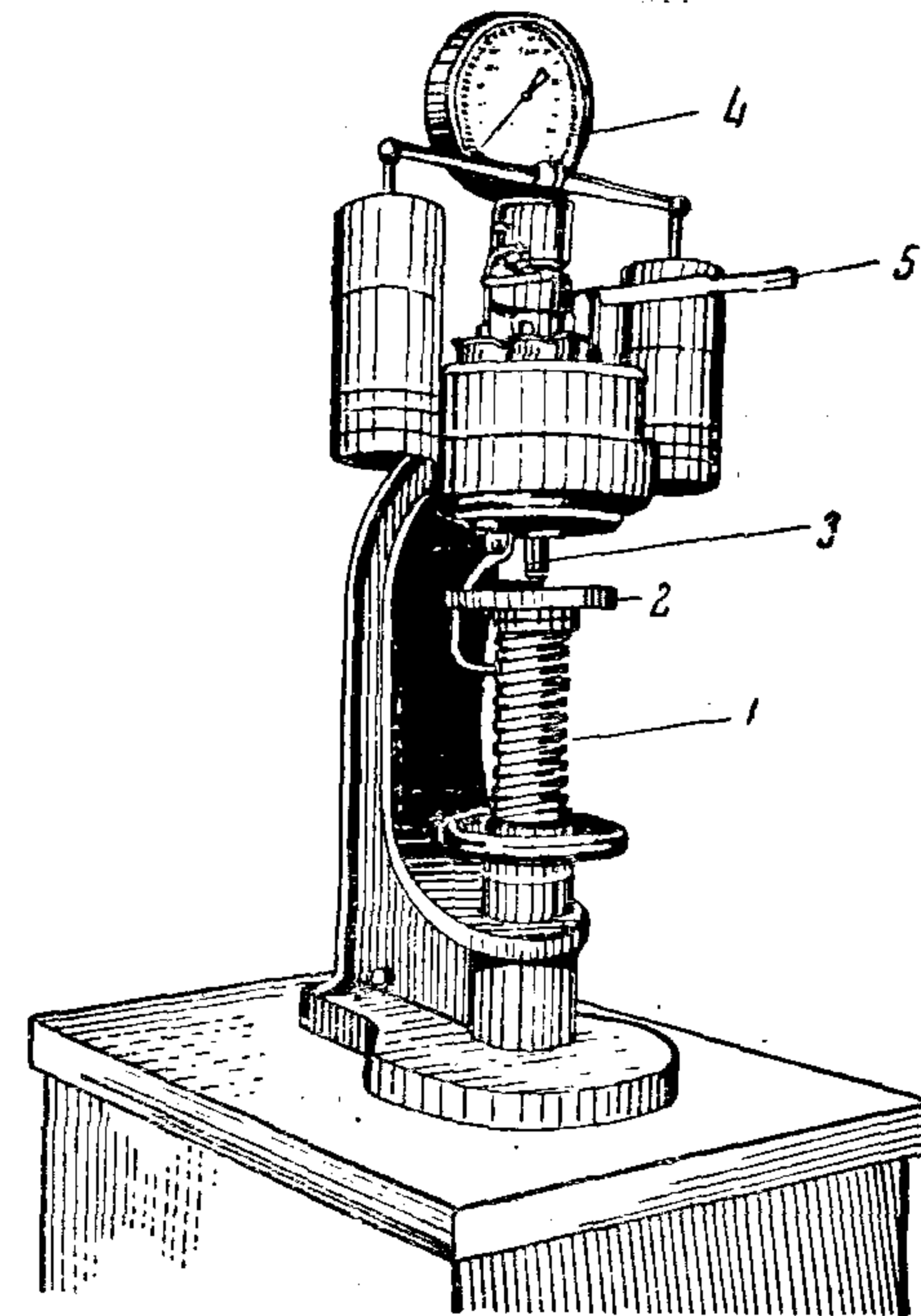


Рис. 12. Прибор (пресс) для определения твердости с гидравлическим приводом:
1 — подъемный винт; 2 — опорный столик для испытываемых образцов; 3 — шпindel с наконечником и стальным шариком; 4 — манометр; 5 — рычаг гидравлического привода

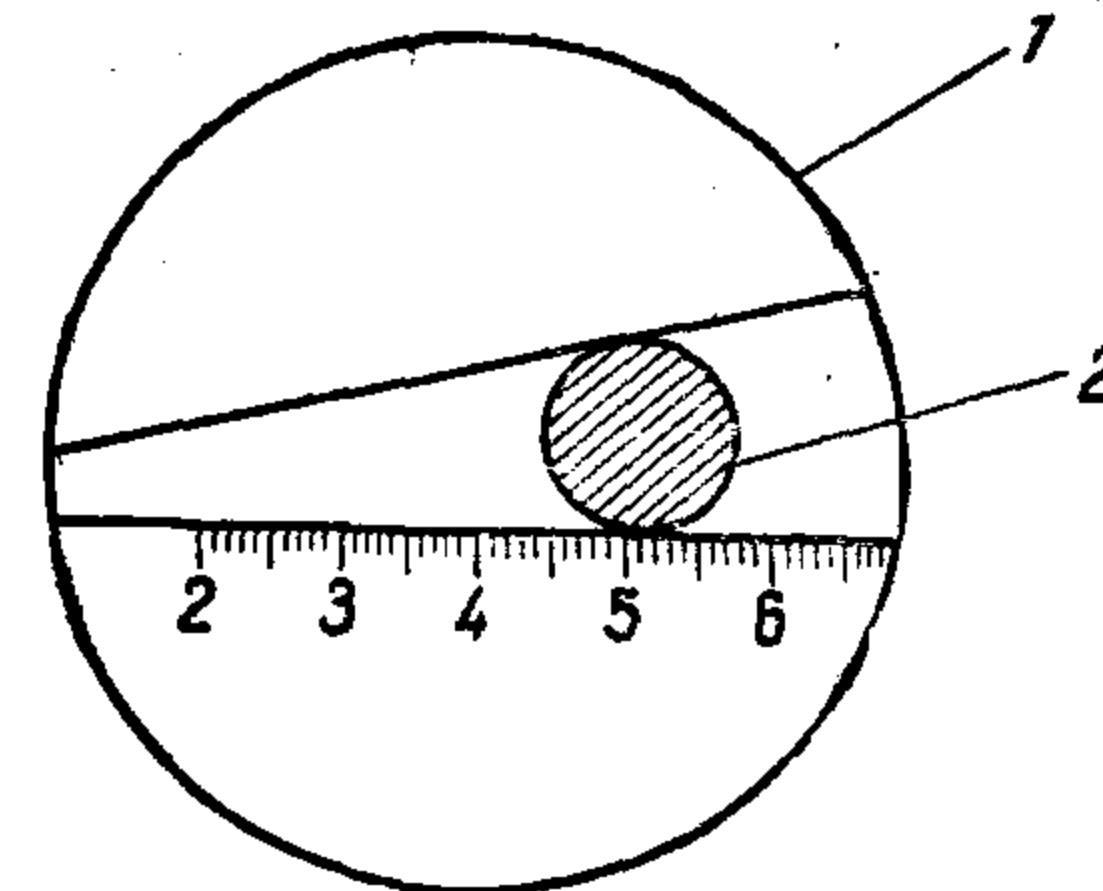


Рис. 13. Прозрачный шаблон для измерения отпечатка:

1 — шаблон; 2 — отпечаток

ной коэффициент равен 0,36 (для $\sigma_{пч}$ в пределах от 30 до 100 кг/мм²).

Испытание твердости стальным шариком производится также по методу Роквелла.

Этот способ отличается тем, что определяется не диаметр отпечатка, а глубина вдавливания твердого тела (стального шарика или алмазного конуса). Глубина вдавливания определяется с помощью индикатора, циферблат которого разделен на 100 равных частей.

Число твердости по способу Роквелла определяется с помощью таблиц, в которых указывается твердость в зависимости от глубины вдавливания. Для стального шарика диаметром 1,58 мм берется нагрузка 100 кг.

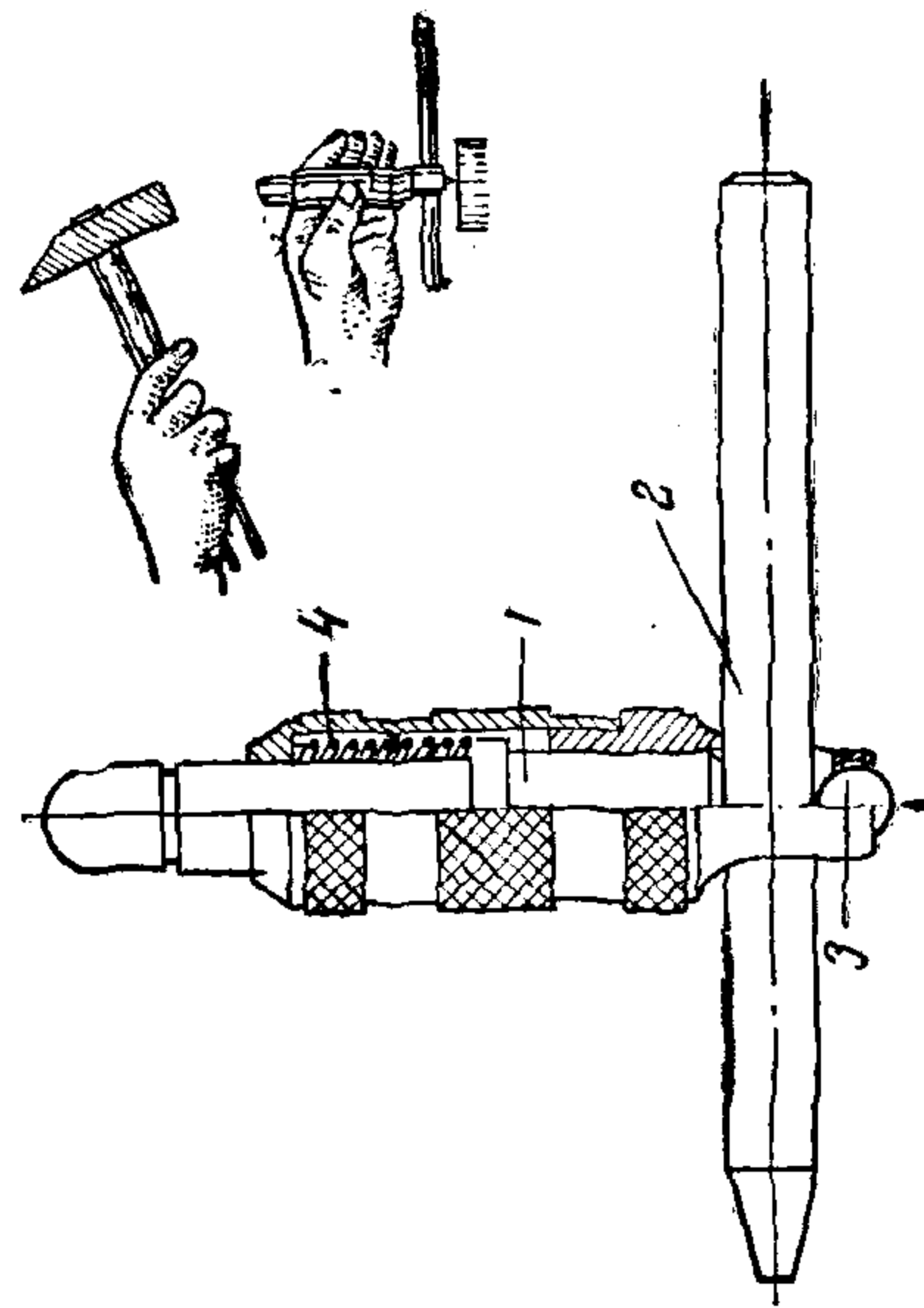


Рис. 14. Прибор для ориентировочного определения твердости

Определение твердости громоздких изделий, которые нельзя установить на стационарные приборы, производится с помощью специального переносного прибора. Этот прибор прост, но дает весьма приближенные величины. Испытание производится следующим образом. Берется стальной брусок 2 (рис. 14) известной твердости (эталон) и помещается над шариком 3. Пружина 4 прижимает бойком 1 брусок 2 к шарикку. Прибор устанавливают так, чтобы шарик приходился на поверхности испытуемого материала. После этого по бойку 1 ударяют сверху молотком. При ударе шарик дает отпечаток как на испытываемом металле, так и на стальном бруске 2. Сопоставляя диаметры полученных отпечатков, можно судить о твердости испытуемого металла.

Если он был мягче стального бруска 2, то отпечаток на нем будет больше, чем на стальном бруске (эталоне).

Испытание твердости алмазной пирамидой и алмазным конусом. Алмазная пирамида или конус используются для испытания твердых металлов и сплавов. Способ испытания алмазной пирамидой основан на вдавливании под нагрузкой в испытуемый металл алмазной четырехгранной пирамиды с углом при вершине 136°. К этому способу относятся испытания по Викерсу. В приборах подобного типа имеется диапазон нагрузок от 5 до 120 кг. Наиболее распространена нагрузка 50 кг. Размеры отпечатка вычисляются из величины его диагоналей, которые определяются с помощью специального микроскопа.

Определение твердости с помощью алмазного конуса производится по способу Роквелла так же, как и с помощью стального шарика. Только в этом случае применяется другая шкала и нагрузка.

Для определения твердости очень тонкого листового металла, тонких поверхностных слоев, структурных составляющих и т. п. пользуются особым методом — испытанием микротвердости, которое производится путем вдавливания алмазной пирамиды под небольшими нагрузками (от 1 г).

Испытуемую поверхность металла шлифуют и полируют подобно шлифам для металлографических исследований. Значение твердости определяется по величине отпечатка, который измеряется с помощью микроскопа. Для определения микротвердости применяется прибор системы М. М. Хрущева и Е. С. Беркевича.

§ 2. Технологические испытания

Для определения способности листового металла к изменению формы применяются технологические испытания; к ним относятся испытания на выдавливание, на изгиб, на глубину вытяжки и др.

Испытание на выдавливание

Механические испытания не дают достаточных данных о пригодности материала для глубокой вытяжки, так как условия деформации металла при этих испы-

таниях отличаются от условий деформации при вытяжке. На рис. 15 изображен прибор для испытания металла на пригодность к вытяжке способом выдавливания.

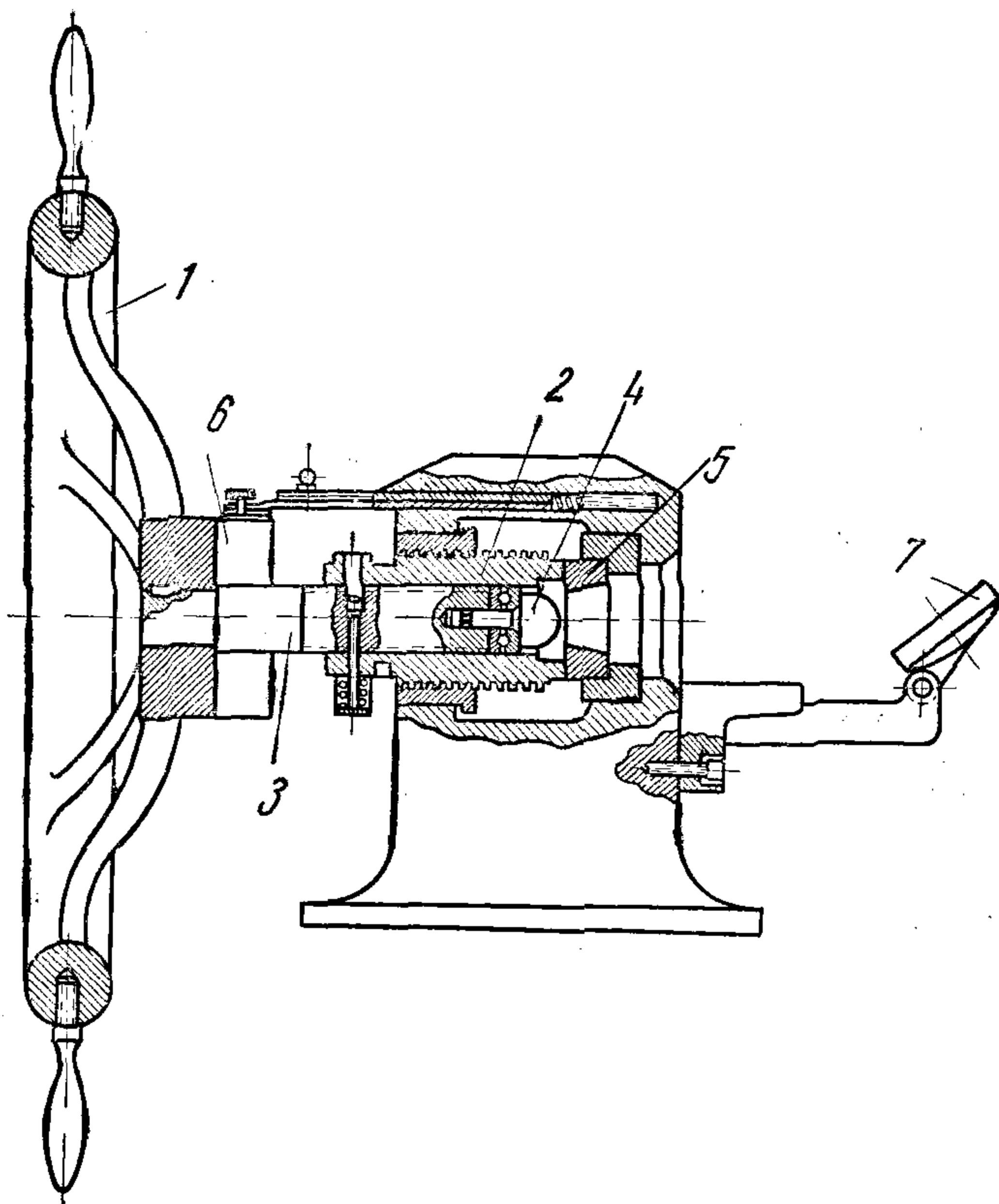


Рис. 15. Схема прибора для испытания листового металла на выдавливание:

1 — маховик; 2 — зажимной винт; 3 — рабочий винт; 4 — пуансон; 5 — матрица; 6 — кольцевая шкала для измерения глубины выдавливания; 7 — зеркало

Для испытания вырезают образцы круглой или квадратной формы. Образец зажимается в приборе. Вращением маховика выдвигается шарообразный стальной пуансон, который вдавливаются в испытуемый образец

и образует колпачок. Выдавливание ведется до появления трещины. Глубина выдавливания, соответствующая моменту появления трещины, служит характеристикой пластичности металла.

Глубина выдавливания фиксируется на таком приборе особым измерительным кольцом со шкалой. Чем больше глубина выдавливания, тем пластичнее металл, следовательно, тем лучше материал будет вытягиваться при штамповке.

В табл. 11 приведены глубины выдавливания на этом приборе для разных металлов и толщин.

Таблица 11

Глубины выдавливания для разных металлов и толщин

Толщина материала мм	Глубина выдавливания, мм (диаметр пуансона 30 мм)			
	медь	латунь	алюминий	железо
0,2	9,0—11,0	10,0—12,0	5,0—7,0	5,0—7,0
0,5	10,0—12,0	11,0—13,0	7,0—9,0	6,5—8,5
0,8	10,5—12,5	11,5—13,5	8,0—10,0	7,5—9,5
1,0	11,0—13,0	12,0—14,0	8,5—10,5	8,0—10,0
1,5	11,5—13,5	12,5—14,5	9,5—11,5	9,0—11,0
2,0	12,0—14,0	13,0—15,0	10,5—12,5	10,0—12,0

Глубина выдавливания также зависит от диаметра пуансона; чем меньше диаметр, тем меньше глубина выдавливания. В табл. 12 для примера приведены результаты испытания меди марки МЗ.

Таблица 12

Результаты испытания меди марки МЗ

Толщина материала мм	Глубина выдавливания, мм	
	диаметр пуансона 20 мм	диаметр пуансона 8 мм
0,1—0,15	7,5	3,4
0,18—0,25	8,0	3,8
0,3—0,5	9,0	4,0

К основным недостаткам этого прибора относятся:

а) невозможность регулирования силы прижима заготовки перед выдавливанием колпачка: чем с большей силой зажимается образец, тем меньше получается глубина выдавливания при одном и том же диаметре пуансона;

б) неравномерное движение пуансона, связанное с вращением маховика вручную; скорость выдавливания также отражается на результате (чем выше скорость, тем меньше глубина выдавливания).

Опытные данные показывают, что в зависимости от скорости движения пуансона разница между получаемыми значениями может составлять до 25%.

Необходимо указать, что испытание на выдавливание не воспроизводит полностью условий деформации, которые имеют место при вытяжке. Следовательно, и испытание на этом приборе не позволяет получать полных данных о пригодности того или иного металла для глубокой вытяжки. Ряд недостатков этого прибора, указанных выше, устранены на приборе ЦНИИТМАШ. Этот прибор также служит для испытания листового материала на выдавливание. В нем пуансон движется с постоянной скоростью от мотора и останавливается автоматически при падении нагрузки (появление шейки на колпачке). На приборе ЦНИИТМАШ фиксируется также и нагрузка при выдавливании.

Испытание на изгиб

Этот вид испытания позволяет судить о способности металла подвергаться изгибающим деформациям без образования трещин в месте перегиба.

На изгиб обычно испытывают металл, предназначенный для гибочных работ. Испытание на изгиб тонких полос (толщиной 0,30—1,0 мм) производится путем зажима образца в тисках, снабженных специальными губками.

Размеры образцов берутся по соответствующим техническим условиям. Проба состоит в последовательном загибе и разгибе образца на 90° в одну и другую сторону.

Испытание продолжается до излома образца. Число перегибов характеризует качество материала.

Толстые листы (толщиной 3 мм и более) испытываются однократным изгибом в одну или обе стороны.

Технологическая проба

Особым видом испытаний металла перед штамповкой является технологическая проба, которая выявляет пригодность материала для заданного технологического процесса. При этом устанавливается пригодность материала к тем конкретным деформациям, которым он должен подвергаться в процессе изготовления из него вполне определенного изделия.

Такое испытание дает наиболее правильную оценку пригодности металла к штамповочным операциям, но требует иногда значительных затрат на изготовление инструмента или приспособлений, которые используются только для одного вида изделий (например, технологическая проба на вырубку и свертку колпачка с целью выявления склонности металла к фестоности).

§ 3. Проверка структуры металлов

Механические испытания и внешний осмотр заготовки не дают полной характеристики металла, так как ими не контролируется структура материала, предназначенного для штамповки.

Качество готовых изделий, главным образом их внешний вид, зависит и от размера кристаллитов (зерен) металла. Учитывая это, необходимо контролировать структуру металла.

Крупнозернистая структура металла приводит при глубокой вытяжке к образованию шероховатой (рябой) поверхности, что является браком. Даже небольшая шероховатость снижает сортность готовых изделий. Металл с очень мелким зерном (диаметр зерна меньше 0,015 мм) имеет несколько пониженную пластичность и потому хуже поддается глубокой вытяжке, а также повышает износ штампов. Хорошее качество получается при использовании материала с диаметром зерен 0,04—0,05 мм.

Для микроскопической проверки структуры готовится специальный шлиф. Он представляет собой образец испытуемого металла, у которого одна сторона тщательно шлифуется и затем полируется до зеркального блеска.

Полированную поверхность шлифа травят специальным раствором для выявления структуры металла.

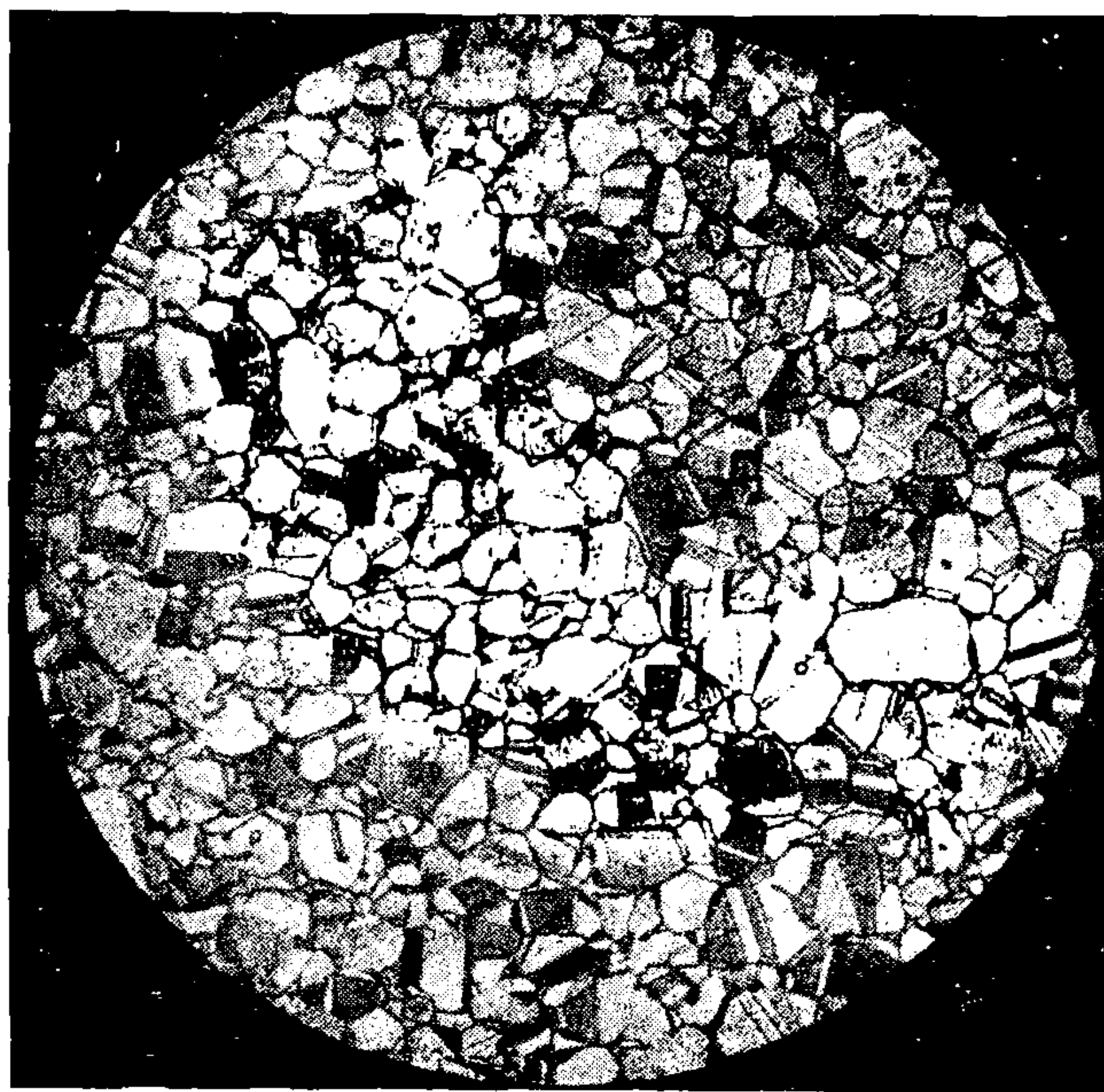


Рис. 16. Микроструктура латуни (1200 зерен в 1 мм^2)

Структура металла, которую можно рассмотреть невооруженным глазом, называется макроструктурой.

Структура, рассматриваемая только при помощи микроскопа (увеличение 50—1000 раз), называется микроструктурой. На рис. 16 и 17 приводятся микроструктура латуни Л62 с различной величиной зерна.

Микроструктура проверяется у всех металлов, предназначенных для изготовления ответственных изделий.

Ориентировочное представление о микроструктуре металла можно получить во время испытания на выдавливание.



Рис. 17. Микроструктура латуни (170 зерен в 1 мм^2)

При испытании на выдавливание металла с крупнозернистой структурой поверхность колпачка становится шероховатой. На рис. 18 показан колпачок, который был получен при испытании латуни, имеющей на 1 мм^2 поверхности 170 зерен. Колпачок мелкозернистой латуни, имеющей 1200 зерен в 1 мм^2 , имеет гладкую поверхность (рис. 19).

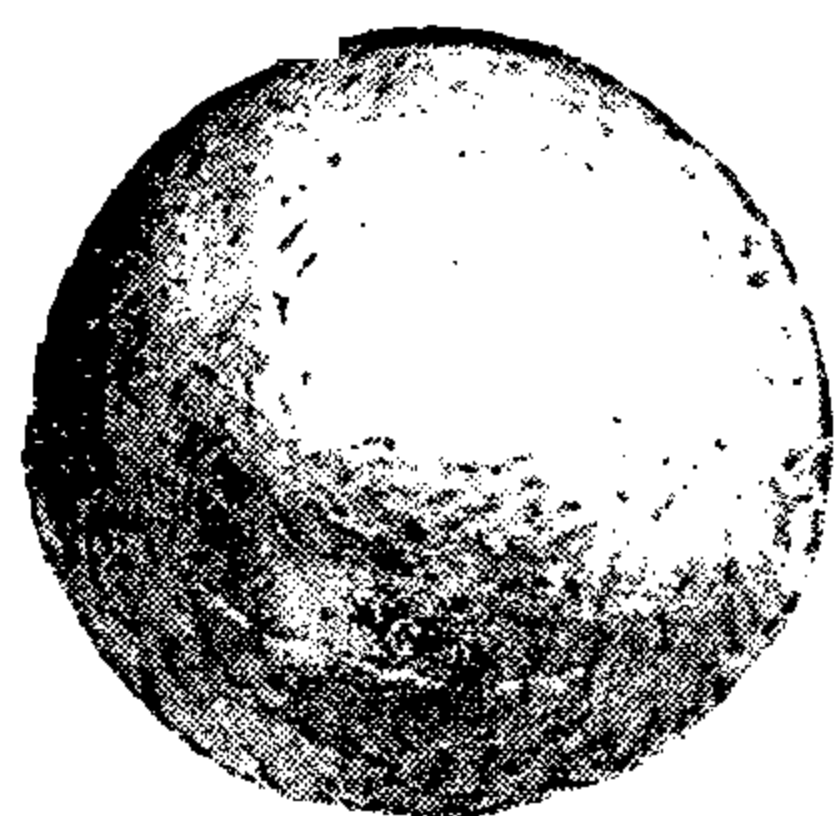


Рис. 18. Шероховатая поверхность колпачка

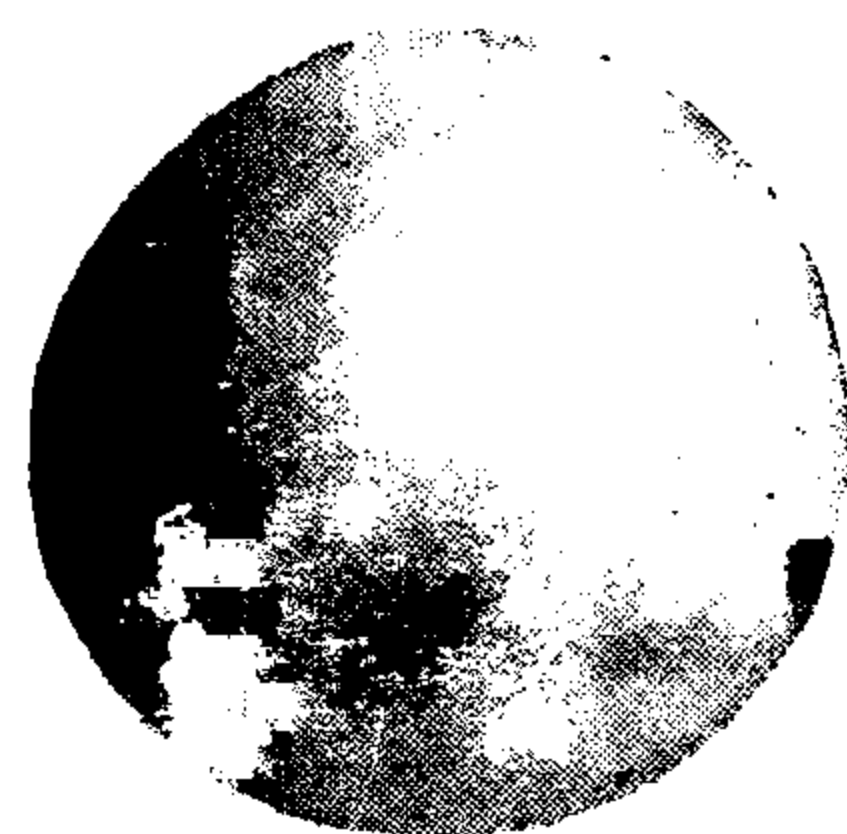


Рис. 19. Гладкая поверхность колпачка

§ 4. Внешний вид и основные размеры материала

Металлы, предназначенные для штамповки, обычно поступают в цех в виде лент, полос или листов. От внешнего вида заготовки во многом зависит качество готовых штампованных изделий, поэтому внешнему осмотру подвергается вся заготовка, с тем чтобы не пустить в работу некондиционный материал, из которого нельзя получить хороших изделий или который может испортить штамп.

Нельзя пускать в работу заготовку с окисленной или загрязненной поверхностью; так как при использовании такого материала увеличивается износ штампов.

К недопустимым дефектам также относятся раковины, плены, шлаковые включения и т. п. Эти дефекты портят внешний вид готовых изделий и понижают их антикоррозионную стойкость.

Большое значение имеют также размеры заготовки. Если, например, толщина заготовки будет больше допустимой, то такой материал нельзя пустить на вытяжку, так как это может испортить штамп или даже вызвать аварию прессы.

Лента, имеющая ширину больше допустимой, не может быть пущена на штамп с направляющими линейками; кроме того, вырубка из ленты шире предусмотренной увеличивает количество отходов.

Качество заготовки следует тщательно проверять в

соответствии с требованиями, обусловленными техническими условиями или ГОСТ.

Заготовки из цветных металлов для штамповочных цехов поставляются в соответствии с нижеприведенными ГОСТ или техническими условиями: листы медные (ГОСТ 495—50), ленты медные (ГОСТ 1173—49); листы и полосы латунные (ГОСТ 931—41), ленты латунные (ГОСТ 2208—49); листы алюминиевые (ГОСТ ЦМ 403—40); листы дуралюминовые (ГОСТ 4977—49), ленты никелевые (ГОСТ 2170—49), ленты мельхиоровые (ГОСТ 5187—49).

Для ознакомления с требованиями, обусловленными в ГОСТ, приводим для примера выдержки из ГОСТ 931—41 на латунные листы и полосы.

ГОСТ 931—41 распространяется на листы латунные горячекатаные и холоднокатаные, а также на полосы холоднокатаные, применяемые в различных отраслях промышленности.

По состоянию материала латунные листы и полосы подразделяются на:

- а) мягкие горячекатаные,
- б) мягкие холоднокатаные,
- в) полутвердые холоднокатаные,
- г) твердые холоднокатаные.

Размеры и допускаемые отклонения по ним приведены в табл. 13.

Таблица 13

Листы холоднокатаные размером 710×1410, мм

Толщина листов мм	0,5	0,8	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0	7,0
Допустимое отклонение по толщине мм	-0,09	-0,1	-0,12	-0,16	-0,18	-0,21	-0,30	-0,37

Допустимые отклонения для холоднокатаных листов должны быть по ширине не более +10 мм, по длине не более +15 мм. В табл. 14 приведены отклонения по толщине для полос.

Таблица 14

Полосы холоднокатаные

Толщина мм	Допустимые отклонения по толщине мм	Допустимые отклонения по ширине, мм		
		при ширине полосы, мм		
		40—100	100—175	175—300
0,4	-0,07	-1,0	-1,0	-2,0
0,6	-0,08	-1,0	-1,0	-2,0
0,8	-0,09	-1,0	-1,0	-2,0
1,0	-0,11	-1,0	-1,0	-2,0
1,5	-0,14	-1,0	-1,5	-2,0
2,0	-0,15	-2,0	-2,0	-3,0
3,0	-0,16	-2,0	-2,0	-3,5
5,0	-0,25	—	-3,5	-3,5
7,0	-0,25	—	-7,0	-7,0

Полосы изготавливаются длиной от 500 до 2000 мм и подразделяются на немерные, мерные и кратные.

Листы и полосы изготавливаются из латуни марок по ГОСТ 1019—47.

По внешнему виду листы и полосы должны быть чистыми, гладкими, без плен, пузырей, расслоений, трещин, шлаковых включений, грубых царапин, забоин, заката, окалины и других посторонних тел.

Примечание. На холоднокатаных листах и полосах незначительные вмятины, царапины, рябоватость, мелкие пленки, уколы, отпечатки от валков, следы подшабровки и раковины допускаются, если они не выводят листа или полосы за пределы допускаемых отклонений по толщине.

Листы и полосы должны быть обрезаны ровно по кромкам и не иметь заусенцев.

Листы и полосы должны быть выправлены, причем стрела прогиба не должна быть более 10 мм и 1 пог. м по ширине и 20 мм по длине.

Листы и полосы латунные (марки Л62) толщиной до 1,5 мм при пробе по Эриксену с диаметром пуансона 20 мм должны удовлетворять нормам (табл. 15).

Таблица 15

Листы и полосы латунные марки Л62

Материал (характеристика)	Глубина продавливания, не менее, мм		
	при толщине листов, мм		
	0,4—0,5	0,6—1,0	1,2—1,5
Мягкий	9,5	10	10,5
Полутвердый	7,0—9,0	7,5—9,5	8,0—10,0
Твердый	5,0—7,0	5,5—7,5	Не испытывается

При испытании на разрыв листы и полосы латунные (марки Л62) должны удовлетворять нормам (табл. 16).

Таблица 16

Листы и полосы латунные марки Л62

Состояние материала	Предел прочности при разрыве, не менее кг/мм ²	Относительное удлинение, не менее %
Мягкий горячекатаный	30	30
Мягкий холоднокатаный	30	40
Полутвердый холоднокатаный	35	20
Твердый холоднокатаный	42	10

При неудовлетворительных результатах испытания на разрыв или пробы по Эриксену соответствующему испытанию подвергают двойное количество образцов.

В случае неудовлетворительных результатов повторного испытания в отношении хотя бы одного образца партия бракуется.

ГЛАВА V

ХАРАКТЕРИСТИКА ШТАМПОВОЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ

§ 1. Классификация основных разделов штамповки

Штамповка является одним из видов обработки металлов давлением.

Отличительной особенностью штамповки от других способов обработки давлением является применение штампов в качестве инструментов.

Изделия, полученные штамповкой, обычно имеют форму и размеры, соответствующие форме и размерам рабочих частей штампа.

Материалом для штамповочных работ служит заготовка в виде листов, полос и лент. Иногда применяется заготовка в виде труб, проволоки, прутков и других профилей.

По характеру действия внешних сил и роду работы штамповка подразделяется на разъединительные, формоизменяющие и комбинированные операции.

К разъединительным операциям (резке) относятся: вырубка, отрезка, пробивка отверстий, разрезка, надрезка, обрезка, зачистка и просечка.

К формоизменяющим операциям относятся: гибка, вытяжка, формовка, прессовка и др.

Резка — отделение одной части металла от другой с помощью штампов или ножей.

Гибка — придание заготовке изогнутой формы по заданному контуру.

Вытяжка — получение из плоской заготовки пустотелого, открытого изделия за одну или несколько операций.

Формовка (или фасонирование) — изменение формы изделий или заготовки посредством местных деформаций, например рельефная штамповка, обжим, правка, отбортовка и др.

Чеканка и объемная штамповка (прессовка) — изменение профиля, конфигурации, толщины заготовки с образованием или без образования рельефа на его поверхности, а также получение тонкостенного изделия выдавливанием.

Комбинированная штамповка представляет собой такой вид штамповки, когда в одном штампе объединяются две или несколько простых операций, например вырубка и вытяжка, вырубка и гибка, пробивка и отрезка и т. п.

ГЛАВА VI

ШТАМПОВОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

§ 1. Основные типы прессов

Для холодной штамповки применяются различные прессы.

По способу приведения в действие прессы разделяются на ручные и ножные, приводные, механические и гидравлические.

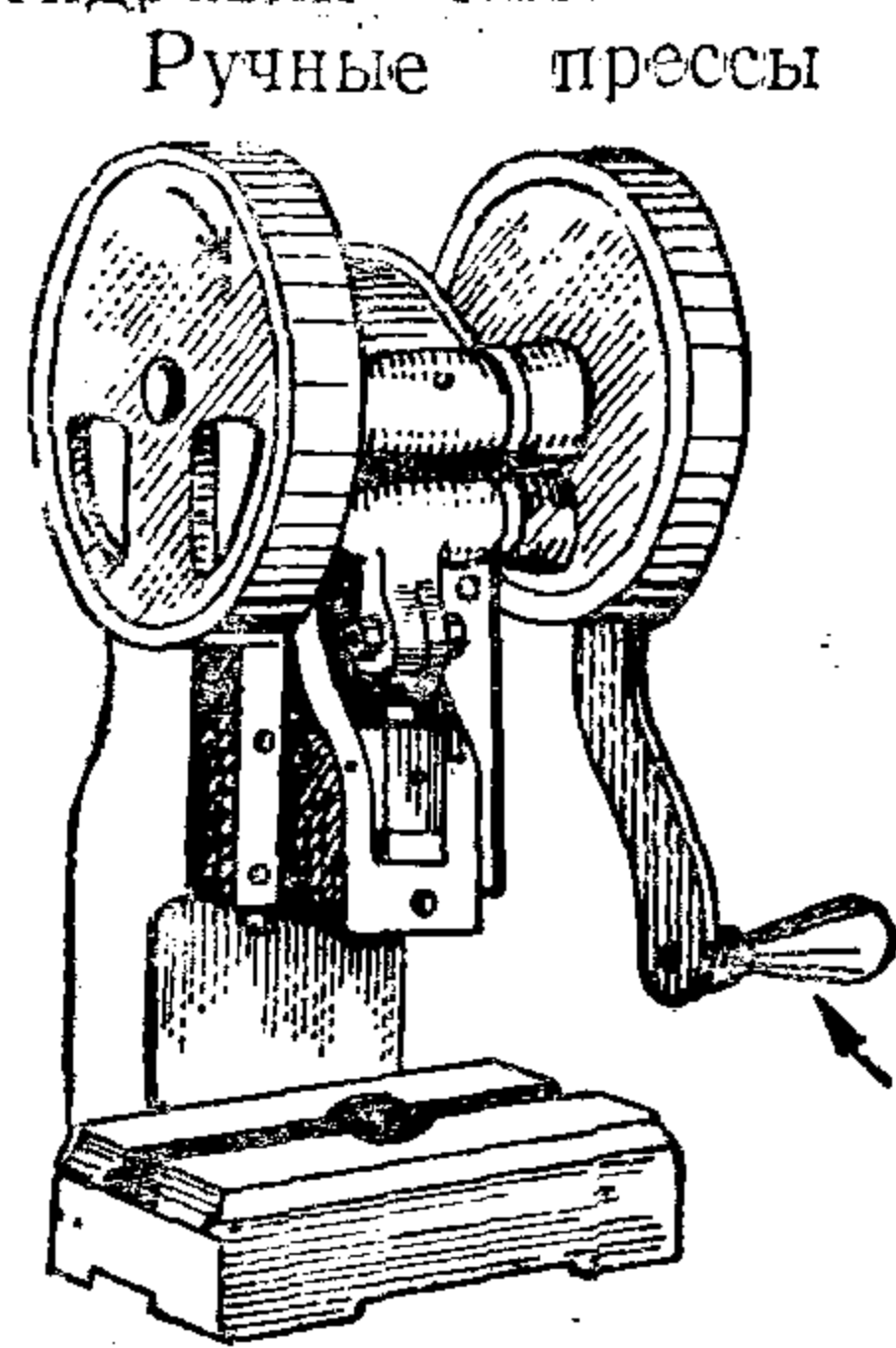


Рис. 20. Настольный шарнирный пресс

Ручные прессы бывают винтовые, шарнирные (рис. 20) и рычажные; они обычно устанавливаются на столах. На ручных прессах производятся главным образом гибочные и другие простые сборочные работы.

Приводные механические прессы имеют наибольшее распространение в штамповочном производстве. Они приводятся в действие электрическими моторами. Привод прессов бывает:

а) индивидуальный, т. е. электромотор обслуживает только один пресс;

б) групповой привод, т. е. один мотор через передаточную

трансмиссию обслуживает несколько прессов.

Индивидуальный привод в большинстве случаев применяется для мощных прессов.

Групповой привод применяется для прессов малой мощности и в современных цехах встречается редко. К недостаткам группового привода относятся:

- а) неудобство работы с трансмиссией;
- б) вынужденные простои всех прессов или целой группы при поломке трансмиссии или ремонте части передачи;

в) затемнение цеха и т. п.

Гидравлические прессы приводятся в действие жидкостью, подаваемой под давлением. Рабочей жидкостью гидравлических прессов в большинстве случаев служит масло.

Гидравлические прессы применяются для тяжелых работ (вытяжных и гибочных). В современном штамповочном производстве гидравлические прессы получают все большее применение, особенно для глубокой вытяжки тяжелых изделий.

По способу воздействия механизма на штампуемый материал приводные прессы разделяются на прессы простого, двойного и тройного действия.

Прессы простого действия (одноходовые прессы) имеют один ползун и применяются для самых разнообразных штамповочных работ: вырубки, гибки, чеканки, рихтовки, фасонирования и неглубокой вытяжки.

Прессы двойного действия предназначены для выполнения операций глубокой вытяжки и снабжены двумя независимо движущимися ползунами.

Прессы тройного действия применяются для штамповки деталей особо глубокой вытяжки и сложной формы. Они снабжены либо тремя ползунами, либо двумя ползунами и подвижным столом.

К штамповочным прессам предъявляются следующие требования:

- а) жесткость конструкции;
- б) безопасность работы;
- в) удобство обслуживания;
- г) быстрая и удобная установка штампа;
- д) соответствие между требуемым давлением для штамповки и мощностью пресса;
- е) быстрый переход от одиночных к непрерывным ходам ползуна;
- ж) наличие вспомогательных приспособлений у прессы и т. п.

§ 2. Штамповочные машины простого действия

Падающие молоты

К прессам простого действия условно относят падающие молоты (рис. 21). Штамповка осуществляется ударом падающей части молота, в которой закреплен пуансон, о стол, на котором установлена матрица. Листовая заготовка кладется на матрицу.

Падающие молоты применяются в авиационной промышленности для производства различных изделий с помощью упрощенных свинцово-цинковых штампов. Штамповка на падающих молотах заменила процессы ручной обработки деталей с помощью выколотки.

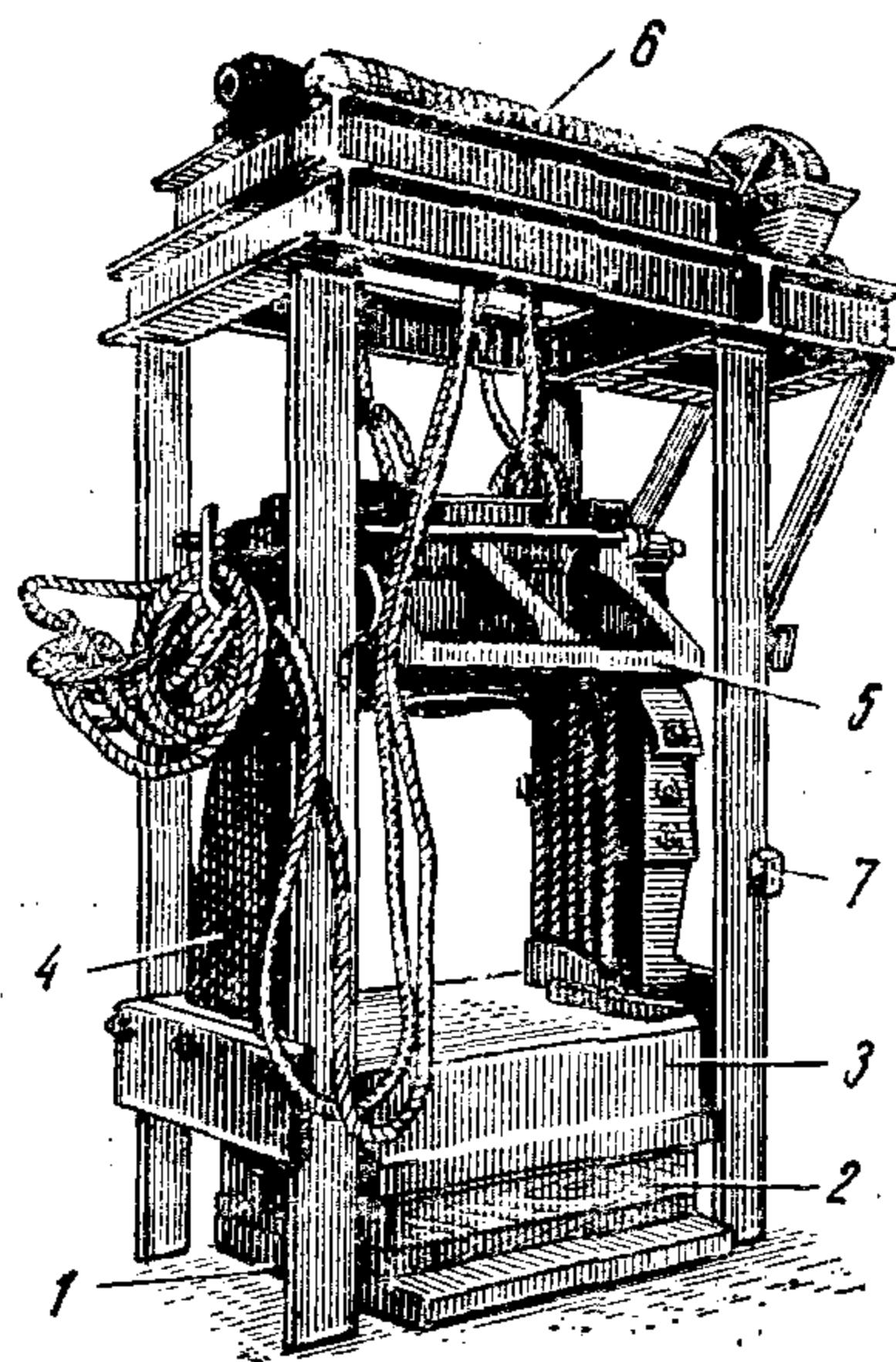


Рис. 21. Падающий молот с канатным подъемником:

1 — фундамент; 2 — деревянная подушка; 3 — стол; 4 — направляющие; 5 — подвижная (падающая) часть молота; 6 — барабан; 7 — пусковые кнопки

сов является то, что их работа производится на протяжении более длинного пути. Винтовые прессы имеют широкое применение для работ, требующих малых скоростей хода ползуна.

Винтовые прессы

В винтовых прессах (рис. 22) ползун перемещается вверх и вниз с помощью винтового шпинделя; его движение медленнее, чем у падающего молота. Сила удара ползуна винтового пресса в конце хода меньше, чем у падающего молота. Преимуществом винтовых прес-

Эксцентрикковые прессы

Эксцентрикковые прессы (рис. 23) имеют широкое распространение в штамповочном производстве; они просты и удобны в работе. Эксцентрикковые прессы отли-

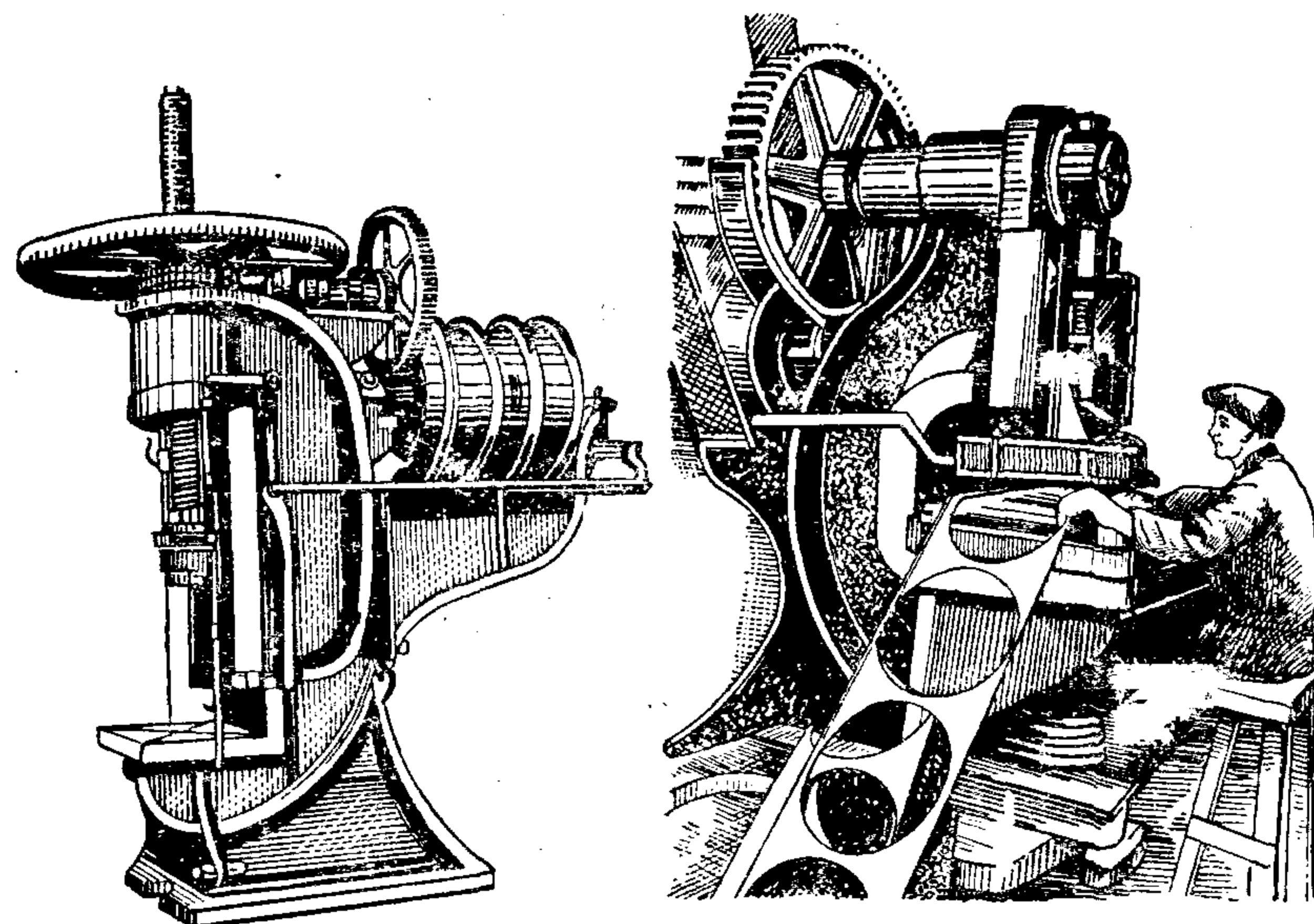


Рис. 22. Винтовой пресс

Рис. 23. Эксцентрикковый пресс

чаются особым устройством вала и соединением его с шатуном.

На конце вала имеется диск — эксцентрик, снабженный особым отростком — пальцем, центр которого смещен относительно оси вала (рис. 24).

Расстояние между центрами пальца и вала называется эксцентриситетом. Во время вращения вала вокруг своей оси палец будет описывать окружность, радиус которой равен эксцентриситету.

Назначение эксцентрика — превратить с помощью шатуна вращательное движение вала в поступательное движение ползуна. За один оборот вала ползун поднимается и затем опускается. Длина хода обычных экс-

центриковых прессов небольшая, и они чаще всего применяются для вырубных работ и мелких протяжек.

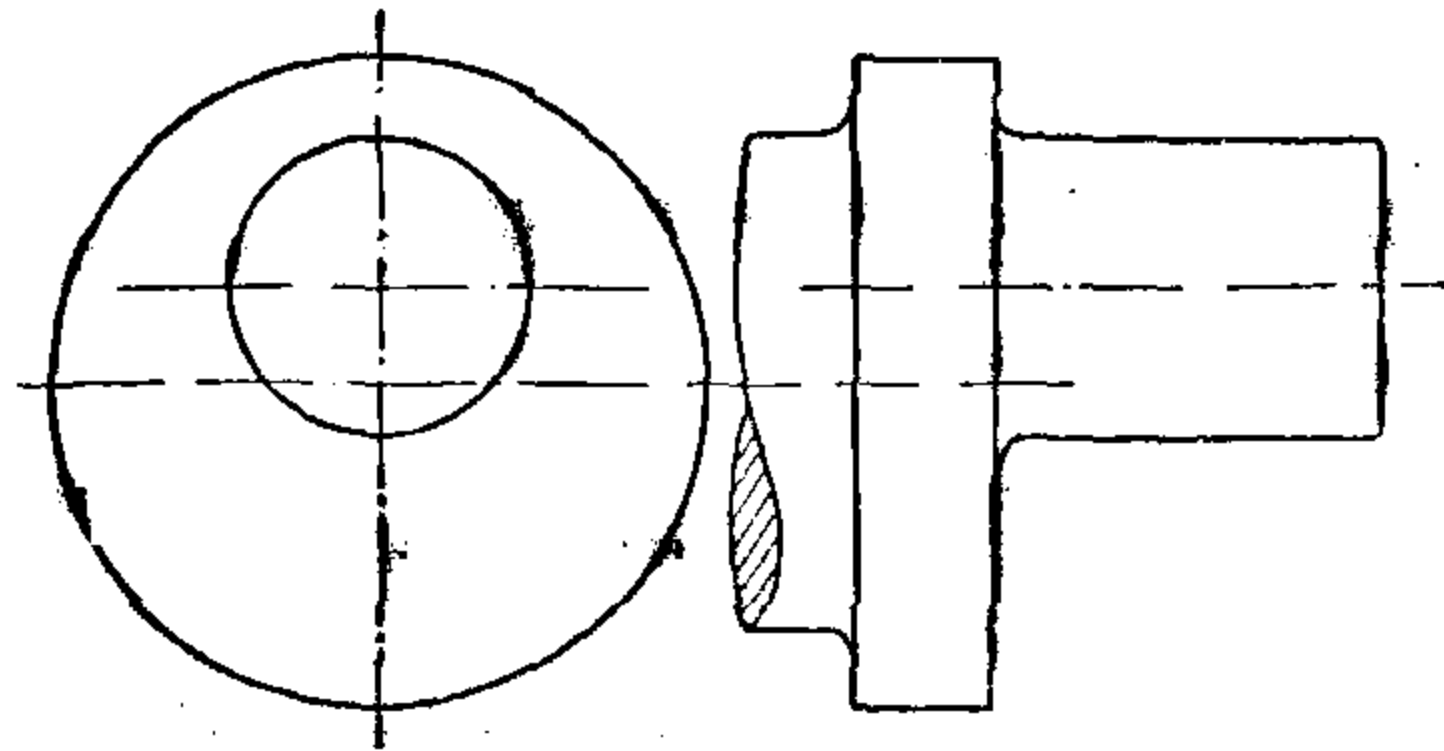


Рис. 24. Вал пресса с эксцентриком

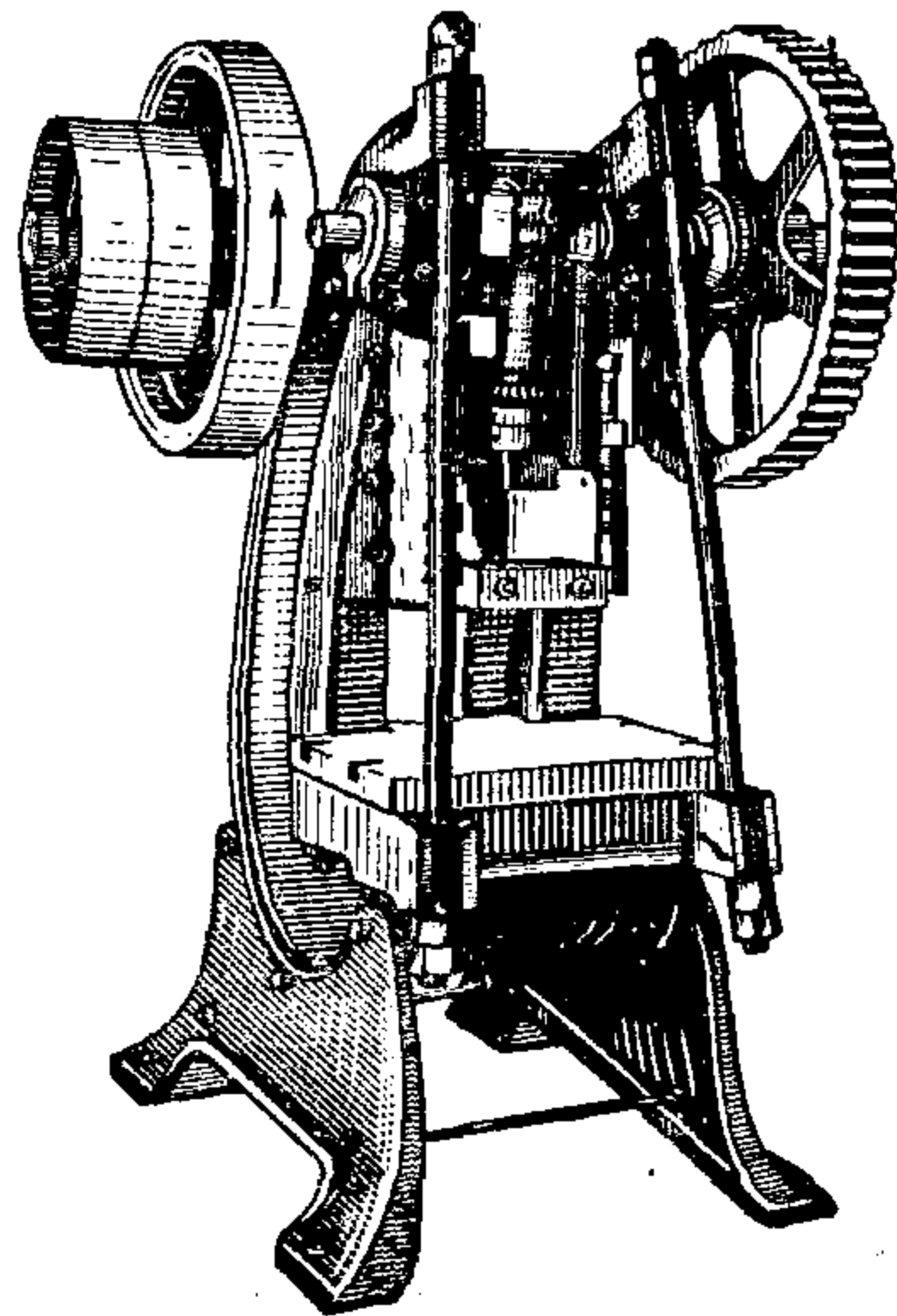
Эксцентровые прессы бывают мощностью от нескольких до тысячи и более тонн. Эксцентровые прессы различаются по типу станины на одностоечные и двухстоечные.

Одностоечные прессы делаются со свешивающейся станиной.

Двухстоечные прессы бывают со свешивающейся станиной (С-образные) и арочные. В С-образных прессах для предохранения станины от возможной деформации применяют специальные скрепляющие тяги (рис. 25). Прессы со свешивающейся станиной бывают с подвижным и неподвижным столом, а также наклоняемой станиной.

Рис. 25. Тяги, скрепляющие эксцентровый пресс

В наклоняемых эксцентровых прессах (рис. 26) облегчается сбрасывание со штампа изделий после обработки. Этим повышается производительность прессы и исключаются несчастные случаи при съеме изделий со штампа.



Число ходов ползуна в минуту на эксцентровых прессах при ручной подаче составляет 50—100, а при механической до 700 ходов в минуту (для мелких прессов). Производительность эксцентровых прессов по сравнению с другими прессами значительно выше.

Кривошипные прессы

Кривошипный пресс (рис. 27) имеет по сравнению

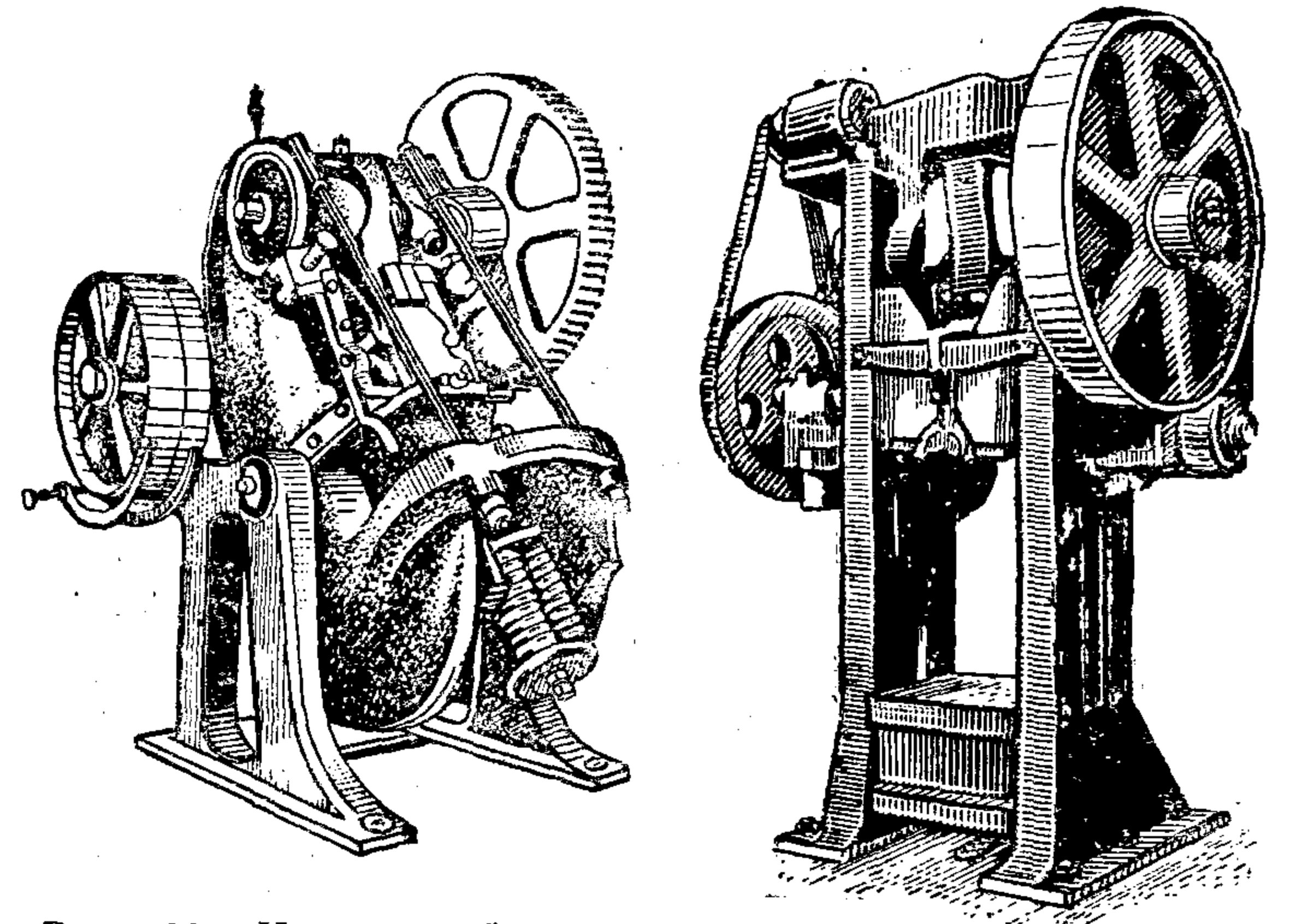


Рис. 26. Наклоняемый эксцентровый пресс

Рис. 27. Кривошипный пресс

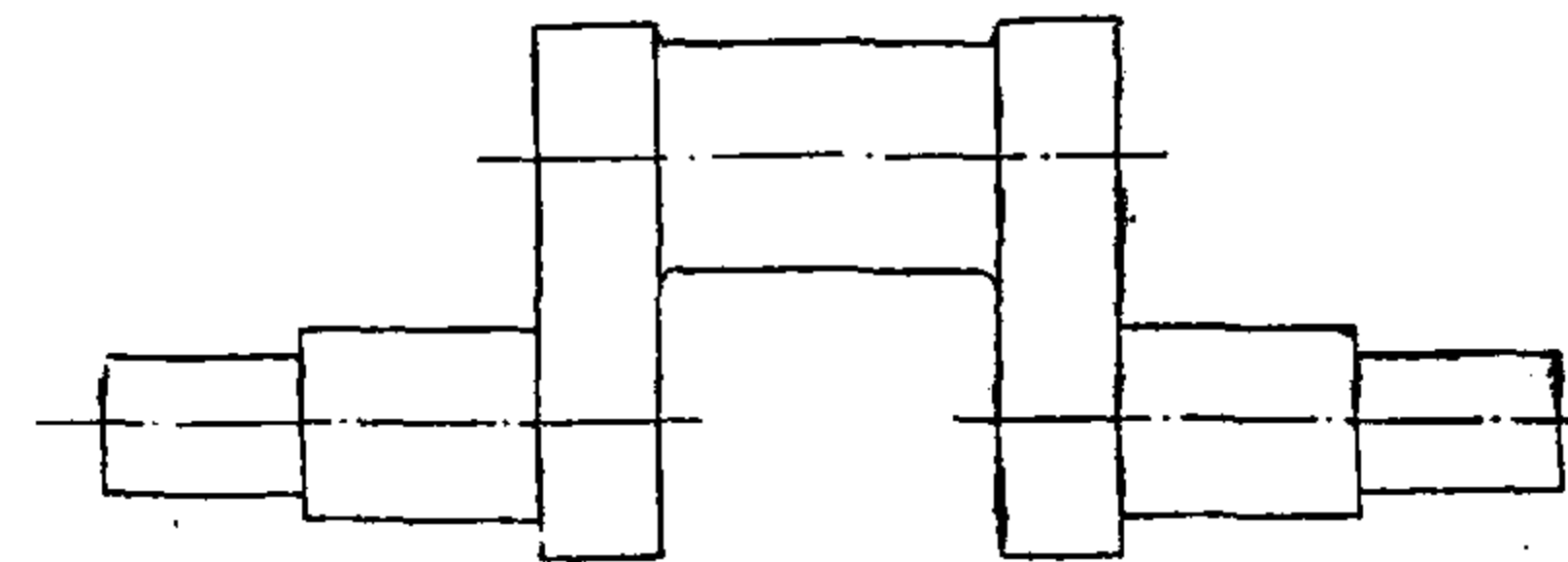


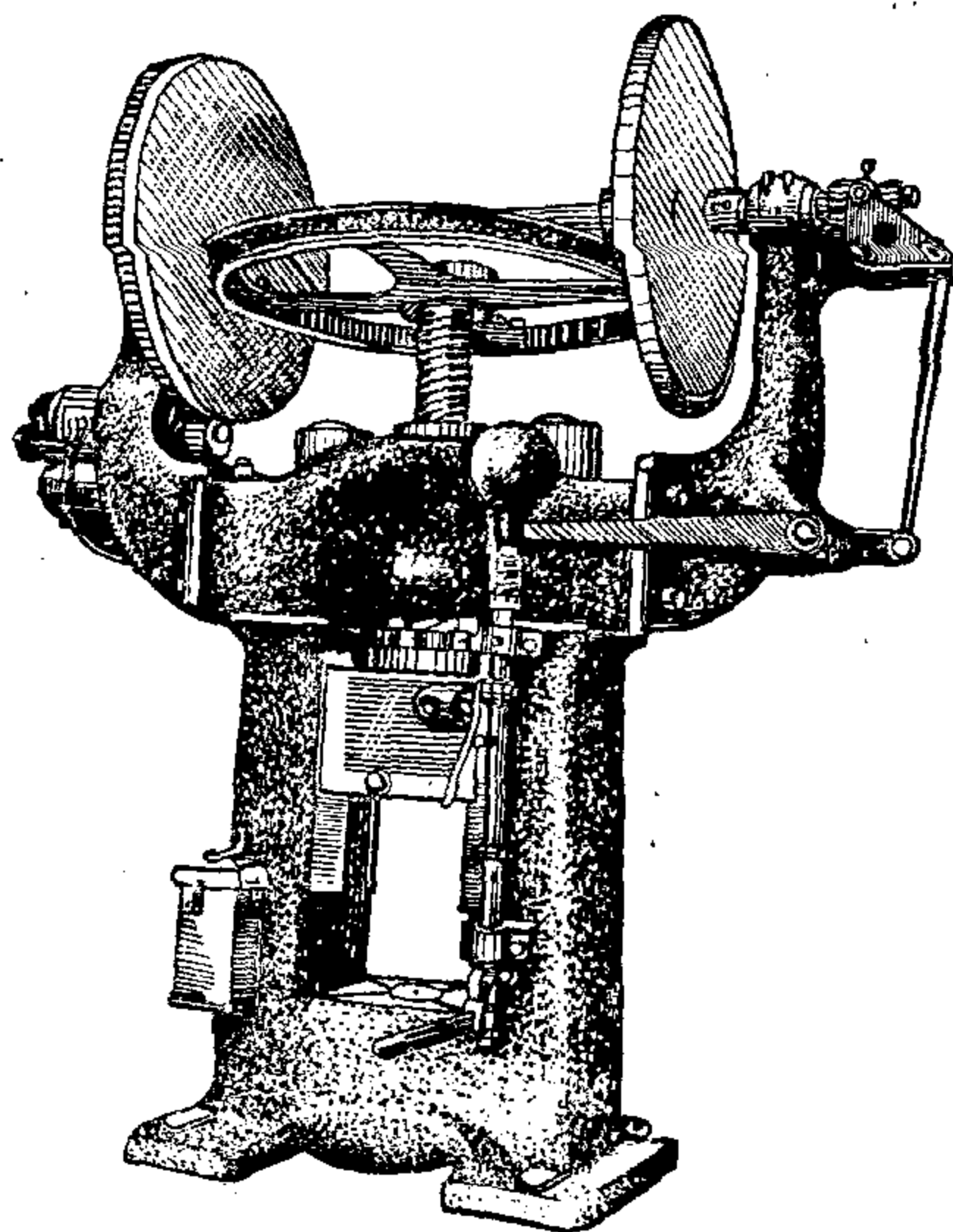
Рис. 28. Коленчатый вал прессы

с эксцентровым более длинный ход ползуна за счет применения коленчатого вала (рис. 28).

Кривошипные прессы, как и эксцентриковые, бывают также горизонтальной конструкции. Преимущество горизонтальной конструкции заключается в том, что она облегчает наблюдение за ходом всего рабочего процесса, ускоряет подачу и съем изделий со штампа. В большинстве случаев эксцентриковые и кривошипные прессы применяются для вырезных операций — вырубки, дыропробивания и т. п. Иногда эксцентриковые и кривошипные прессы применяются для неглубокой вытяжки и гибочных работ.

Фрикционно-винтовые прессы

Фрикционно-винтовые прессы (рис. 29) объединяют принцип действия винтовых прессов и свободно падающих молотов.



На верхней части станины фрикционного прессы укреплен горизонтальный вал, на котором посажены вращающиеся вместе с ним фрикционные диски.

Горизонтальный вал (рабочий) может передвигаться в подшипниках вдоль своей оси на несколько миллиметров в ту и другую сторону. Перемещение рабочего вала вместе с фрикционными дисками вдоль его оси производится специальной ручкой включения или автоматически.

Рис. 29. Фрикционно-винтовой пресс

Фрикционные диски, соприкасаясь с маховиком, заставляют его поочередно вращаться в ту или другую сторону. Маховик насажен на винтовой шпindel, который при вращении вместе с маховиком по часовой стрелке будет опускаться вниз и, таким образом, произ-

водить требуемую работу. По мере опускания маховика, соприкасающегося с фрикционным диском, возрастает скорость движения ползуна, так как окружная скорость будет возрастать по мере приближения к ободу диска. Благодаря такому принципу действия фрикционных прессов в момент штамповки развивается большая сила.

Подъем ползуна вверх осуществляется перемещением горизонтального вала (с фрикционным диском) влево, с тем чтобы правый диск касался маховика и тем самым заставил его вращаться в обратную сторону. Для увеличения трения между фрикционными дисками и ободом маховика он обтягивается кожаным ремнем. Фрикционные прессы отличаются простотой устройства и дешевизной. К недостаткам фрикционных прессов относятся:

- а) быстрый износ кожаного ремня обода при скольжении маховика по поверхности фрикционных дисков;
- б) необходимость приложения большой физической силы для управления прессом;
- в) малая производительность по сравнению с эксцентриковыми прессами.

Фрикционные прессы имеют широкое применение для чеканных работ и фасонирования.

§ 3. Прессы двойного действия

Вытяжка полых изделий высотой более 50 мм, как правило, производится на двухходовых прессах. Указанные прессы имеют прижимное кольцо и большой ход вытяжного ползуна.

Чтобы обеспечить удобное вкладывание заготовки в матрицу и удаление готовых изделий после вытяжки длина хода вытяжного ползуна должна быть примерно в 2,5 раза больше высоты самой глубокой вытяжки, производящейся на данном прессе.

Коленчато-рычажные прессы (рис. 30)

Указанный тип прессов характеризуется наличием неподвижного стола и подвижного прижимного кольца. Ползун прижимного кольца управляется от главного вала через два вспомогательных вала, которые приводятся

в движение от главного посредством направляющих серег и коленчатых рычагов.

Скорость опускания пуансона у коленчато-рычажных прессов колеблется от 150 до 250 мм в секунду. Используются они в большинстве случаев для глубокой вытяжки изделий. Увеличение длины хода ползуна увеличивает глубину вытяжки, сокращение длины хода уменьшает глубину вытяжки.

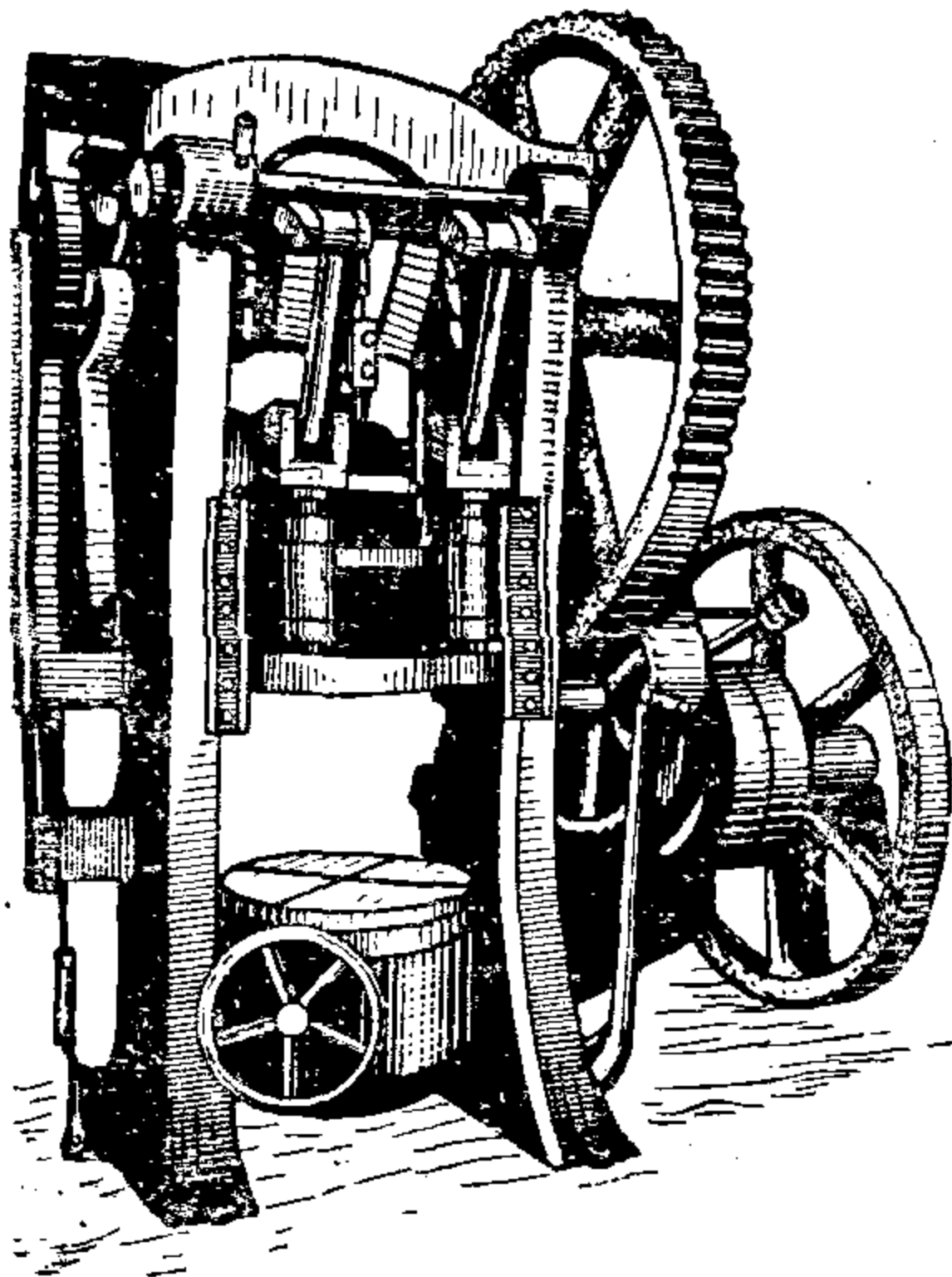


Рис. 30. Коленчато-рычажный пресс

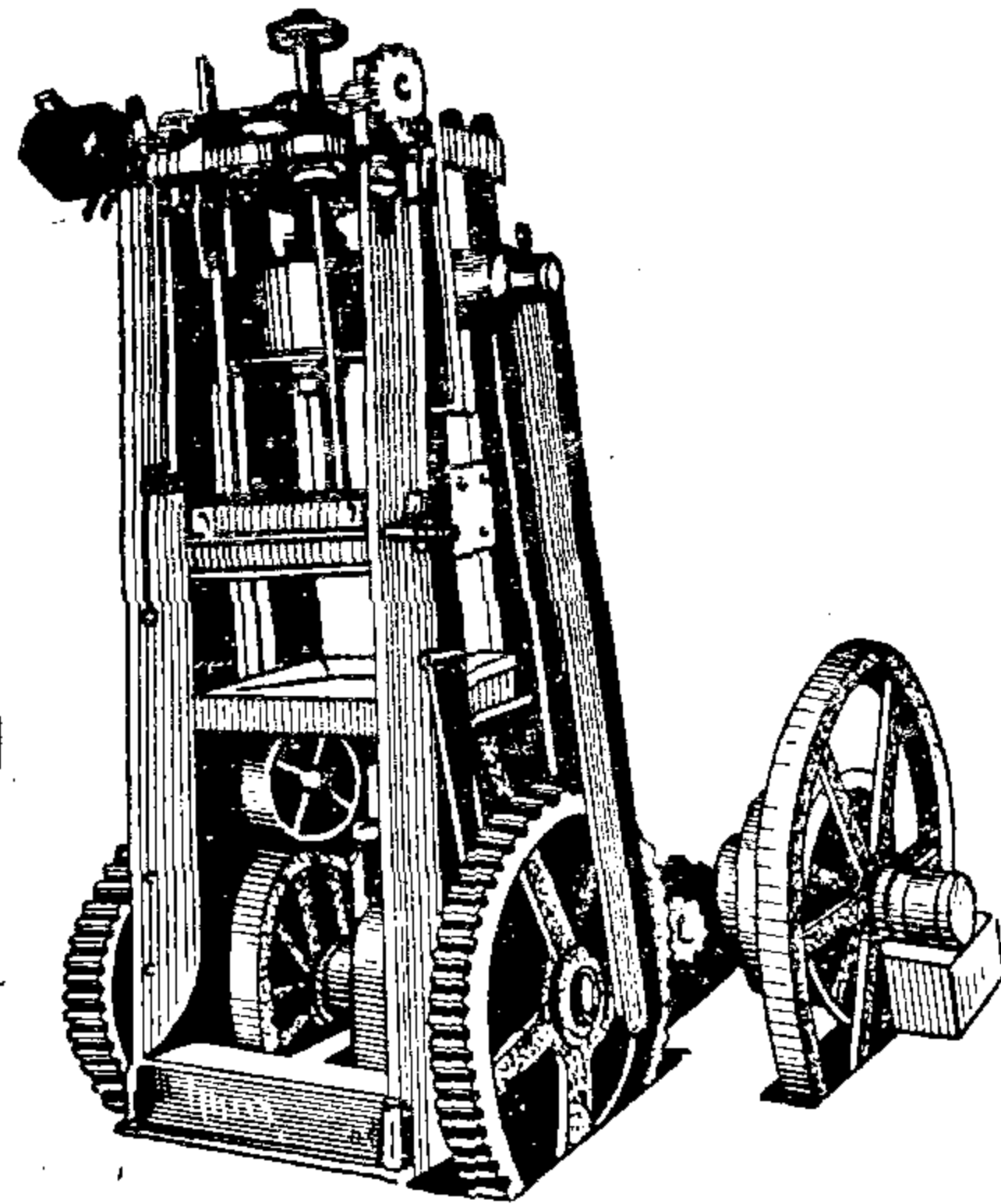


Рис. 31. Кулачковый вытяжной пресс

Кулачковые вытяжные прессы (рис. 31)

Другой тип прессов, применяющихся для глубокой вытяжки, — кулачковые прессы. В отличие от коленчато-рычажных кулачковые прессы имеют неподвижное прижимное кольцо и подвижной стол. Подъем и опускание стола кулачкового пресса производятся двумя насаженными на главный вал кулачковыми дисками.

Эти прессы имеют перед коленчато-рычажными то преимущество, что время покоя и время движения могут

быть выбраны почти произвольно, кроме того, опережение и запаздывание могут быть возможно малыми.

Одним из недостатков кулачковых прессов является то, что для установки кулачковых дисков необходимо увеличивать расстояние между подшипниками, что значительно снижает прочность коленчатого вала и требует его значительного усиления.

Другим недостатком кулачкового пресса является неудобство работы с автоматической подачей заготовки, так как уровень стола во время работы пресса меняется.

Кулачковые прессы имеют большую длину хода ползуна, что даст возможность использовать их для вытяжки высоких цилиндрических изделий.

§ 4. Главные части прессов

Прессы, применяющиеся для штамповки, имеют большое количество деталей, главными из которых являются следующие: станина, маховик, шестерни, рабочий вал, подшипники, шатун, ползун, направляющие, муфта сцепления, тормозное устройство, стол пресса, механизм управления.

Станина

Станина пресса (рис. 32, 1) является опорой для всех движущихся частей пресса и связывает весь механизм пресса в одно целое. Во время работы пресса станина воспринимает полностью все усилия, которые развиваются во время деформации металла.

К станине пресса предъявляются следующие требования:

- 1) достаточная прочность;
- 2) жесткость (постоянство установочных размеров станины при работе пресса);

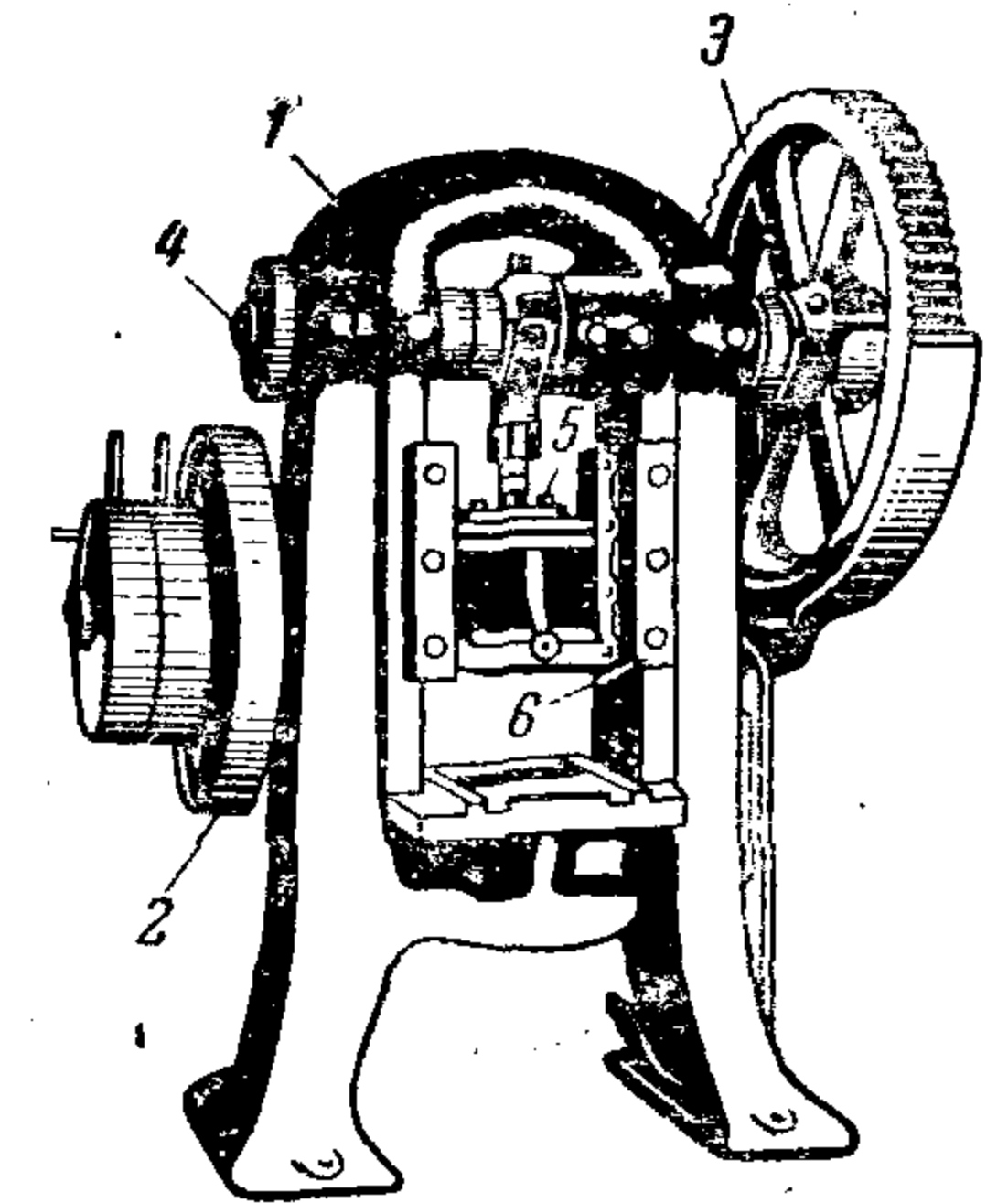


Рис. 32. Эксцентриковый пресс двухслойной станиной

3) массивность, необходимая для поглощения толчков при работе механизма пресса и предотвращения вибрации.

Станины больших прессов часто изготавливаются из чугуна, а малых прессов — из стали.

Станины бывают цельными и составными, одностоечными и двухстоечными. Одностоечные станины представляют собой массивную отливку. Учитывая возможность деформации С-образной станины при работе, не рекомендуется делать прессы с большим вылетом, так как на таких прессах штампы быстро выходят из строя (особенно вырубные, так как в них зазор между матрицей и пуансоном весьма мал). Перегруженные прессы с С-образной станиной нередко ломаются в месте изгиба станины.

Двухстоечные арочные станины работают в более благоприятных условиях, чем С-образные.

Арочные станины воспринимают нагрузку равномерно на обе боковые части и поэтому менее опасны при перегрузке. Они чаще всего делаются составными из двух или даже из четырех частей. Боковые части для укрепления стягиваются стальными высокопрочными стержнями, не мешающими при работе пресса.

Маховик

Для обеспечения равномерной работы пресса применяется маховик (рис. 32, 2), который укрепляется на первом валу передачи.

Нагрузка пресса во время работы распределяется неравномерно: она бывает наибольшей во время действия пуансона на материал, а в остальное время незначительна. Маховик, благодаря своей массивности, облегчает работу пресса в момент наибольшей нагрузки за счет накопившейся в нем энергии. При наличии маховика на прессах можно устанавливать электромоторы меньшей мощности, чем это требуется в момент максимальной нагрузки. Кроме того, маховик поглощает все толчки пресса, делая ход его более равномерным.

Маховики бывают сплошные или со спицами; изготавливаются они из чугуна.

Привод

Современные штамповочные прессы имеют индивидуальные электромоторы. Большинство прессов имеет ременную и лишь отдельные прессы — зубчатую передачу. Зубчатая передача неудобна тем, что при небольшой скорости движения ползуна приходится устанавливать две или даже три пары промежуточных шестерен, что усложняет механическую часть пресса и вызывает большие непроизводительные потери энергии. Включение мотора производится через реостат, с тем чтобы не перегрузить электромотор в момент пуска пресса.

Шестерни

Шестерни (рис. 32, 3) служат для передачи вращения от электромотора. Шестерни являются весьма ответственными частями пресса. За зубьями шестерен необходимо тщательно следить, так как при их истирании нарушается работа пресса.

Шестерни делаются из стали (литой или ковanej), в отдельных случаях — из бронзы.

Для уменьшения шума при работе в последнее время стали применять текстолитовые шестерни, но прочность их небольшая и поэтому для тяжелых прессов они неприменимы.

Подшипники

Подшипники являются опорой вала; они состоят из двух частей — нижней и верхней. Для длинных валов требуется три подшипника, так как при двух вал может сломаться. Подшипники делаются из фосфористой бронзы или из стали с баббитовыми вкладышами. Последние дают минимальное трение, и при пользовании ими дольше сохраняются шейки дорогостоящего вала. Подшипники надо смазывать, иначе они нагреваются и выходят из строя.

В современных штамповочных прессах применяются роликовые подшипники, в которых трение минимально. Эти подшипники требуют меньшего ухода.

Рабочий вал

На вал пресса (рис. 32, 4) приходится большая нагрузка, чем на другие части; он подвергается изгибающим и скручивающим усилиям, поэтому изготавливается из высококачественной хорошо прокованной стали.

Шатун

Шатун служит для передачи движения коленчатого вала к ползуну пресса. Его устройство должно допускать изменение высоты хода ползуна над столом пресса. Шатун для небольших прессов состоит из двух основных частей: чугунной верхней головки с крышкой и стального винта с шаровой головкой.

Верхняя часть шатуна, сидящая на валу, совершает вращательное движение, а нижняя часть — возвратно-поступательное движение.

В верхней головке помещен бронзовый подшипник, пригнанный к эксцентрику или к шейке коленчатого вала. Крышка прикрепляется к шатуну шпильками. В эксцентриковых прессах одностоечного типа в большинстве случаев верхняя головка шатуна делается неразъемной. Винт является ответственной деталью шатуна и обычно изготавливается из кованой углеродистой стали.

Регулировка шатуна производится вращением шестигранника винта гаечным ключом. Иногда винт имеет кольцо с отверстиями, в которые вставляется рычаг, для поворота винта в ту или другую сторону. Перед тем как повернуть винт, необходимо ослабить стопорные болты или гайки.

По окончании регулировки стопорные болты или гайки необходимо закрепить, без чего нельзя начинать работу.

Винт, находясь под ударной нагрузкой и не закрепленный в шатуне, может выпасть, что повлечет за собой изменение рабочей длины против требуемой. Это может

повести к поломке штампа или вызвать аварию пресса. Обычно перегрузка пресса против допустимой в первую очередь отражается на шатуне. Наиболее частой причиной ремонта пресса является изгиб винта. В новых прессах под затворную чашку вкладывается предохранительная шайба, которая, в случае перегрузки пресса, ломается и тем самым предохраняет от порчи шатун и пресс.

Предохранительная шайба стоит дешево и быстро заменяется запасной.

У крупных прессов имеются также предохранительные штифты, соединяющие два смежных звена привода и работающие на срез.

Ползун (рис. 32, 5)

Ползун пресса служит для передачи рабочего давления от вала и шатуна на штамп.

Верхняя часть штампа крепится к нижней части ползуна.

Для этой цели в ползунах небольших прессов делается отверстие для хвостовика штампа. Ползун должен иметь большую прочность и в то же время быть по возможности легким. Чем легче ползун, тем меньше энергии потребуется для его подъема и тем меньшая сила нужна для останова ползуна. Ползун для небольших прессов делается по типу тисков. Отъемная половина ползуна представляет собой накладку, притягиваемую болтами к неподвижной половине. В больших прессах верхняя часть штампа крепится к ползуну при помощи резьбы, сделанной непосредственно в нижней части ползуна, или через переходную стальную цапфу, а также при помощи Т-образных пазов.

Для обеспечения точного направления ползун движется в специальных направляющих.

У некоторых прессов бывает по два и даже по три ползуна. В зависимости от конструкции пресса движение ползуна бывает вертикальное, горизонтальное или наклонное.

Наклонное движение ползуна облегчает скатывание штампуемых изделий со стола пресса.

Направляющие

Прямолинейное и плавное движение ползуна пресса обеспечивается стальными направляющими планками (рис. 32, б), по которым перемещаются призмы ползуна. Направляющие прикреплены к стану болтами, причем одна направляющая прикрепляется неподвижно, а вторая может передвигаться при помощи винтов для создания необходимого зазора между направляющими планками и направляющими призмами ползуна.

У прессов двойного действия вид направляющих зависит от того, какой подвижной частью пресса осуществляется зажим заготовки. Так, например, у коленчатого рычажного пресса направляющие служат только для направления движения прижимного кольца, внутренний рабочий ползун может и не иметь направляющих, так как он центрируется отверстием, расположенным в прижимном кольце.

В кулисных вытяжных прессах по направляющим скользит стол, который, поднимаясь, прижимает заготовку. При работе пресса необходимо следить за нормальным зазором между направляющими, так как чрезмерно малый зазор создает большое трение, что требует затраты лишней энергии пресса и быстро испортит направляющие, от качества которых зависит нормальная работа пресса. При зазоре больше 0,50 мм штамп не будет иметь точного направления.

Муфта сцепления

Весьма важной частью всякого пресса является муфта сцепления, служащая для пуска и остановки пресса. В настоящее время широкое распространение для мелких прессов получили муфты с вращающейся шпонкой. Муфта должна передавать вращательное движение от мотора к приводному валу. Муфта должна легко и быстро включать и выключать рабочие части пресса. Часто муфты устраиваются с автоматическими приспособлениями, благодаря которым остановка пресса производится после одного оборота с момента, когда ползун достигает своего наивысшего положения. Включение и выключение

муфты бывает ручное или ножное (педалью), где система рычагов служит приводом к муфте.

Муфты сцепления бывают также кулачковые, шпоночные, пальцевые и фрикционные. Кулачковые, шпоночные и пальцевые муфты относятся к разряду муфт жесткого сцепления, фрикционные муфты относятся к разряду нежесткого сцепления. Во фрикционных муфтах включение осуществляется за счет трения, возникающего между сжатыми дисками муфты. При фрикционных муфтах ползун пресса можно остановить в любой момент, поэтому фрикционная муфта устанавливается на больших тихоходных прессах, например вытяжных.

Тормозное устройство

При выключении пресса муфта сцепления разъединяет приводной вал и электромотор, но вращающиеся части пресса вследствие массивности по инерции могут еще продолжать движение, что недопустимо, особенно, когда необходимо внезапно остановить пресс.

Тормозное устройство производит остановку пресса с фрикционной муфтой сцепления в любом положении, а с кулачковыми и т. п. муфтами — в верхнем положении ползуна. Торможение осуществляется в основном двумя способами: тормозными колодками и лентами.

Необходимо при работе пресса следить, чтобы на тормозящую поверхность не попадало масло, так как в этом случае тормоз будет проворачиваться (буксовать), а следовательно, работать ненормально.

Стол пресса

Для крепления нижней части штампа пресс имеет стол, в котором находятся специальные пазы или отверстия. Столы бывают подвижные (например, у кулачковых прессов) и неподвижные.

Подвижной стол чаще перемещается в вертикальном направлении, но имеются и такие прессы, у которых столы перемещаются в горизонтальном направлении. У таких прессов заготовку закладывают в матрицу, которая

находится на салазках, выведенных из-под пуансона, а затем салазки с матрицей подают под пуансон. Пресс с подвижным столом, имеющим горизонтальное направление движения, более безопасен в работе, но производительность его ниже прессов со столами,двигающимися вертикально.

§ 5. Система смазки прессы

Для уменьшения трения между трущимися частями прессы, например между валом и подшипниками, между направляющими и т. д., необходима смазка. Подшипники снабжены канавками, в которые из специальных масленок непрерывно поступает смазка. За подшипниками и масленками должен быть весьма тщательный уход, так как от их нормальной эксплуатации зависит вся работа прессы. Осмотр и смазка прессов должны производиться при остановке прессы.

Штамповщик перед началом работы обязан тщательно проверить, нормально ли работает смазочное устройство, наполнены ли масленки смазкой, и во время работы периодически проверять работу масленок. В случае нагрева подшипников штамповщик должен немедленно остановить пресс и сообщить мастеру о ненормальной работе механизма. Несвоевременная и нерегулярная смазка трущихся частей часто является причиной порчи прессов. В прессах новейших типов смазка всех трущихся частей производится при помощи специального автоматического устройства, обеспечивающего посредством насоса непрерывную подачу масла на все трущиеся части прессы во время его работы.

§ 6. Усовершенствованные прессы и их преимущества

В усовершенствованных прессах устранены основные недостатки старых прессов:

- 1) ручная подача и съем изделий с прессов;
- 2) низкая производительность прессов;
- 3) ручное и ножное включение;
- 4) ненормальная работа прижимного устройства.

Прессы новых систем обычно имеют пневматический прижим заготовки, что значительно улучшает качество

изделий при штамповке. В старых прессах сила прижима заготовки бывает либо постоянной, либо увеличивающейся к концу вытяжки, что приводит к значительному браку. В пневматических устройствах прижим заготовки

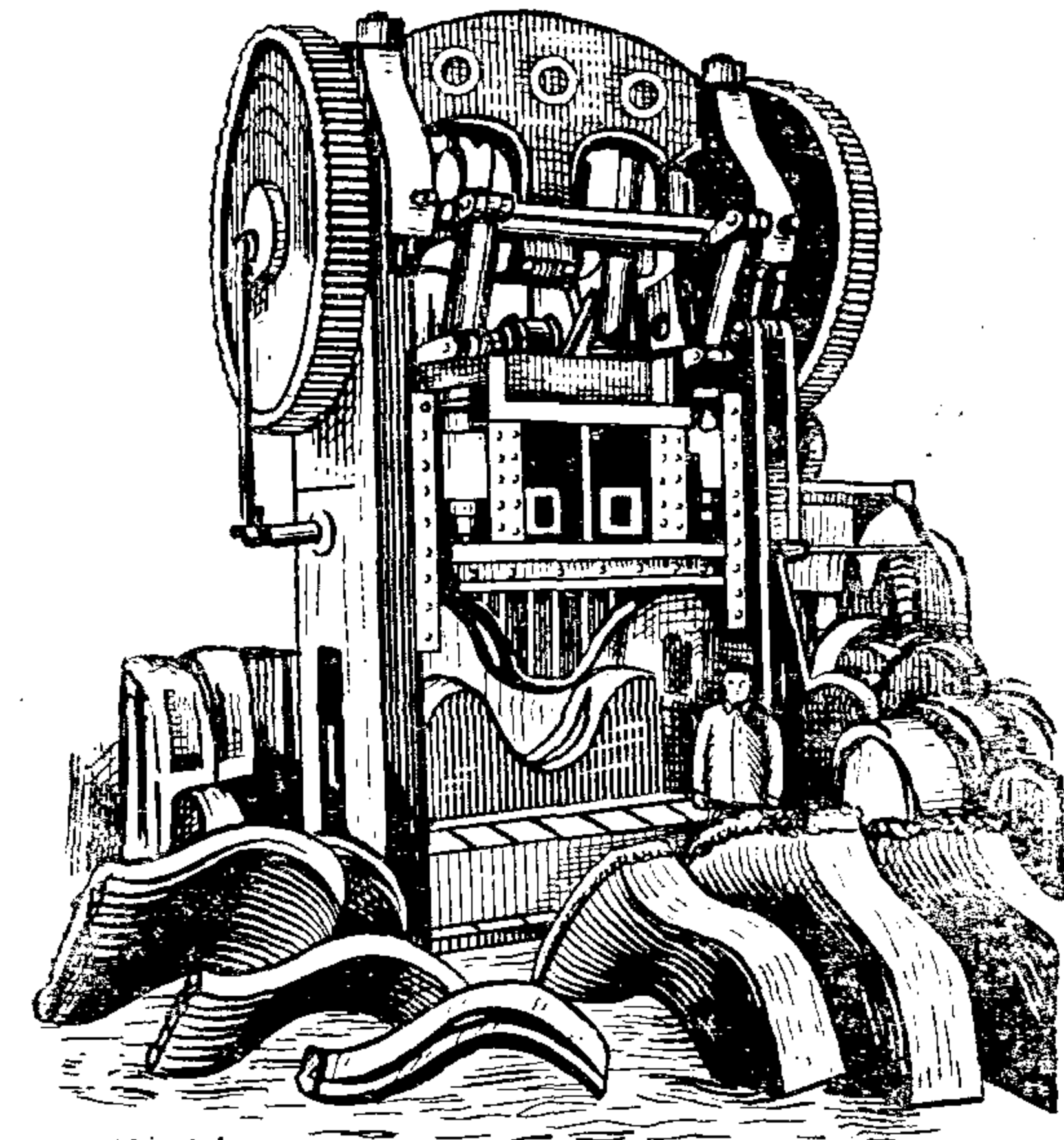


Рис. 33. Коленчато-рычажной пресс с пневматической подушкой для выталкивания изделий

автоматически регулируется. На рис. 33 показан коленчато-рычажный пресс с пневматическим прижимом; этот тип прессы широко применяется при изготовлении крупных изделий, например крыльев автомашины и т. п.

Новые прессы снабжены автоматическим приспособлением для подачи заготовки на пресс и удаления изделий из штампа (рис. 34). Это облегчает работу штамповщика, делает ее безопасной и значительно повышает производительность прессы.

В последнее время широкое распространение получили прессы для работы одновременно несколькими, пос-

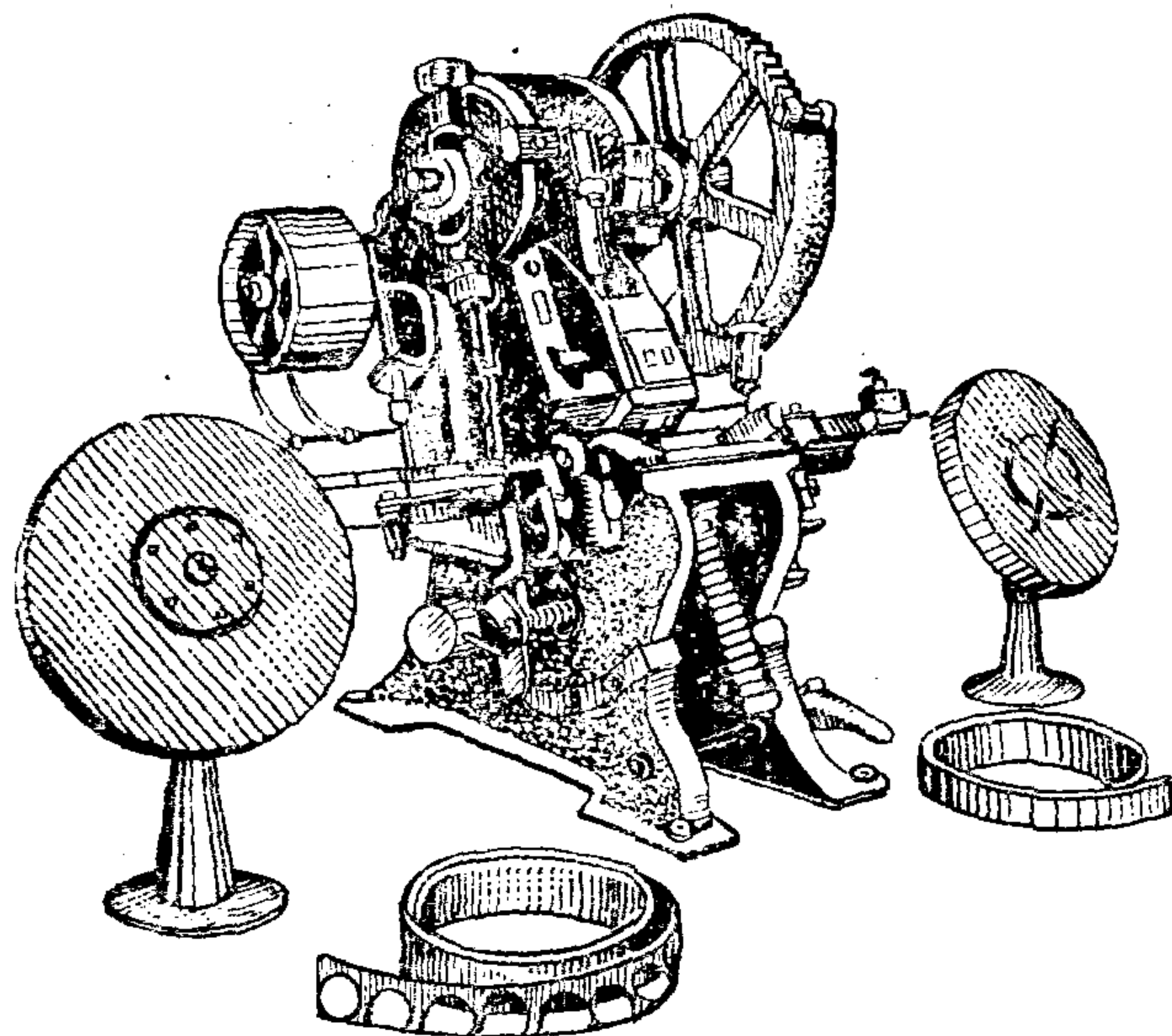


Рис. 34. Пресс с автоматической подачей материала

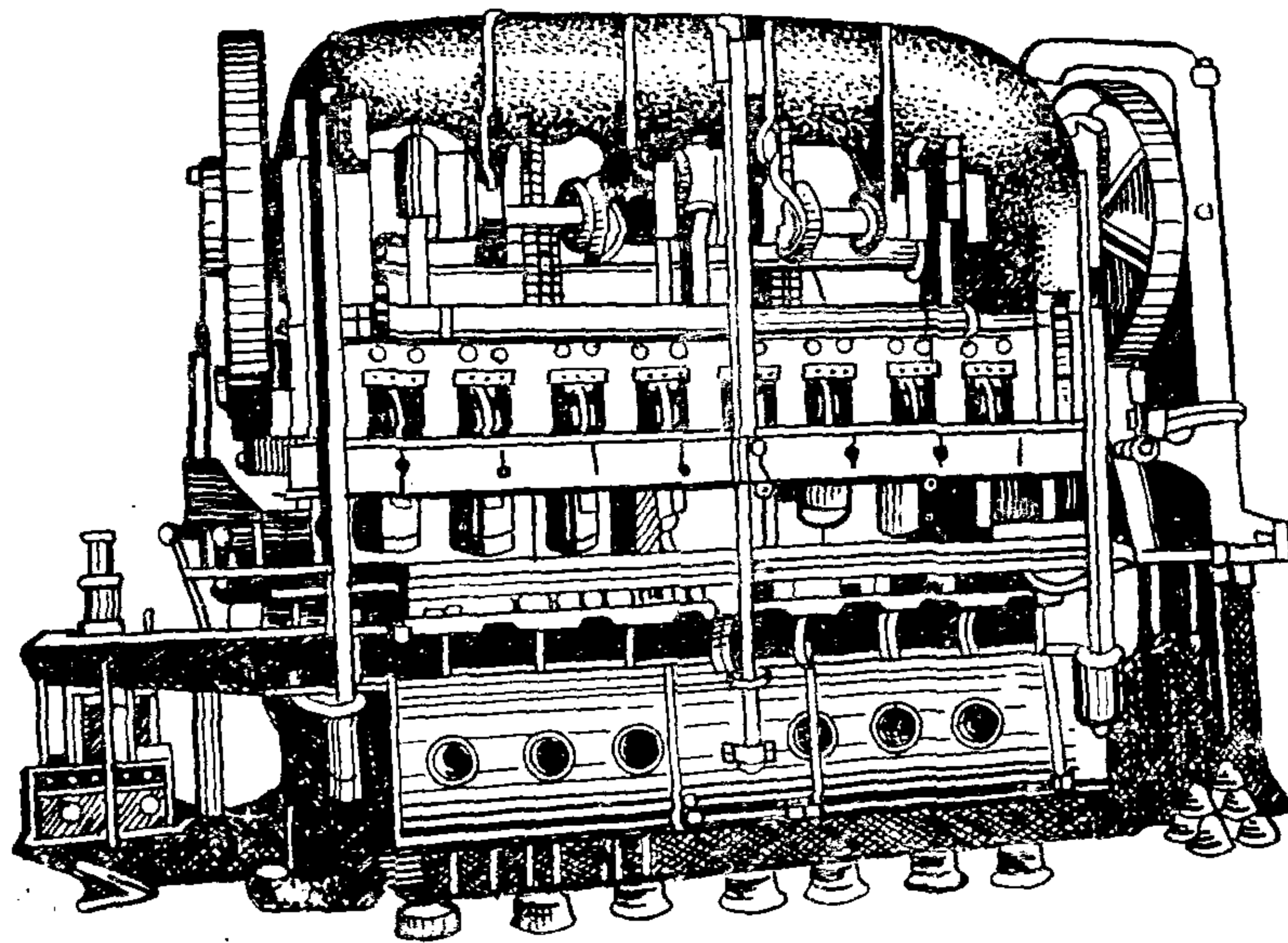


Рис. 35. Многопуансонный пресс

ледовательно действующими пуансонами (рис. 35). При автоматической подаче заготовки на пресс и передаче ее от одного пуансона к другому пресс (многошпindelный) выполняет от 6 до 12 сложных операций, заменяя несколько простых прессов. Один рабочий легко обслуживает пресс, производительность которого в несколько раз выше производительности обычных прессов.

Для штамповки небольших изделий в настоящее время применяются прессы с револьверной подачей заготовки (рис. 36). Эти прессы имеют вращающийся диск, на который помещают несколько обрабатываемых заготовок. Заготовки по очереди поступают под пуансон. На этих прессах также устанавливают последовательно друг за другом несколько пуансонов, работающих одновременно.

На усовершенствованных штамповочных прессах включение и остановка производятся с помощью кнопочного устройства вместо рычажного и педального на старых прессах. Механизация и автоматизация подачи заготовки на прессе позволили повысить число ходов пресса в несколько раз: на крупных прессах до 250, а на мелких даже до 700 ходов в минуту.

В штамповочном производстве все больше применяют гидравлические прессы, особенно для тяжелых работ и глубокой вытяжки. Гидравлические прессы имеют постоянную скорость на протяжении всего рабочего хода и производят работу плавно и бесшумно. Гидравлические

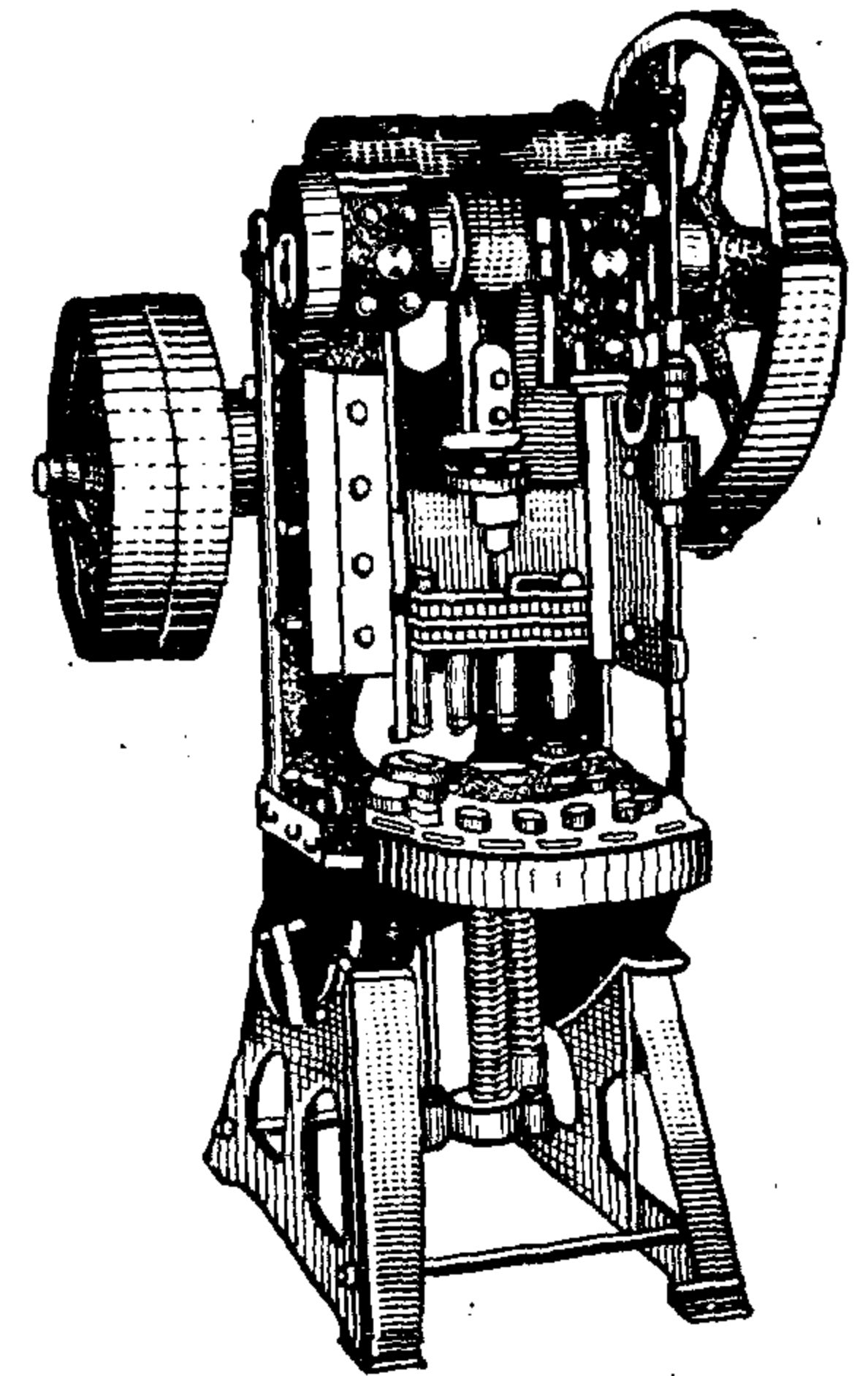


Рис. 36. Пресс с револьверной подачей заготовки

прессы снабжаются гидравлическими пневматическими прижимами.

К новому типу гидравлических прессов, применяемых в штамповочном производстве, относятся безаккумуляторные прессы; они работают без насосной и аккумуляторной установки. Эти прессы работают от радиально-поршневого (реверсивного) насоса, приводимого в действие электрическим мотором. Масляный бак обычно располагается в верхней части пресса.

Безаккумуляторные прессы изготавливаются мощностью до 2000 т, имеют малую рабочую скорость и большую скорость холостого хода.

Недостатком этих прессов является слишком большая высота их, поэтому для установки таких прессов требуются высокие цехи.

§ 7. Ремонт штамповочного оборудования

Большое влияние на хорошую работу цеха оказывает своевременный ремонт.

Ремонт бывает планово-предупредительный и текущий. Планово-предупредительный ремонт производится по установленному годовому и месячному плану. Пресс в определенное время останавливается и передается ремонтной бригаде для тщательного осмотра, определения степени износа отдельных частей пресса и проведения необходимого ремонта.

Во время планово-предупредительного ремонта вынимают главные части пресса, проверяют ответственные детали: вал, подшипники, направляющие, механизм включения, трансмиссию, тормозное приспособление и все другие части пресса, подвергающиеся износу во время работы. План предупредительного ремонта и объем работ устанавливает механик цеха, который несет ответственность за качество и срок выполнения ремонта. Износившиеся части заменяются новыми, части, требующие ремонта, исправляются или заменяются новыми. Учитывая, что планово-предупредительный ремонт прессов может производиться не более одного-двух раз в год (в зависимости от их износа), необходимо при разборке пресса устранять все его неполадки, чтобы он мог рабо-

тать до следующего планово-предупредительного ремонта без остановок и поломок.

Кроме планово-предупредительного ремонта в цеховых условиях, производится текущий ремонт с целью устранить мелкие дефекты, выявленные при работе пресса. Текущий ремонт производится в выходные дни или в смены, когда пресс не работает, а также частично в обеденные перерывы. Чтобы из-за текущего ремонта не останавливать пресс на продолжительное время и не срывать выполнение производственного задания, ремонтная бригада должна иметь запасные детали пресса, требующие частой смены: подшипники, трансмиссионные ремни, стяжные болты и т. п. Ремонтные бригады должны быть закреплены за определенными механизмами, чтобы вести за ними непрерывное наблюдение.

ГЛАВА VII

РЕЗКА

§ 1. Резка листового материала

Плоская заготовка, поступающая в штамповочный цех, бывает в виде листов, полос и лент. Ввиду того, что штамповочным цехам часто требуется большое количество заготовок различной ширины, полученные от постав-

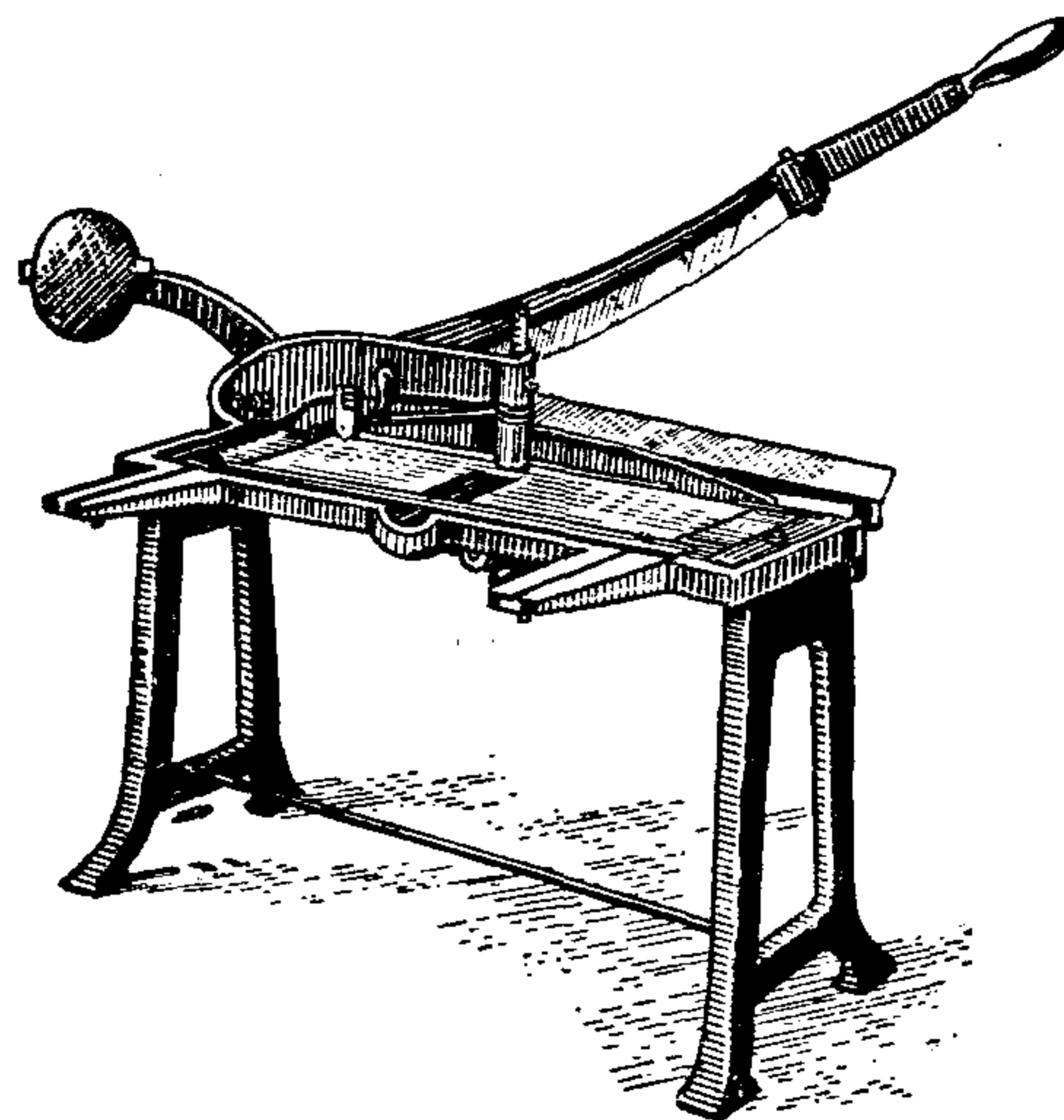


Рис. 37. Рычажные ножницы

щика листы подвергаются резке.

Резка металла производится на ножницах и отрезных штампах. Наиболее старым типом ножниц являются ручные рычажные ножницы, которые применяются для резки тонкого металла.

Более совершенными являются приводные механические ножницы (рычажные, дисковые и гильотинные).

Рычажные ножницы (рис. 37) имеют два но-

жа. Нижний неподвижный нож укрепляется на столе, а верхний (подвижный) на планке рычага. Для облегчения условий резки лезвие верхнего ножа изогнуто. Резка на

этих ножницах производится опусканием верхнего ножа до нижнего, мертвого, положения.

Гильотинные ножницы (см. рис. 8) имеют также нижний неподвижный и верхний подвижной нож, который поднимается и опускается параллельно нижнему ножу. Верхний нож располагается параллельно или под некоторым углом по отношению к нижнему ножу. При наклонном положении верхнего ножа уменьшаются усилия резки металла, так как в этом случае резка происходит постепенно разными участками ножа. Недостатком ножниц с наклонным расположением ножа является то, что при резке полосы изгибаются.

Ножницы с верхним ножом, параллельным нижнему, применяются только для резки сравнительно тонкого металла, когда предъявляются повышенные требования к качеству реза и не допускается изгиб полос при резке. К недостаткам ножниц с параллельными ножами относится пониженная стойкость ножей (так как процесс резки сопровождается ударом) и большие усилия резания.

Для резки в меру на гильотинных ножницах применяются упоры. Упоры бывают передние и задние. Резку металла на ширину до 500 мм рекомендуется производить с задним упором, а на большую ширину полосы — с передним упором.

Гильотинные ножницы имеют пневматический или механический прижим, который предотвращает сдвиг разрезаемого металла.

Дисковые ножницы (рис. 38) применяются для продольной резки полос. Процесс резки осуществляется вращающимися круглыми ножами. Число ножей зависит от того, на какое количество полос разрезается лист, например для разрезки листа на шесть полос требуется семь пар круглых ножей. Верхние и нижние дисковые ножи вращаются в разные стороны с одинаковой скоростью. Разрезаемый металл продвигается за счет трения его о ножи.

Производительность и точность резки на дисковых ножницах значительно выше, чем на гильотинных. Дисковые ножницы дают резку по VII классу точности.

К недостаткам дисковых ножниц следует отнести искривление полос и образование заусенцев при резке. Для уменьшения искривления полос и заусенцев применяются специальные проводки (прокладки) между ножами.

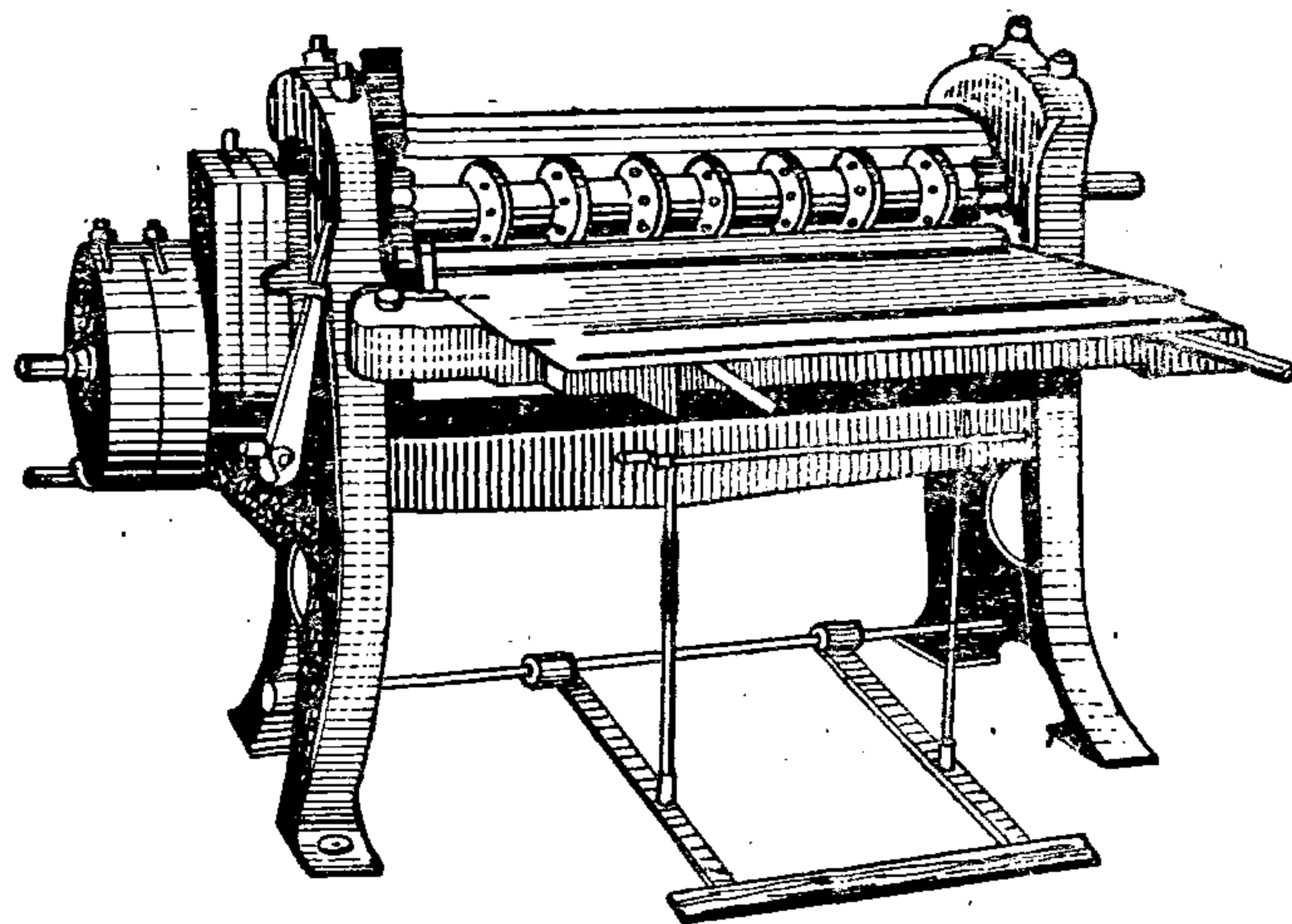


Рис. 38. Дисковые ножницы

Резка на дисковых ножницах возможна лишь в том случае, если угол створа ножей при резке металла будет меньше 15° , для чего диаметр ножей должен быть в 30—40 раз больше толщины разрезаемого металла.

Дисковые циркульные ножницы (рис. 39) применяются для вырезки кругов из прямоугольных заготовок вращающимися дисковыми ножами. Заготовка во время резки вращается. Следует отметить, что точность размеров вырезанных кругов и качество кромок хуже, чем кругов, полученных штамповкой.

Профильный (сортовой) материал разрезается на дисковых ножницах особой конструкции.

§ 2. Вырубка

Как указывалось выше, вырубка относится к операциям резки. В этом случае верхний нож называется пуансоном, нижний — матрицей. Оба ножа вместе составляют штамп.

На вырубных штампах можно получить изделия любой формы.

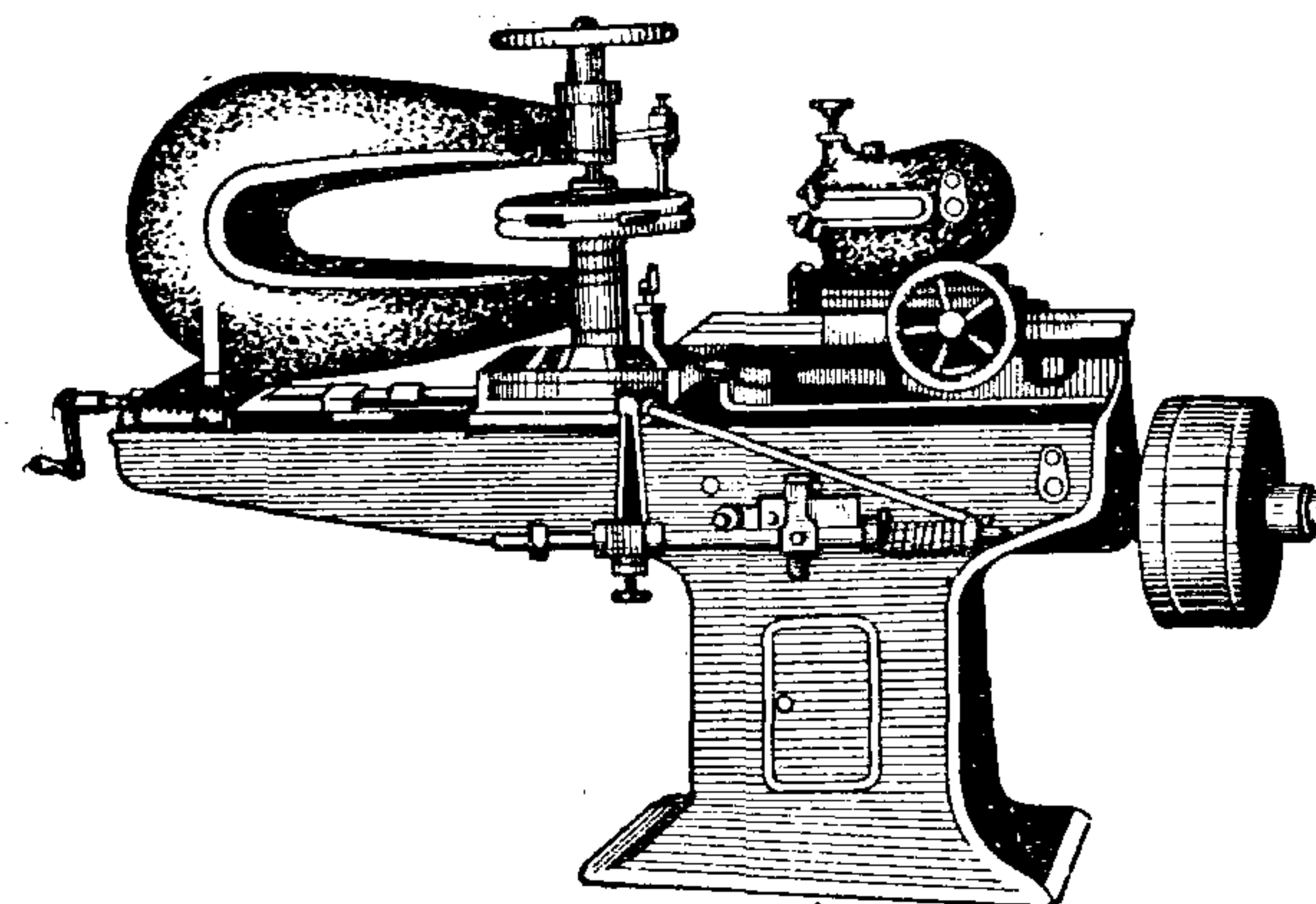


Рис. 39. Циркулярные ножницы

Рассмотрим простой случай вырубки круглой заготовки из полосы. Для вырубки применяется простой штамп (рис. 40), где *I* — режущая кромка пуансона, *II* — режущая кромка матрицы. Пуансон имеет меньший диаметр, чем матрица, поэтому между ними всегда имеется зазор.

В процессе вырубки происходит сложная деформация, которую можно условно разделить на три стадии (см. рис. 41):

1 — стадия упругих деформаций, во время которой происходит незначительное сжатие и изгиб металла, причем развивающиеся напряжения в металле не превышают предела упругости;

2 — стадия пластической деформации, характеризую-

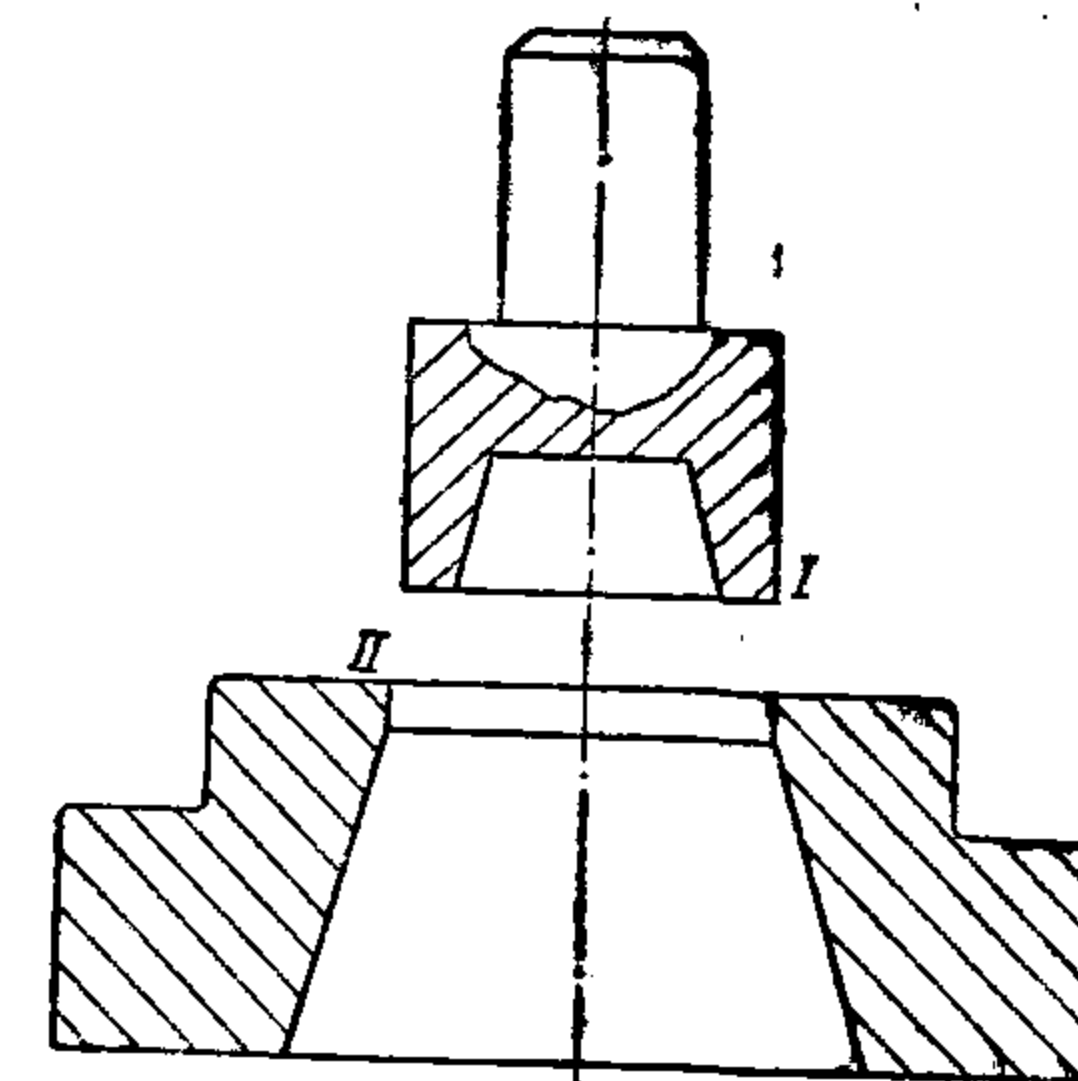


Рис. 40. Схема вырубного штампа;

I — режущая кромка пуансона; *II* — режущая кромка матрицы

шаяся вдавливанием пуансона в металл и выдавливанием последнего в матрицу; при этом происходит сжатие, изгиб и растяжение элементарных слоев металла; вблизи режущих кромок пуансона и матрицы создаются концентрированные напряжения, приводящие к разрушению (срезу) поверхностных слоев металла;

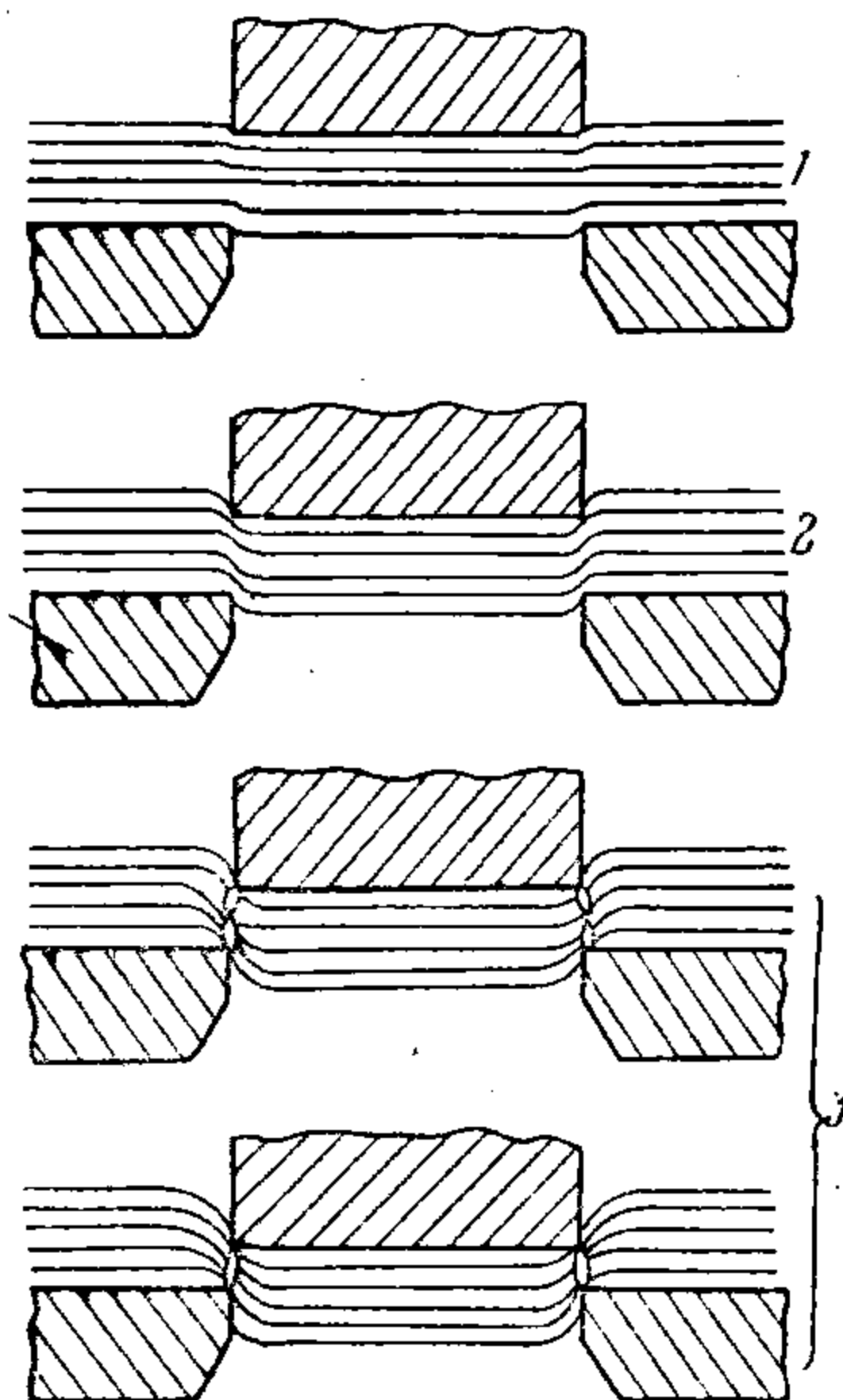


Рис. 41. Последовательность процесса вырубki

зоре между пуансоном и матрицей скалывающие трещины не совпадают и металл затягивается режущими кромками, что приводит к образованию больших рваных заусенцев.

При слишком малом зазоре скалывающие трещины также не совпадают и на изделиях образуется протянутый заусенец.

При рассмотрении срезанной кромки металла можно увидеть две блестящие полосы, соответствующие зоне пластической деформации, и между ними матовую полосу — зону скалывания

При вырубке заготовки из твердого металла полосы среза узкие и скалывание происходит при небольшом

зоре между режущими кромками пуансона и матрицы создаются концентрированные напряжения, приводящие к разрушению (срезу) поверхностных слоев металла;

3 — стадия скалывания, в течение которой возникают сначала микро-, а потом макротрещины, идущие от режущих кромок вглубь металла под некоторым углом. Эти трещины называют скалывающими трещинами.

Совпадение скалывающих трещин, идущих от пуансона и матрицы, приводит к отделению вырезаемого металла от плоской заготовки.

Наилучшее совпадение скалывающих трещин получается при нормальном зазоре между пуансоном и матрицей. При большом за-

погружении пуансона в металл (10—15% от толщины металла).

В случае вырубki заготовки из мягкого металла пуансон и матрица срезают металл почти на всю толщину его. В этом случае скалывание происходит в очень узкой зоне и поверхность среза блестящая.

При металлографическом изучении процесса вырубki было установлено, что в зоне, прилегающей к плоскости среза металла, происходят значительные структурные изменения: кристаллиты металла растягиваются, изгибаются и измельчаются. Структурные изменения металла вызывают повышение твердости и уменьшение пластичности, т. е. вблизи кромки среза металл приобретает наклеп, например, твердость кромки латуни Л62 в результате наклепа возрастает на 40%. Высота слоя упрочненного металла зависит от ряда факторов: толщины разрезаемой заготовки, механических свойств его, величины зазора между пуансоном и матрицей, состояния режущих кромок штампа и т. д.

Например, при вырубке мягкой латуни марки Л62 толщиной 8 мм глубина наклепанного слоя получается около 2 мм. Если вырубленная деталь идет для изготовления ответственных изделий, работающих с динамической нагрузкой, или она будет подвергаться в дальнейшем значительной холодной деформации, то деталь необходимо отжечь либо удалить наклепанную кромку (на режущем станке).

Во время резки металла на ножницах процесс деформации металла аналогичен вышеописанному процессу, происходящему при вырубке.

В процессе вырубki металл оказывает сопротивление срезу, для преодоления которого к пуансону нужно приложить соответствующую силу. При подборе мощности пресса необходимо знать, какое усилие необходимо для вырубki.

Сопротивление вырубki зависит от:

- 1) механических свойств металла: чем металл прочнее, тем выше у него будет сопротивление срезу;
- 2) размеров вырубаемой детали (длина контура вырубki называется периметром вырубki);

3) толщины вырубемого металла;

4) зазора между пуансоном и матрицей вырубного штампа: чем меньше зазор между пуансоном и матрицей, тем больше потребуется усилия.

Кроме того, усилие при вырубке зависит от конструкции вырубных штампов, от состояния режущих кромок штампа, от скорости вырубki и др.

При изучении усилий, развиваемых при вырубке, было установлено, что наибольшее усилие приходится прилагать к пуансону в первой половине хода, а в конце вырубki усилие уменьшается, так как тогда преодолевается только трение при проталкивании высечки вниз из матрицы.

Все основные факторы, влияющие на величину усилия при вырубке, учтены в формуле, применяемой на практике.

Требуемое усилие при вырубке обозначается P_{cp} и вычисляется по следующей формуле:

$$P_{cp} = K \cdot \sigma_{cp} \cdot t \cdot B,$$

где K — поправочный коэффициент, который учитывает дополнительные факторы, влияющие на увеличение усилия при вырубке;

σ_{cp} — сопротивление срезу, $кг/мм^2$ (берется из табл. 17);

t — толщина вырубемого металла, $мм$;

B — периметр вырубki, $мм$.

При вырубке величина зазора между пуансоном и матрицей должна быть в пределах принятых норм (смотри ниже). Режущие кромки должны быть острыми, и вырубка должна протекать в нормальных условиях (без перекоса штампа, с применением смазки и т. п.).

На усилие при вырубке также оказывают влияние следующие факторы.

При увеличении скорости вырубki растет сопротивление деформации металла, следовательно, требуемое усилие для вырубki должно быть увеличено по сравнению с вырубкой при пониженной скорости. По данным С. И. Губкина, при скорости опускания пуансона от 0,1 до 0,25 $м/сек$ поправочный коэффициент принимают 1,15.

Таблица 17

Сопротивление срезу σ_{cp} различных металлов и сплавов

Наименование металла	Сопротивле- ние срезу $кг/мм^2$		Наименование металла	Сопротивле- ние срезу $кг/мм^2$	
	мягкий	твердый		мягкий	твердый
Свинец	2—3	—	Алюминиевая брон-		
Олово	3—4	—	за	36	58
Алюминий	7—11	13—16	Нейзильбер	28—36	45—56
Цинк	18—22	25—30	Дуралюмин	22	38
Медь	18—22	25—38	Сталь 0,2% С	32	40
Никель	35	48	Сталь 0,4% С	45	56
Кремнистая сталь	45	56	Сталь 0,8% С	72	90
Латунь	22—30	35—40	Сталь 1,0% С	80	105
Оловяннофосфористая бронза	26	50	Нержавеющая сталь	52	56

Если вырубка производится через матрицу с цилиндрической рабочей частью, усилия возрастают примерно на 15% по сравнению с вырубкой на матрице с конусной рабочей частью. Дополнительное усилие затрачивается на проталкивание вырубленного изделия через цилиндрический поясok матрицы.

Наличие смазки снижает усилие при вырубке за счет уменьшения трения при проталкивании вырубленных деталей через матрицу.

Вырубка на затупленных режущих кромках требует увеличения усилия, что объясняется увеличением угла резания кромок штампа.

Учитывая влияние указанных факторов на усилие вырубki, поправочный коэффициент K берут в пределах 1,2—1,3. Эта величина вполне подтверждается при практической проверке.

Пример. Требуется вырубить из твердой латуни толщиной 4 $мм$ круг диаметром 250 $мм$.

По формуле $P_{\text{ср}} = \rho \cdot \chi_{\text{ср}} \cdot V \cdot t$ определяем требуемое усилие для вырубки. Сопротивление срезу вырубки для твердой латуни по табл. 17 равно 40 кг/мм^2 . Подсчитываем периметр V вырубки. Длина окружности равна πD . Следовательно, при диаметре, равном 250 мм , длина окружности будет:

$$V = \pi D = 3,14 \cdot 250 = 785 \text{ мм.}$$

Подставляем полученные данные в формулу.

$$P_{\text{ср}} = 1,3 \cdot 40 \cdot 785 \cdot 4 = 163280 \text{ кг} = 163,23 \text{ т.}$$

Из данного расчета следует, что вырубать латунные круги диаметром 250 мм , толщиной 4 мм можно лишь на прессе мощностью не менее 164 т .

Сопротивление срезу для разных металлов может быть выражено в следующей зависимости от предела прочности при растяжении¹.

$$\sigma_{\text{ср}} = (0,7—0,75) \sigma_{\text{пч.}}$$

Приводим примерный расчет усилия при вырубке.

В тех случаях, когда требуется снизить усилия при вырубке, применяют пуансоны или матрицы со скошенными режущими кромками (рис. 42). Благодаря скосу

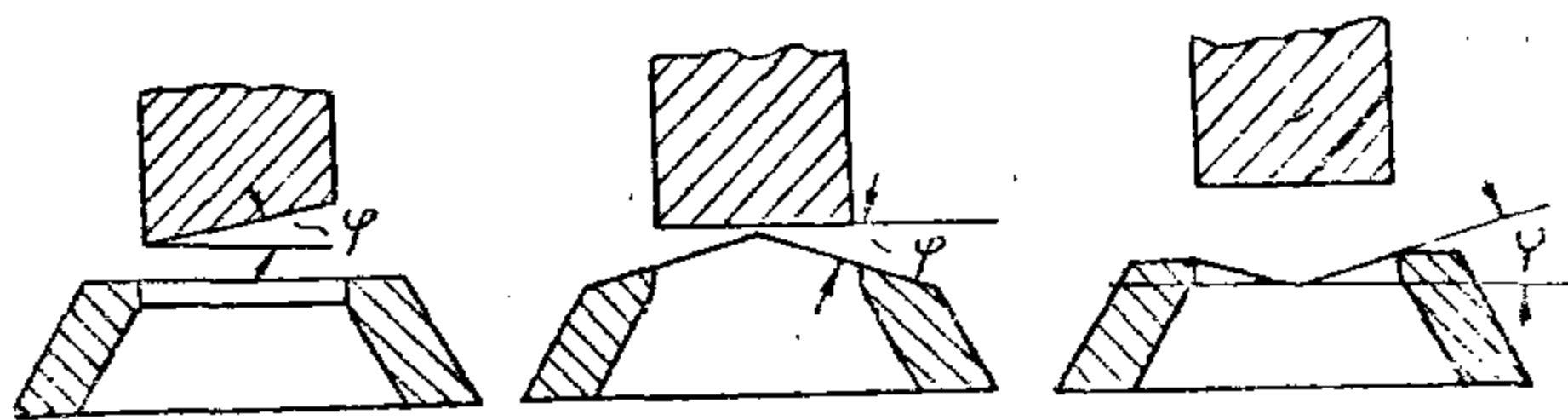


Рис. 42. Скос режущих кромок вырубных штампов (φ — угол скоса)

режущих кромок, вырубка происходит не одновременно по всему контуру, а постепенно по мере опускания пуансона. В этом случае усилие, требуемое для вырубки, будет значительно меньше. При подсчете усилия (в формуле) будет учитываться не весь периметр высеки, а только наибольшая длина линии среза в отдельные мо-

¹ По экспериментальным исследованиям С. М. Головина и Ф. З. Рванцева.

менты вырубки. Скос на матрице или пуансоне берут равным толщине металла для заготовки толщиной свыше 3 мм и двум толщинам металла для заготовки толщиной менее 3 мм . При большем скосе надо более глубоко опускать пуансон в матрицу, что вызывает быстрый износ штампа. При пробивке отверстий делают скос на пуансоне. Если же нужно вырубить изделие (например круг), то скос делают на матрице. Объясняется это тем, что при скосе на пуансоне получается изгиб вырубки, а при скошенной кромке матрицы изгиб полосы.

Скос режущих кромок вырубного штампа рекомендуется делать двухсторонним и симметричным относительно центра давления штампа, так как при одностороннем скосе возникают боковые усилия. При высоте скоса пуансона, равной толщине материала, усилие вырубки уменьшается почти наполовину по сравнению с вырубкой на обычном штампе.

Режущая кромка на пуансоне и матрице может также иметь закругленную форму (рис. 43), что также снижает требуемые усилия при вырубке. Если вырубка производится штампом с несколькими пуансонами, то они делаются разной длины; при этом вырубка производится последовательно каждым пуансоном, что также снижает усилие при вырубке.

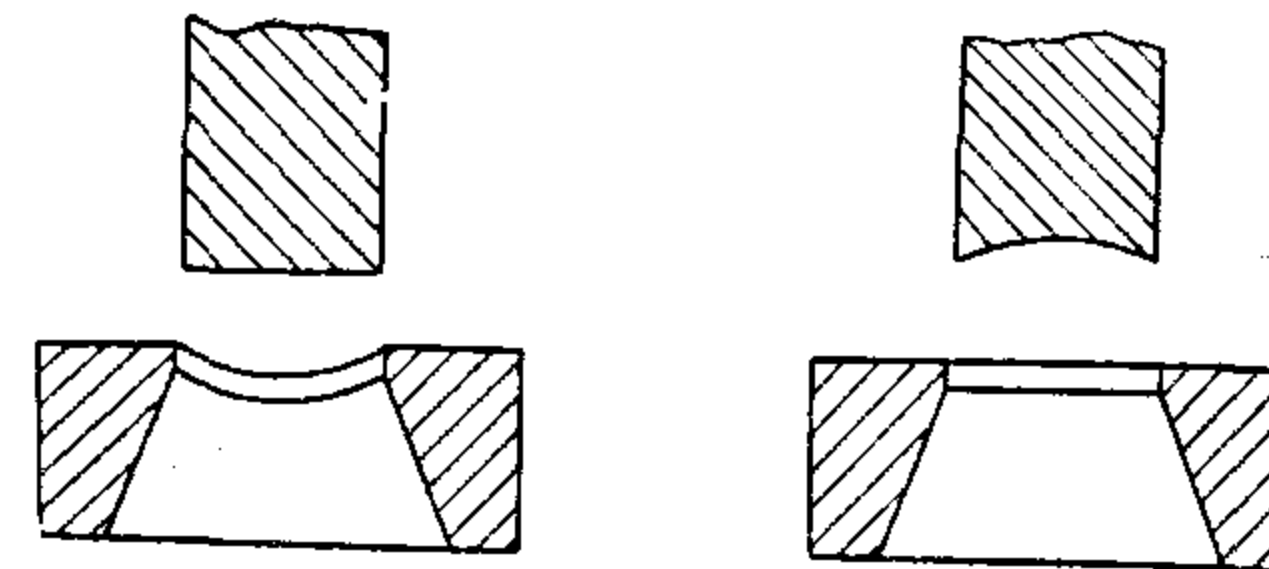


Рис. 43. Закругленные выемки на вырубных штампах

При вырубке изделий из полосы или пробивке отверстий требуется получить детали с чистыми ровными кромками, без заусенцев, рванин, трещин и других дефектов.

Основным фактором, влияющим на качество вырубленных изделий, является зазор между матрицей и пуансоном.

Зазором называется разность между размерами рабочих частей матрицы и пуансона. Зазор также влияет на точность размеров вырубляемых изделий. От величины

зазора между пуансоном и матрицей зависит стойкость штампа. При малом зазоре штамп быстрее изнашивается и режущие кромки быстрее тупятся. При малом зазоре увеличивается вероятность повреждения штампа за счет попадания режущих кромок пуансона на режущие кромки матрицы.

Чрезмерно малый зазор повышает нагрузку пресса при вырубке.

Большой зазор между пуансоном и матрицей дает неровный и рваный срез. При увеличенном зазоре снижается точность вырубаемых изделий или пробиваемых отверстий.

Учитывая большое значение зазора на вырубных штампах, выбор его должен производиться после тщательного изучения условий вырубki. При выборе зазора между матрицей и пуансоном вырубного штампа необходимо учитывать твердость и толщину штампуемого материала. При вырубке твердого металла образуются меньшие заусенцы; в этом случае можно допускать зазор больший, чем при вырубке мягкого металла. При большой толщине металла зазор устанавливается больший, чем при малой толщине. Многие заводы при выборе зазоров между пуансоном и матрицей пользуются данными табл. 18.

При вырубке металла толщиной менее 0,25 мм зазор между пуансоном и матрицей уменьшается до минимума; пуансон подгоняется почти точно по матрице. Лишь при таком малом зазоре вырубка будет без заусенцев. На некоторых заводах зазор берется для мягких металлов.

$\frac{t}{20}$; для металлов средней твердости $\frac{t}{16}$ и для твердой стали $\frac{t}{14}$; где t — толщина металлической заготовки.

Проверка зазоров на штампах производится либо измерением размеров рабочих частей штампа, либо с помощью специального щупа. Для малых зазоров проверку производят бумагой, толщина которой равна половине величины зазора.

Если зазор выполнен правильно, то бумага вдавливается пуансоном в матрицу.

Таблица 18

Зазоры между рабочими частями вырубных штампов, мм

Толщина заготовки мм					Толщина заготовки мм			
	Мягкая сталь и латунь	Сталь средней твердости	Твердая сталь	Мягкая сталь и латунь		Сталь средней твердости	Твердая сталь	
0,25	0,01	0,015	0,02	2,5	0,13	0,15	0,18	
0,50	0,025	0,03	0,035	2,8	0,14	0,17	0,20	
0,75	0,04	0,045	0,05	3,0	0,15	0,18	0,21	
1,0	0,05	0,06	0,07	3,3	0,17	0,20	0,23	
1,25	0,06	0,075	0,09	3,5	0,18	0,21	0,25	
1,5	0,075	0,09	0,10	4,0	0,20	0,24	0,28	
1,75	0,09	0,10	0,12	4,5	0,23	0,27	0,32	
2,0	0,10	0,12	0,14	5,0	0,25	0,30	0,36	
2,25	0,11	0,14	0,16	6,0	0,30	0,35	0,40	

Пример 1. Нужно вырубить круг диаметром 500 мм из твердой латунной полосы толщиной 2 мм.

Зазор устанавливается равным 0,10 мм (по табл. 18). Диаметр матрицы $D_m = 500$ мм (по диаметру круга). Диаметр пуансона $D_n = D_m + Z = 500 - 0,10 = 499,9$ мм.

При пробивке отверстий (высечка является отходом) диаметр пуансона берут равным диаметру отверстия, а диаметр матрицы делается больше на величину зазора.

Пример 2. Требуется пробить отверстие диаметром 80 мм в жесткой бронзовой полосе толщиной 1,0 мм.

Зазор Z (по табл. 18) равен 0,05 мм. Диаметр пуансона берется равным $D_n = 80$ мм (по требуемому отверстию), а диаметр матрицы $D_m = D_n + Z = 80 + 0,05 = 80,05$ мм.

Ввиду того, что некоторые цветные металлы (медь, алюминий, цинк) вязкие и их трудно вырубать без заусенцев, рекомендуется вырубку производить в жестком (наклепанном) состоянии с последующим отжигом деталей.

§ 3. Раскрой материала при вырубке

Раскрой материала при вырубке оказывает влияние на следующее:

- а) расход металла на одно изделие,
- б) качество вырубаемых изделий,
- в) стойкость вырубного штампа,
- г) производительность пресса при вырубке.

При проектировании процесса вырубке необходимо детали на полосе или ленте располагать таким образом, чтобы получить наименьшее количество отходов и наи-

большее количество годных изделий, так как стоимость металла составляет 60—75% стоимости всего изделия. Наиболее рациональный раскрой металла получается при безотходной вырубке, в этом случае отсутствуют перемычки (между деталями). Частичные отходы будут только на концах полосы. Примером безотходной вырубке заготовки для ложек (рис. 44).

Безотходную штамповку можно применять для изготовления ответственных изделий, а также для деталей, кромки которых при дальнейшей обработке будут исправ-

ляться (обрубаться, обтачиваться и т. п.) При безотходной вырубке одна сторона детали обычно имеет смятую кромку. Если же деталь требует чистых и ровных кромок, то приходится делать перемычки между деталями, хотя это и увеличивает потери металла при вырубке.

К положительным моментам применения перемычки следует также отнести:

- а) обеспечение надежной связи между остатками штампуемой полосы,
- б) повышенную точность вырубке,
- в) облегчение протаскивания полосы при штамповке, что делает работу штамповщика безопасной,
- г) повышение стойкости штампов.

Размер перемычек устанавливается в зависимости от толщины заготовки, ее механических свойств, а также от требуемой точности вырубке. Для заготовки толщиной 0,5 мм и более принята следующая зависимость величин перемычки от толщины: чем толще заготовка, тем перемычка берется больше. При вырубке из заготовки толщиной 0,3 мм и тоньше величина перемычек увеличивается для обеспечения ее прочности при работе. Чем металл тверже, тем перемычка берется меньше. Перемычки делают как между изделиями, так и по краям полосы. Размеры перемычек должны быть минимально допустимые, без ущерба для качества изделий и стойкости штампа. Если перемычка слишком мала, то она может разорваться во время вырубке, втянуться в матрицу и вызвать брак.

На ряде заводов величину перемычек берут в соответствии с табл. 19.

Таблица 19

Величина перемычек при вырубке, мм

Назначение перемычек	Толщина металла, мм									
	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0
Для небольших изделий или простой формы	1,4	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	3,0
Для больших изделий или сложной формы	2,3	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	3,0	3,2	3,5	4,0

Примечание. На штампах с весьма точной подачей заготовки величину перемычек можно сократить на 20—30%.

Для выбора наиболее рационального раскроя вначале вычерчивают детали на бумаге и теоретически подсчитывают выход годного для различных вариантов. Размещение деталей бывает прямое, наклонное, встречное, многорядное, комбинированное.

На рис. 45 приведено различное расположение деталей при вырубке. При выборе рационального располо-

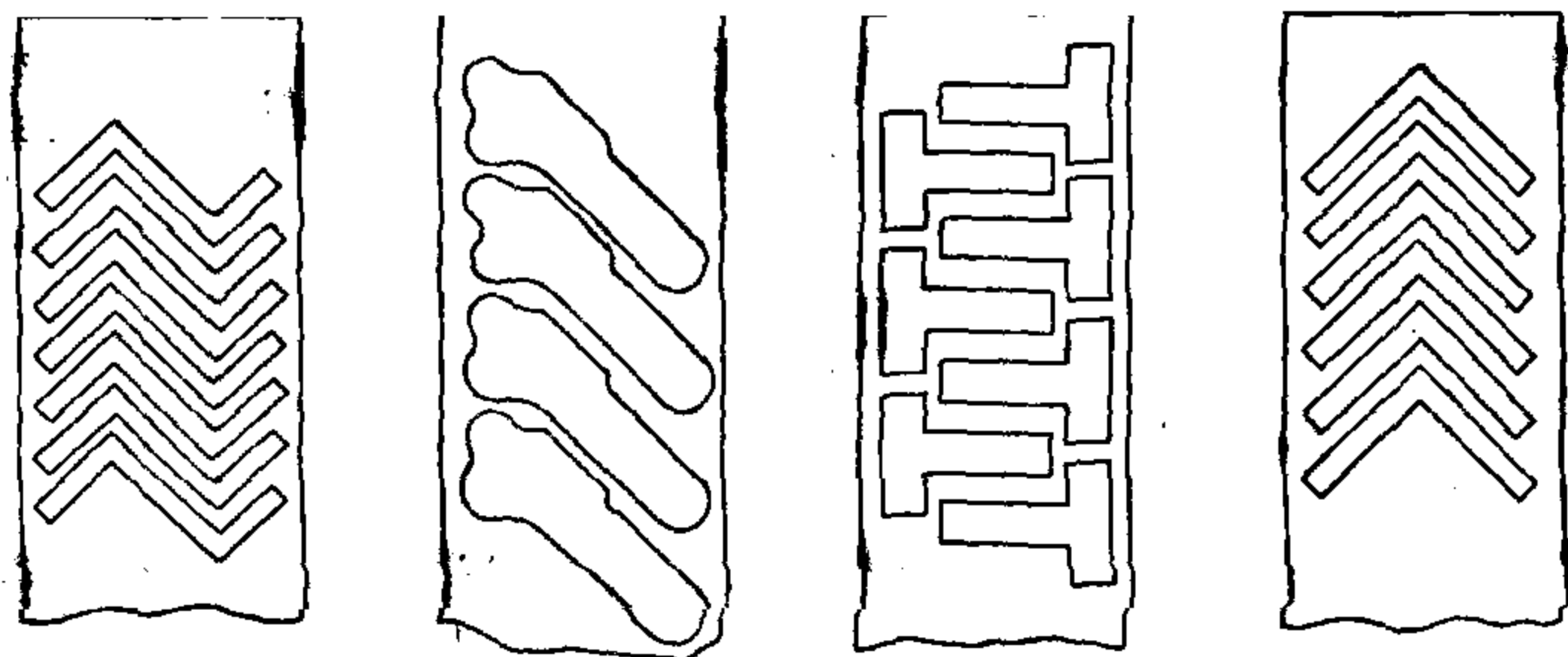


Рис. 45. Рациональный раскрой материала

жения деталей следует учитывать, что у прокатанной заготовки (полоса, лента, лист) механические свойства вдоль направления прокатки выше, чем поперек.

При сложных конфигурациях изделий стремятся использовать получающиеся отходы путем дополнительной вырубке из них других мелких деталей.

При вырубке кругов получается весьма большое количество отходов. Так, например, при однорядной вырубке кругов диаметром 30 мм получается 38% отходов, а выход годного всего лишь 62%. Более выгодным при вырубке кругов является шахматный многорядный раскрой. В этом случае количество отходов резко уменьшается. Так например, при двухрядном расположении кругов на полосе выход годного будет 68,8%, при трехрядном 71,4%. Следовательно, при применении многорядной вырубке кругов или вырубке в шахматном порядке повышается выход годного. Стоимость многорядного штампа выше, чем однорядного, но при массовом производстве вполне оправдываются затраты на его изготовление. Многорядный раскрой листов имеет широкое

распространение при вырубке кругов диаметром меньше 200 мм. Для кругов диаметром свыше 200 мм при многорядной вырубке потребовалась бы очень широкая полоса, прокатывать которую с малыми допусками по толщине весьма трудно. Круги, имеющие неодинаковую толщину в разных местах, не могут быть пушены в глубокую вытяжку. Разность толщины допускается с противоположных краев не более 8% от общей толщины, иначе при вытяжке будут образовываться морщины на боковой поверхности изделия.

Подсчет выхода годного при вырубке может производиться двумя способами: геометрическим и весовым.

Геометрический способ применяется в большинстве случаев при проектировании нового технологического процесса. Расчет производится по площадям. Сначала подсчитывается площадь полосы перед вырубкой, затем определяется полезная площадь, т. е. площадь, занимаемая вырубляемыми кругами. Зная площадь исходной полосы и площадь готовых кругов, находим выход годного в процентах. Например, площадь полосы 650 000 мм², площадь всех вырубленных кругов 460 000 мм²; тогда выход годного составит $\frac{460000}{650000} \times 100 = 72\%$.

Весовой способ применяется на производстве для проверки фактических выходов годного. Он применяется при запуске целой партии весом в несколько тонн. Взвешивают полосы, поданные на вырубку, затем взвешивают полученные круги. Вес готовых кругов умножают на 100, делят на вес полос до вырубке и получают выход годного в процентах.

При вырубке кругов из полос приходится учитывать, что концы полос при прокатке бывают оттянуты и толщина их обычно меньше толщины всей полосы. Вследствие того, что круги, вырубленные из конца полосы, могут попасть в брак (ввиду значительной разницы в толщине), необходимо полосы перед вырубкой обрезать с концов примерно на 20 мм. Если у полосы концы не обрезаны, то при вырубке следует отступать от конца полосы на 20 мм. Этим увеличивается количество отходов при вы-

рубке, но зато получают доброкачественные заготовки (по толщине).

Производственный опыт по проверке выходов годного при вырубке кругов из полос малой длины показывает, что в этом случае процент отходов слишком высокий, так как получается много отходов по концам. Для устранения этого недостатка на некоторых заводах стали применять вырубку кругов большого диаметра (больше 100 мм) из мерных полос, длина которых берется кратной диаметру круга плюс длина перемычки. Так например, для вырубki кругов диаметром 250 мм кратные полосы будут иметь длину 1255; 1506; 1757; 2008; 2259 мм и т. д. Этот способ повышает выход годного в штамповочном цехе на несколько процентов.

Более совершенным способом вырубki в части повышения выхода годного является вырубka изделий не из полос, а из лент, длина которых может достигать более 200 м. В этом случае выход годного при вырубке повышается на 8—10% по сравнению с вырубкой из обычной полосы. Кроме того, заготовка в виде лент весьма удобна в работе на прессах с автоматической подачей заготовки под штамп.

К недостаткам, встречающимся при использовании ленточной заготовки в штамповке, относится изгиб деталей, связанный с тем, что лента свернута в рулон. Для устранения этого дефекта ленту перед заправкой в вырубной штамп предварительно правят на специальном правильном станке, который обычно устанавливают впереди пресса.

§ 4. Вырубные штампы

В штамповочном производстве применяется большое количество разнообразных вырубных штампов. В настоящем разделе рассмотрим наиболее распространенные из них.

Вырубные штампы можно классифицировать по следующим признакам.

I. По характеру выполняемых работ:

а) отрезные штампы, отрезающие детали от полосы;

б) вырубные штампы, производящие вырубку деталей по наружному замкнутому контуру;

в) пробивные штампы, производящие пробивку отверстий по внутреннему замкнутому контуру;

г) надрезные штампы, производящие частичное отделение металла по незамкнутому контуру и т. п.

II. По способу действия:

а) простые штампы (открытые);

б) последовательно-вырубные штампы последовательного действия, производящие пробивку отверстий с последующей вырубкой детали;

в) блочные штампы, производящие одновременную вырубку и пробивку детали.

III. По конструктивным особенностям:

а) штампы без направляющих (свободные);

б) штампы с направляющими.

IV. По способу регулирования подачи заготовки:

а) с упором (стопором);

б) с боковыми ножами;

в) с ловителями и т. п.

Штампы простые (открытые) без направляющих

Вырубные штампы без направляющих имеют широкое применение в штамповочном производстве для простых работ, например для вырубki кругов и т. п. Они наиболее просты, и стоимость их невысокая.

Конструкция штампа приведена на рис. 46. Простой вырубной штамп состоит из двух частей: матрицы 1 и пвнсона 2. Пвнсон направляется в матрицу только ползунком пресса. Вырубные штампы без направляющих применяются для

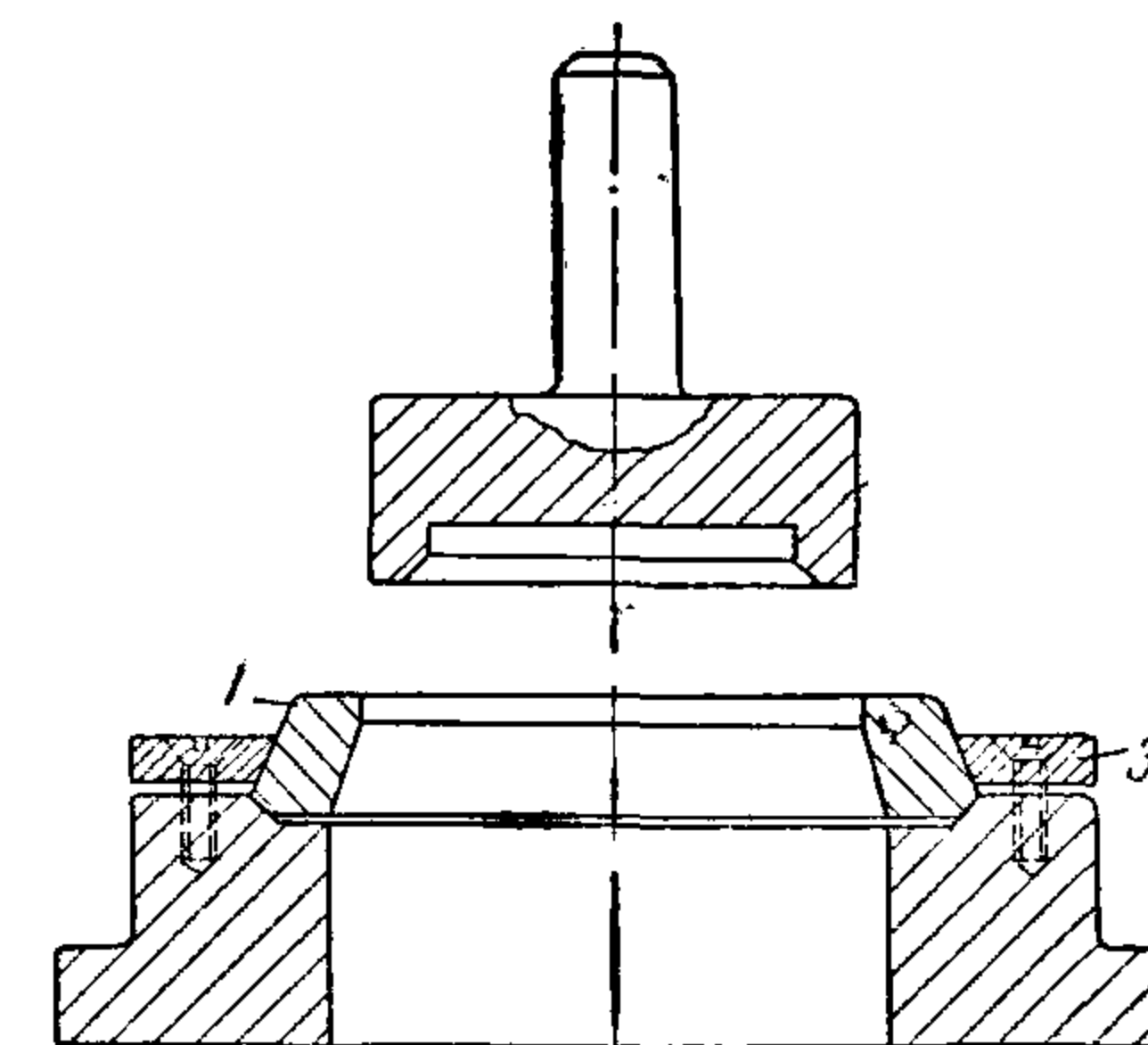


Рис. 46. Простой вырубной штамп без направляющих

изготовления деталей, не требующих большой точности, поэтому зазор между пуансоном и матрицей на этих штампах берется максимально возможным (без образования заусенцев).

При малом зазоре вырубной штамп без направляющих часто выходит из строя, так как при неточном направлении и вследствие «игры» ползуна часто срезаются режущие кромки штампа. Матрица с помощью специального кольца 3 закрепляется в чугунной плите, которая, в свою очередь, крепится при помощи лап к столу пресса. Для более прочного крепления на плите матрице придают форму усеченного конуса с углом около 10° . Пуансон для небольших деталей вытачивается вместе с хвостиком из небольшого куска стали. Для вырубке больших деталей пуансон делается составным (рис. 47); это дает значительную экономию высококачественной стали и облегчает ремонт штампа. К недостаткам простого штампа относятся: сложность точной установки штампа на прессе и небезопасность при работе — штампа. При вырубке деталей из листов и полос на простом штампе может получиться, что лист останется на пуансоне и поднимется вместе с

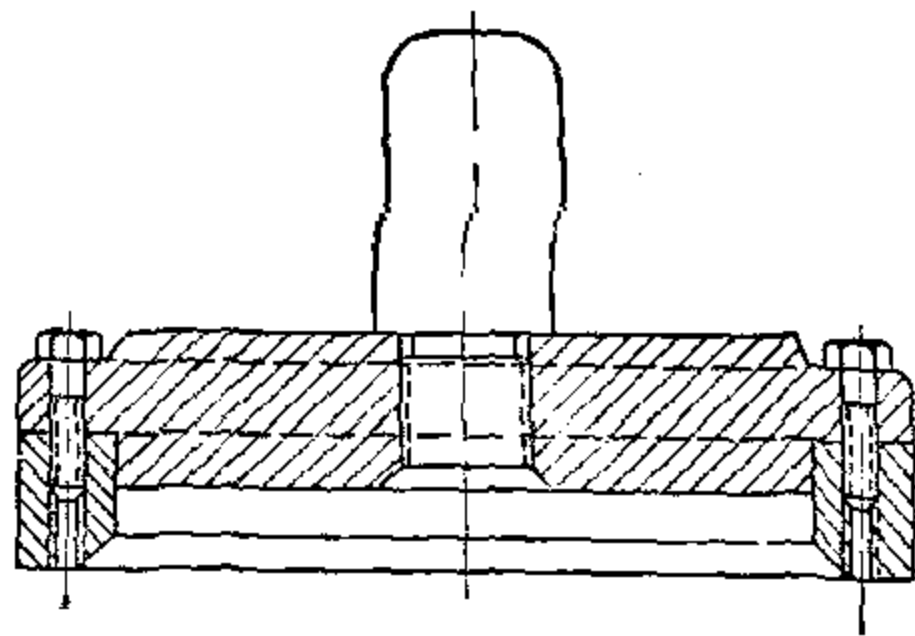


Рис. 47. Составной пуансон для вырубке

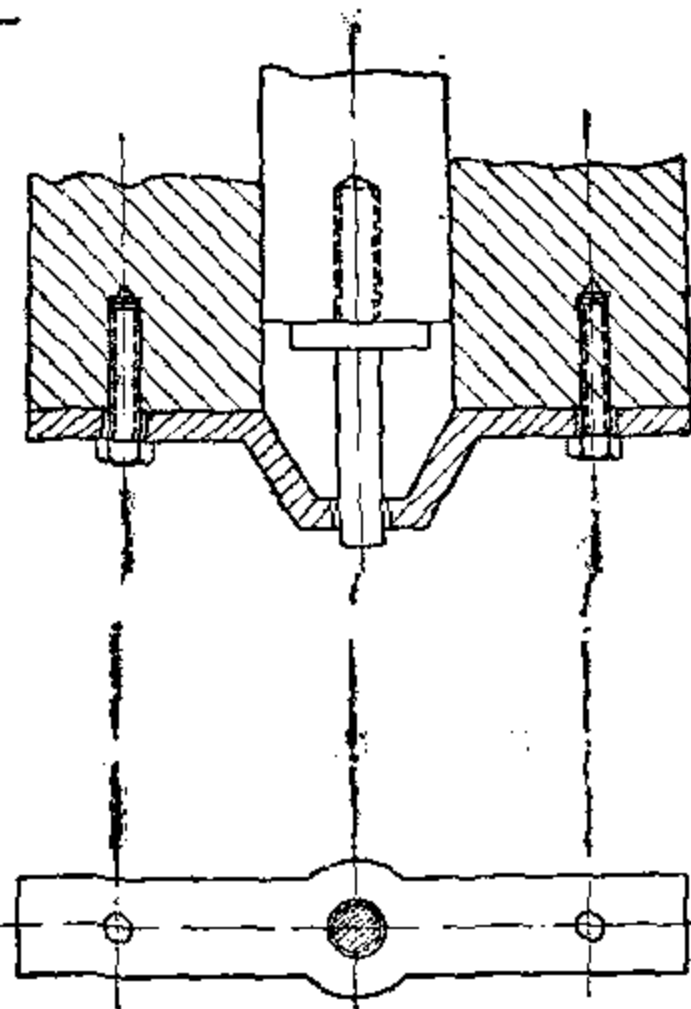


Рис. 48. Съёмник вырубного штампа

ним вверх. Чтобы избежать этого, на открытом штампе делают специальный съёмник (рис. 48) в виде изогнутой

стальной полосы, которая крепится на станине пресса. Бывают и другие типы съёмников, которые крепятся на столе пресса или на самом штампе, в зависимости от вырубаемых изделий. Съёмник должен быть прочным и простым и не мешать при подаче металла в штамп.

Простые вырубные штампы часто применяются для пробивки отверстий, а также при вырубке мелких деталей из отходов основного производства.

Штампы открытого типа для безопасности работы должны иметь предохранительное ограждение.

Штампы простые с направляющими

Более совершенными вырубными штампами являются штампы с направляющими приспособлениями:

- а) с направляющей плитой;
- б) с направляющими колонками,
- в) с сопряженными направляющими,
- г) с направляющими цилиндрами.

Штампы с направляющими приспособлениями применяются при вырубке деталей, требующих большой точности, где зазор между пуансоном и матрицей берется меньше 0,1 мм. Для ознакомления с конструкцией вырубного штампа с направляющей плитой приводим рис. 49.

При работе на данном штампе направляющая плита центрирует пуансон по отношению к матрице и тем самым предохраняет штамп от погчи. Поэтому стойкость штампов с направляющими приспособлениями значительно выше, чем простых штампов без направляющих.

Направляющая плита выполняет на вырубном штампе работу съёмника.

Штампы с направляющей плитой более безопасны в работе, так как пуансон не выходит из направляющей плиты.

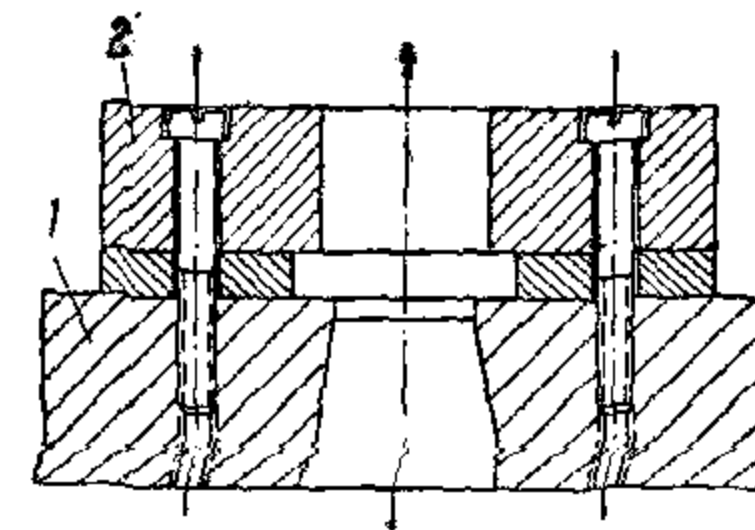


Рис. 49. Матрица 1 вырубного штампа с направляющей плитой 2

Штампы с направляющими колонками и направляющими цилиндрами (плунжерами) дают более высокую точность вырубki ввиду лучшего центрирования рабочих деталей штампа по сравнению со штампами с направляющими плитами и втулками. Число направляющих колонок бывает две — для вырубki мелких деталей, четыре и более — для крупных деталей.

Штамп с направляющими колонками исключает перекос штампа и образование зазубрин на режущих кромках, а также значительно облегчает установку штампа на прессе.

Штампы последовательного действия

При массовом и крупносерийном производстве широкое распространение получили вырубные штампы последовательного действия для одновременной пробивки дыр в изделиях и вырубki по наружному контуру. Соединением дыропробивного и вырубного штампов в одном инструменте резко повышается производительность при высокой стойкости рабочих частей штампа и значительно снижается стоимость изготовления изделий.

Последовательно-вырубные штампы по роду направляющих устройств могут быть как с направляющей плитой, так и с направляющими колонками. На рис. 50 в качестве примера дан последовательно-вырубной штамп с направляющей плитой для изготовления прямоугольной детали с двумя небольшими круглыми отверстиями. Общий вид детали и контур вырубki ее показаны в правом верхнем углу рисунка.

Устройство штампа следующее. В обыкновенной прессовой головке закреплены два пуансона: первый 1 для пробивки отверстия и второй 2 большего размера для вырубki детали по наружному контуру. Постоянным упором служит запрессованный в матрицу 3 штифт 4 с головкой. Направляющая плита 5 прикреплена к полшке штампа 6 четырьмя винтами 7 и четырьмя штифтами 8. К направляющим линейкам 9 прикреплен снизу двумя винтами лоток 10. Для точного расположения пробиваемых отверстий относительно наружного контура изделия в вырубном пуансоне 2 установлены два центрирующих

штифта 11, называемые обыкновенно ловителями. При опускании пуансона ловители входят в отверстие вырубленного изделия и устанавливают полосу в правильное положение относительно вырубного пуансона, а следовательно, и матрицы. Таким образом, упор и направляющие линейки в данном случае служат только для предварительного грубого центрирования ленты, окончательно же она центрируется ловителем. Работа на таком штампе происходит в следующем порядке. Вначале при вырубке первой детали устанавливают предварительный упор 12 для вырубki этой детали. Следующая деталь, предварительно пробитая, центрируется ловителями, а потом происходит вырубка детали все время с помощью постоянного упора. Производить работу на штампах с ловителями нельзя при материале толщиной менее 0,3 мм, так как иначе материал будет прогибаться на краях отверстия. Невыгодно применять ловители и при изделиях с небольшими отверстиями (менее 2 мм) ввиду трудности высверливания отверстий для их закрепления. В таких случаях точность центрирования может быть обеспечена другими способами, в частности применением боковых ножей.

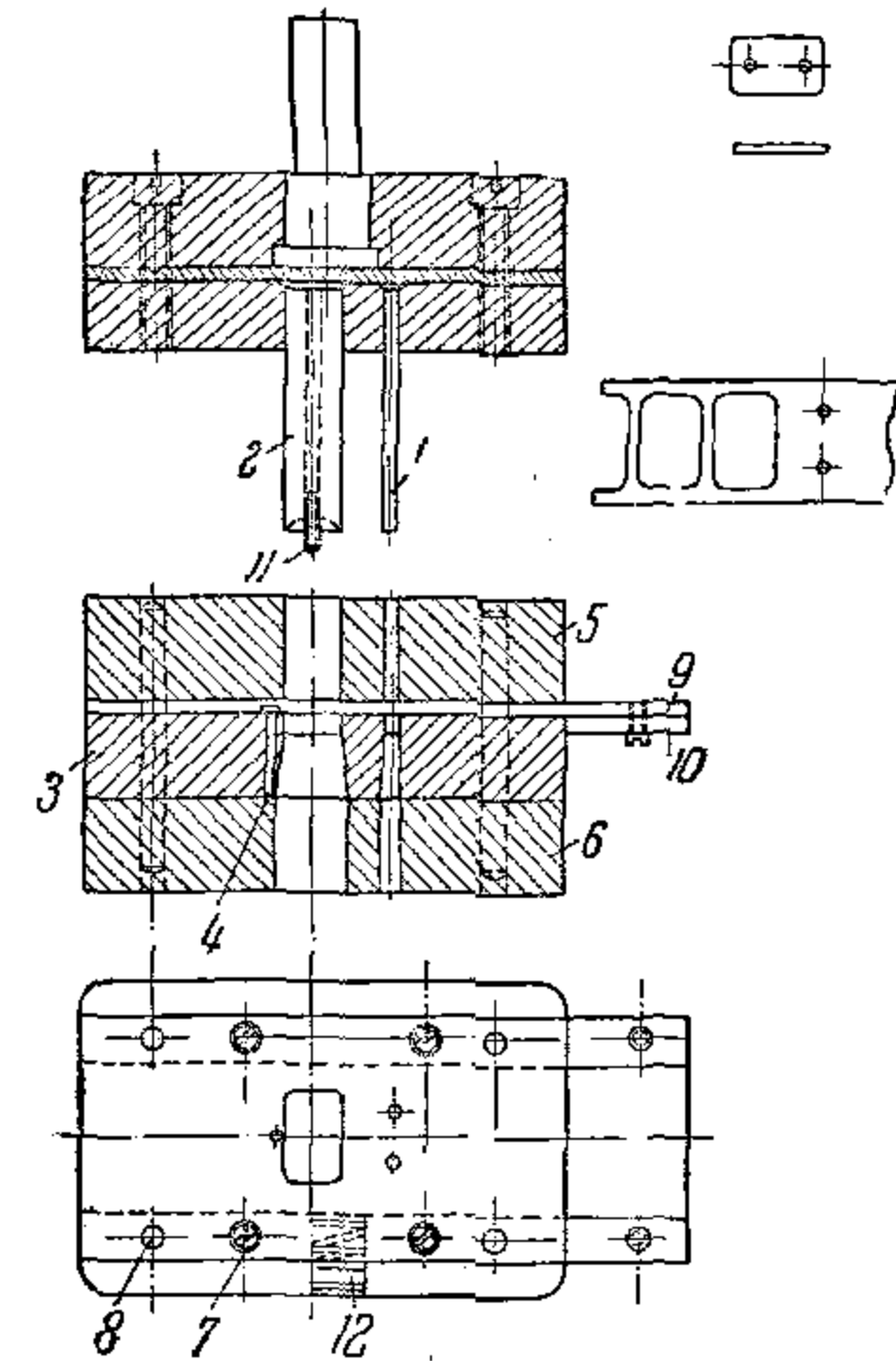


Рис. 50. Штамп последовательного действия с направляющей плитой

Вырубные штампы последовательного действия бывают с двумя, тремя, четырьмя пуансонами и больше, что дает возможность на одном прессе изготавливать несколько деталей. Например, на четырехоперационном вырубном штампе можно одновременно изготавливать роторные и статорные диски для электродвигателей. Многооперационный вырубной штамп обычно делают с четырьмя направляющими колонками.

Блочные, или совмещенные, штампы

В отличие от последовательно действующих штампов, в которых для вырубки по наружному контуру и для пробивки отверстий в одной и той же детали требовалось перемещать полосу от одного пуансона к другому, в блок-штампах происходит одновременно пробивка и вырубка и деталь получается с одного хода пуансона. В блок-штампах (рис. 51) нижняя рабочая часть обычно служит матрицей для пробивных пуансонов и одновременно является неподвижным пуансоном для вырубки детали по наружному контуру. Матрица для вырубки по наружному контуру подвижная и закрепляется в верхней части штампа.

Преимуществом таких штампов является их компактность и большая точность центрирования внутреннего отверстия относительно наружного контура изделия. Блок-штампы часто применяются не только для массового производства, но также и при серийном производстве мелких деталей, особенно сложных деталей, требующих высокой точности и чистоты обработки. Блок-штампы изготавливаются с направляющими колонками, а также с направляющим цилиндром (плунжерные).

На рис. 51 изображен типовой блок-штамп с направляющими колонками 1 для изготовления прямоугольных пластин с двумя отверстиями.

Основные детали штампа следующие: на чугунной подушке 2 в специальном углублении установлен пуансон-матрица 3, прикрепляемый к подушке винтами и штифтами. Он служит матрицей для пробивки двух отверстий и пуансоном для вырубки контура.

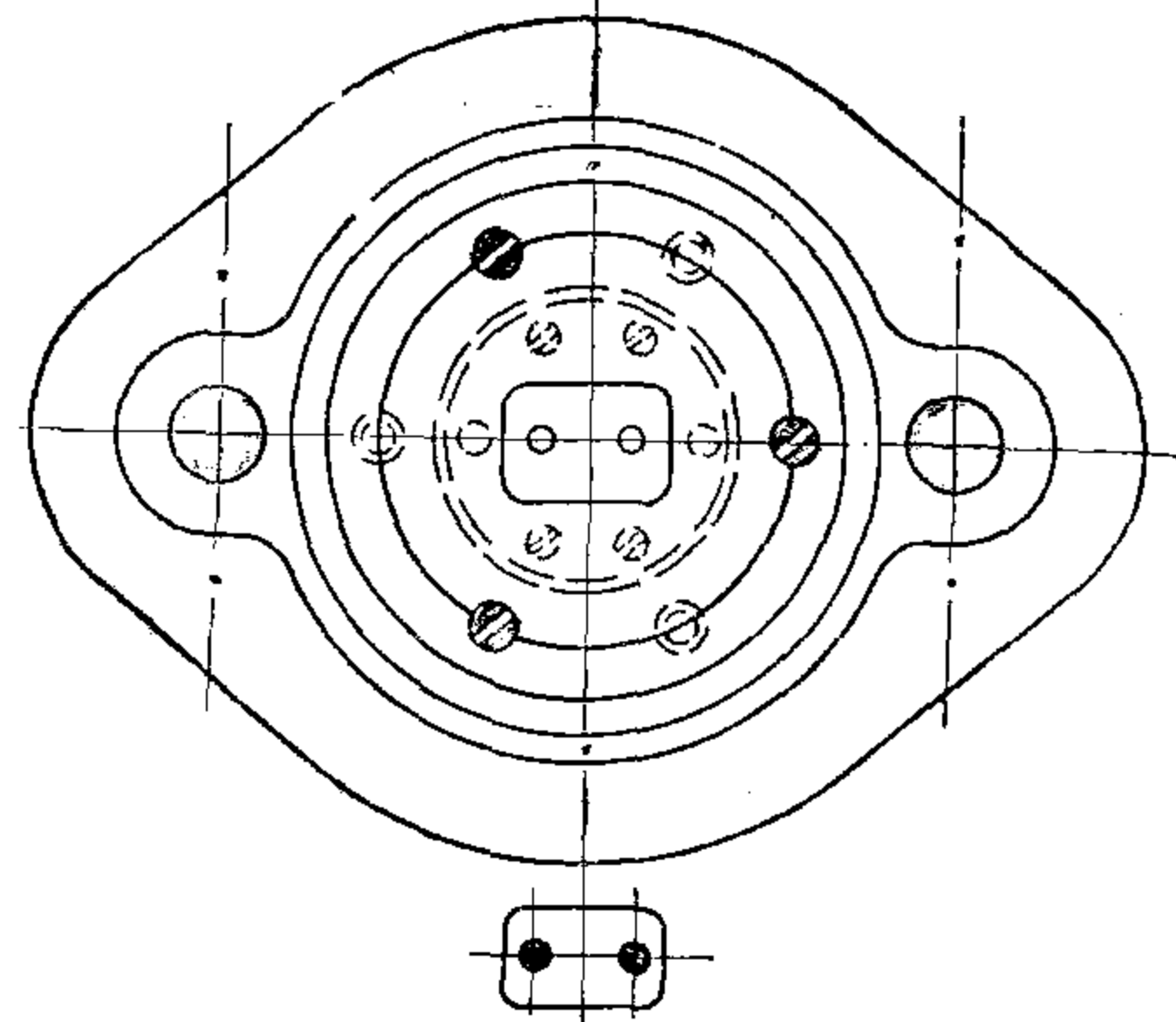
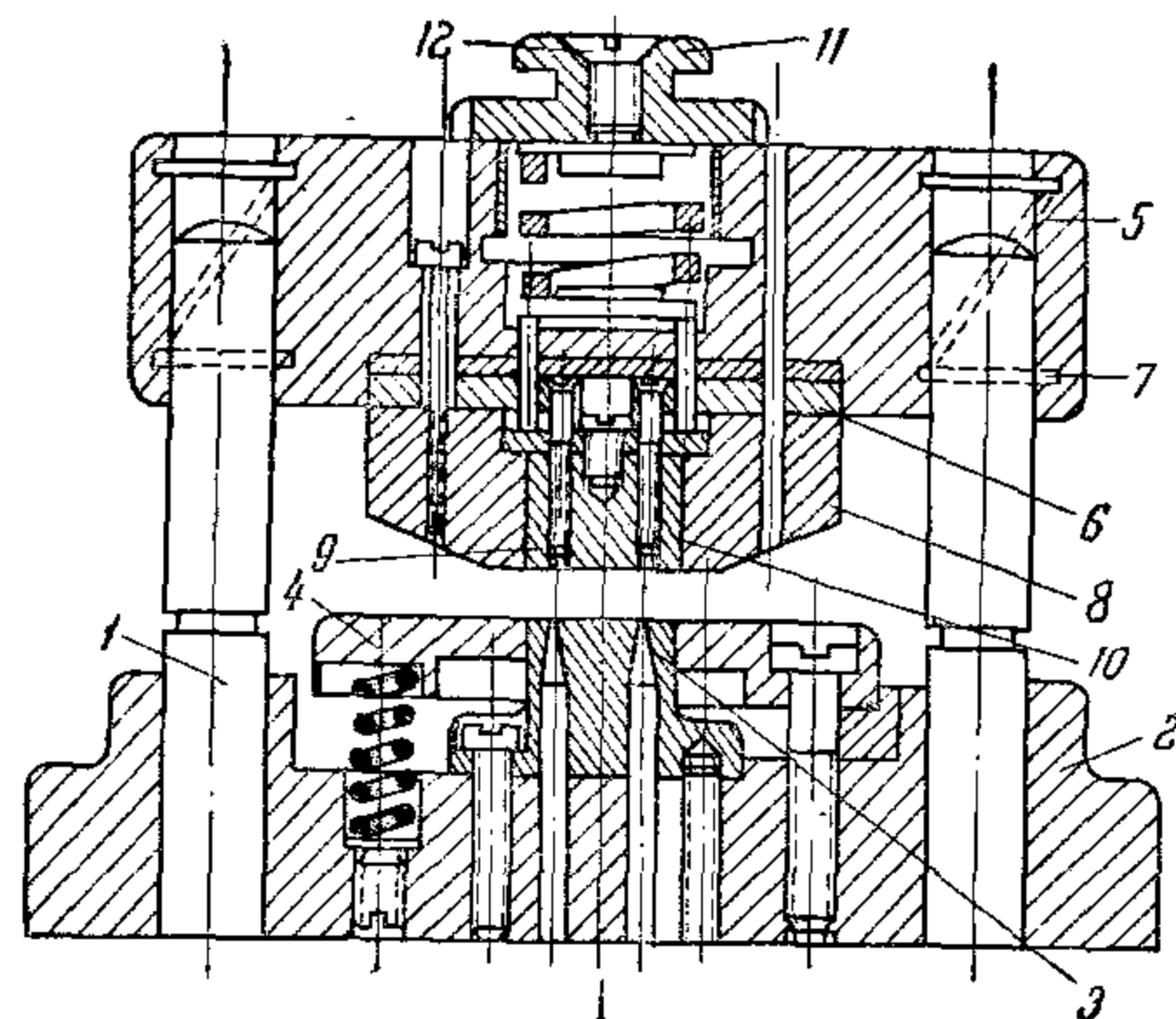


Рис. 51. Блок-штамп с направляющими колонками

Пружинный съемник 4 удерживается направляющими винтами и находится под действием трех или более цилиндрических пружин, натяг которых регулируется упорными винтами с нижней стороны подушки штампа. В верхней части штампа в специальное углубление в плите 5 вставлены пуансонодержатель 6 и упорная пластинка 7. К ним на винтах привернута матрица 8, производящая вырубку детали по наружному контуру.

В пуансонодержателе 6 расчеканены два дыропробивных пуансона 9. Внутри матрицы 8 помещается сбрасыватель 10, связанный через специальные стержни и пластинки с квадратной пружиной, помещающейся внутри верхней плиты 5, в которой также на резьбе прикреплен хвостовик 11. Натяг пружины сбрасывателя регулируется посредством винта 12, имеющегося в хвостовике.

Работа на блок-штампе происходит следующим образом:

Полосу или ленту материала подают на съемник 4 и пускают пресс. При опускании ползуна сначала прижимается материал, а затем, по мере дальнейшего его опускания, пружинящие части штампа отходят, обнажая режущие кромки инструмента, которые и производят вырубку и пробивку отверстий. При обратном ходе ползуна пресса съемник снимает ленту с пуансона, а выбрасыватель выталкивает изделие из матрицы. Продвинув полосу или ленту вперед на один шаг, производят следующую вырубку детали. Для лучшего направления ленты и обеспечения правильной вырубki деталей на штампах делают направляющие линейки, упоры, ловители и т. п.

Недостатками блок-штампов является: сложность, дороговизна изготовления и необходимость очень тщательной подгонки при сборке и установке штампа на прессе.

Указанные недостатки ограничивают применение блок-штампов в малосерийном производстве, так как первоначальные большие затраты значительно повышают себестоимость изделий.

Наибольшим распространением в массовом штамповочном производстве пользуются блок-штампы с направ-

ляющими колонками, а плунжерные блок-штампы с направляющими колонками вследствие большой габаритной высоты применяются значительно реже.

§ 5. Изготовление вырубных штампов

Пуансон и матрица вырубного штампа работают под большой нагрузкой ударного действия, поэтому к материалу вырубных штампов предъявляются повышенные требования как в части твердости, необходимой для режущих кромок, так и достаточной вязкости, необходимой для предохранения штампа от выкрашивания.

Штамп — это инструмент, требующий безукоризненного изготовления, так как он предназначен для массового производства одинаковых изделий.

Для изготовления обычных вырубных штампов простой формы применяются инструментальные стали марок У8А, У810. Для изготовления рабочих частей штампов ответственного назначения и сложной формы применяются легированные стали (сталь со специальными присадками других металлов), например стали марок Х12, Х12М по ОСТ 14958—39, вольфрамовые стали состава: 17—18% вольфрама, 1,0—1,25% ванадия; 3,75—4,25% хрома и 0,65—0,75% углерода, остальное железо.

Легированные стали стоят значительно дороже углеродистых (инструментальных) и применяются лишь при массовом производстве, где высокая их стойкость в работе вполне оправдывает затраты.

Для повышения твердости режущих кромок вырубных штампов применяется закалка и цементация матриц и пуансонов.

Цементация заключается в науглероживании поверхностного слоя инструмента.

В последние годы нашел широкое распространение электроискровой способ нанесения поверхностного слоя из твердых сплавов, что значительно повышает стойкость штампов.

Некоторые заводы, имеющие старое оборудование (с большой изношенностью), производят закалку только матрицы, а пуансон берут в работу некаленным. Объясняется это тем, что если пуансон и матрица будут кале-

ные, то даже при незначительном нарушении их центровки обе детали выйдут из строя. В случае же, если пуансон некаленный, то матрица останется неповрежденной и ремонт потребует лишь для пуансона. Матрица обычно стоит значительно дороже и ее труднее исправить.

Для вырубki тонких и мягких материалов также рекомендуется закаливать только матрицу.

Для вырубki твердых и толстых металлов рекомендуется закаливать матрицу и пуансон, что значительно увеличивает срок службы штампа при соблюдении тщательной установки на прессе.

Во время закалки частично изменяются размеры (вследствие коробления стали), особенно внутренний диаметр матрицы. Поэтому перед закалкой оставляют припуск на возможное искажение размеров матрицы в пределах 0,1—0,3 мм (в зависимости от марки стали). Легированные стали коробятся меньше, чем простые углеродистые. Форма пуансона при закалке изменяется в меньшей степени, и поэтому припуск берут 0,05—0,1 мм. После закалки размеры матрицы и пуансона доводят до нужных величин шлифовкой.

При закалке стали в ней возникают большие внутренние напряжения, которые могут привести к появлению трещин во время работы штампа. Для снятия внутренних напряжений после закалки производят отпуск.

Рабочие части вырубных штампов изготавливают с допусками по 2 или 3-му классу точности.

Высоту матрицы устанавливают в зависимости от толщины и твердости вырубного металла. Чем тоньше и мягче вырубный металл, тем матрицу делают тоньше.

Пуансон часто делают профильным по всей длине, что позволяет по мере износа нижней кромки производить перешлифовку и вновь использовать его для работы.

Диаметр толстой части пуансона для проколки отверстий должен быть не меньше 1,5—2 толщин пробиваемого материала, иначе будет мала стойкость пуансона в работе. Пуансоны диаметром меньше 25 мм для увеличения прочности должны работать с направляющими гильзами, которые также делаются из стали

Фасонным делают обычно не весь пуансон, а только нижнюю рабочую часть на высоте 10—20 мм; это удешевляет и ускоряет его изготовление.

При изготовлении больших вырубных штампов сложной конфигурации матрицы часто делают составными, что облегчает их изготовление, и при порче заменяют лишь только вышедшую из строя часть матрицы. Стыки составных матриц должны быть плотно пришлифованы, иначе в месте стыков будут получаться заусенцы.

При вырубке мелких деталей для удешевления стоимости штампов из легированной стали применяют вставные матрицы и пуансоны.

При изготовлении штампов следует избегать острых углов, так как они способствуют появлению трещин при закалке.

Способы подгонки вырубных штампов на разных заводах различны. Одни заводы вначале делают матрицу и по ней подгоняют пуансон, другие заводы, наоборот, вначале делают пуансон, а затем матрицу подгоняют по пуансону.

Выбор способа подготовки штампов зависит от размера производства, сложности конструкции штампов, наличия оборудования для изготовления штампов, материала для штампов, точности изделий и т. п.

При серийном и массовом производстве приходится изготавливать большое количество одинаковых штампов, поэтому мастерская имеет шаблоны и калибры, и по ним подгоняют штампы. В этом случае выгоднее сделать сначала матрицу и по ней подгонять пуансон, так как исправлять конфигурацию пуансона проще и дешевле, чем матрицы, особенно, если учесть, что окончательную подгонку делают после закалки.

При изготовлении одиночных штампов шаблоны и калибры обычно делают редко, так как они стоят дорого. В этом случае выгоднее сделать вначале пуансон и, подготовив соответственно матрицу (незакаленную), прошить ее готовым закаленным пуансоном, после чего окончательно довести матрицу до нужных размеров. Это часто применяется для точной вырубki из тонких заготовок. В этом случае зазор между пуансоном и матрицей будет минимальным.

При вырубке толстых изделий, а также изделий, требующих точных размеров, делают вначале матрицу, так как вырубное изделие имеет размеры, равные размерам матрицы, пуансон же подгоняют по матрице с учетом нужного размера.

В настоящее время большинство заводов работает по первому способу: вначале изготавливают матрицу, а по ней подгоняют пуансон и лишь в отдельных случаях пользуются обратным способом.

Режущие кромки матрицы и пуансона затачивают для обычных штампов строго под прямым углом; это предохраняет вырубку от смятия. Верхнюю кромку матрицы рекомендуется делать цилиндрической с высотой от 3 до 5 мм (и для вырубке тонких металлов от 1,5 до 2 мм), чтобы при затуплении кромок можно было матрицу перешлифовать и размер ее не изменился. Если же режущие кромки будут скошены под некоторым углом, то размер матрицы при перешлифовке увеличивается и матрица быстро выходит из строя.

При шлифовке матрицы обычно снимают слой около 0,15 мм, следовательно, при высоте призматической части 4 мм матрица может выдержать до 26 перешлифовок (без отжига), что значительно удлиняет срок ее службы. Наличие рабочего пояска на вырубной матрице вызывает частичную задержку вырубленных изделий в матрице и может привести к заклиниванию, что создает опасность для матрицы и увеличивает нагрузку на пресс. Поэтому на некоторых матрицах вместо цилиндрического пояска делают конусный (15—30°).

Матрица (ниже рабочего пояска) расширяется книзу под углом 2—5° для облегчения проталкивания вырубленного изделия из матрицы. При наличии цилиндрического пояска на матрице пуансон при вырубке должен входить в матрицу на 2—3 мм. При более глубоком погружении пуансона в матрицу увеличивается износ штампа.

Штамп после закалки испытывают на твердость, она должна быть равной 54—60 единиц по Роквеллу. При твердости вырубного штампа R_C выше 60 наблюдаются случаи выкрашивания рабочих кромок штампа.

Под матрицу на прессе подкладывают специальную плиту, которая служит опорой матрицы и предохраняет ее от прогиба при работе. Подкладные плиты обычно делают из чугуна, и толщина их зависит от конструкции прессы и штампа. Толщина большинства прокладочных плит 60—80 мм.

От правильного расположения хвостовика пуансона зависит нормальная работа вырубного штампа. При многопуансонном штампе и несимметричной форме пуансона хвостовик должен быть расположен в центре тяжести вырубного отверстия, иначе при вырубке будет искривление направления пуансона и весь штамп выйдет из строя.

Матрица на прессе должна быть закреплена абсолютно неподвижно и точно центрирована с пуансоном во избежание порчи режущих кромок штампа. Матрицу следует закреплять со всех четырех углов, если невозможно, то в двух углах, но обязательно по диагонали, а не с одной стороны.

Большие вырубные штампы следует закреплять в 12—16 местах. При плохом закреплении штамп может выйти из строя, а в отдельных случаях даже сломать пресс.

§ 6. Чистовая вырубка (зачистка)

При вырубке изделий из твердого металла и толстых заготовок кромка имеет неровности от скалывания, а иногда заусенцы и завалы, что портит внешний вид изделий. Детали, которые должны иметь точные размеры, чистую, ровную и перпендикулярную поверхность среза, подвергаются дополнительной чистовой вырубке.

Зачистка кромок на штампе значительно дешевле и производительнее механической зачистки.

Чистовая вырубка делается как по наружному, так и по внутреннему контурам. Она может производиться разными способами.

1. Зачистка снятием небольшого припуска производится при минимальном зазоре (0,01—0,015 мм) между пуансоном и матрицей. Режущие кромки матрицы и пуансона делаются острыми.

Режущая кромка матрицы острая, цилиндрическая часть матрицы делается высотой 6—8 мм и имеет полированную поверхность.

Указанный способ чистовой вырубкой широко применяется при изготовлении деталей для точной механики и в часовом производстве.

2. Одновременная вырубка и зачистка на штампе с пуансоном большего размера, чем матрица. Диаметр пуансона делается больше, чем у матрицы, на 0,1—0,2 толщины заготовки.

Пуансон при работе не доходит до матрицы на 0,2—0,5 мм. При этом происходит вдавливание металла в отверстие матрицы. Проталкивание через матрицу производится следующей зачищаемой деталью.

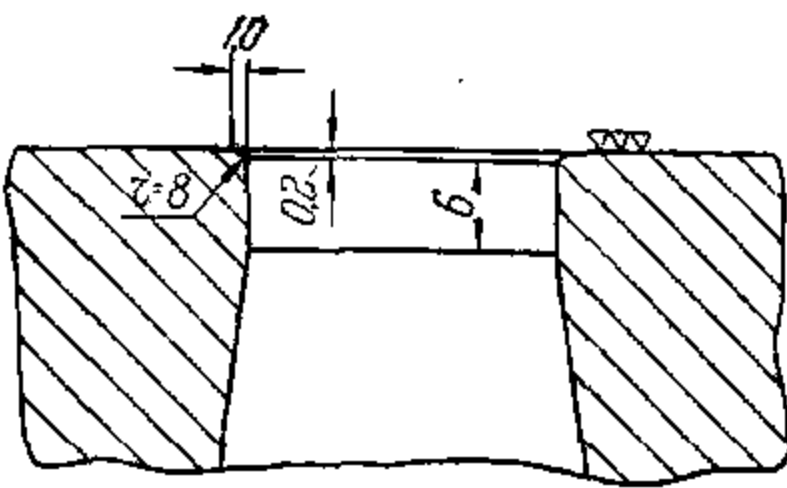


Рис. 52. Чистовая вырубная матрица с закругленной режущей кромкой

3. Зачистка обжимкой конусной матрицы. В этом случае производится проталкивание вырубленной детали через матрицу с закругленной кромкой (рис. 52). Конусность матрицы на сторону должна быть 0,15—0,20 мм (для зачистки материала толщиной 2 мм), высота рабочей части около 6 мм, радиус закругления матрицы около 8 мм. Зазор

между пуансоном и матрицей должен быть минимальный (не более 0,015 мм).

На матрице указанного профиля производится чистовая обрубка столовых и чайных ложек из алюминиевого сплава. Плоскость среза получается ровной и блестящей. Заусенцы, получающиеся на изделиях, зачищаются на специальной шарошке, что является менее трудоемкой операцией, чем зачистка всей плоскости среза¹.

Вся чистовая вырубка должна производиться на штампах с направляющими колонками или с направля-

¹ Мероприятие внедрено на заводе «Красный Выборжец» по предложению Б. В. Миляева и А. Ф. Иванова.

ющими цилиндрами, иначе штампы будут часто выходить из строя.

Чистовая вырубка (зачистка) обеспечивает повышенную точность вырубленных изделий. Для деталей размером до 50 мм, при толщине металла 1,0 мм точность зачистки достигает 0,015 мм, при толщине 3 мм — 0,03 мм, при толщине 5 мм — 0,04 мм. При чистовой зачистке изделий больших размеров точность зачистки уменьшается.

§ 7. Стойкость и ремонт штампов

Матрицы и пуансоны вырубных штампов при работе изнашиваются. Стойкость штампа обычно определяется количеством годных изделий, изготовленных на нем без ремонта. Стойкость штампа зависит от ряда факторов, основными из которых являются:

- а) качество материала штампа (твердость и прочность),
- б) состояние режущих кромок,
- в) конструкция штампа,
- г) механические свойства штампуемого материала,
- д) толщина материала,
- е) конфигурация вырубаемого изделия,
- ж) состояние пресса,
- з) смазка при вырубке.

Чем тверже и толще вырубаемый материал, тем меньше стойкость штампа. При вырубке изделий сложной конфигурации стойкость штампа снижается. Смазка штампа и вырубаемого материала снижает износ вырубного штампа.

При вырубке затупляются режущие кромки вырубного штампа и на изделиях получаются заусенцы. Штамп, в котором затуплены режущие кромки, должен быть направлен в ремонт.

Во время ремонта производится заточка (шлифовка) режущих кромок матриц и пуансона, во время которой снимается слой толщиной примерно 0,15—0,30 мм. Вырубные штампы могут подвергаться 15—25 перешлифовкам, после чего штамп поступает в капитальный ремонт.

Штамп до очередной перешлифовки может вырубить от 30 до 60 тыс. деталей из латуни и от 10 до 20 тыс. из стали.

Вырубные штампы из углеродистой стали до полного износа выдерживают от 200 до 800 тыс. ударов, а штампы из легированной стали до 1400 тыс. ударов.

Чтобы избежать нагрева режущих частей, шлифовку матриц и пуансонов производят с применением охлаждения (водой или эмульсией).

Шлифовку следует вести на круге с мелким зерном, при большом числе оборотов и с малой подачей: это увеличивает стойкость штампа.

На некоторых заводах ремонт вырубных штампов производят следующим образом: каленый штамп перед ремонтом отжигают. Затем на расстоянии 3—5 мм от края режущей кромки наклепывают металл маленьким стальным молоточком. Внутренний размер матрицы при расклепывании уменьшается. После этого матрицу шлифуют и подвергают осторожной закалке.

В настоящее время применяют более совершенные способы ремонта вырубных штампов путем наварки на режущие кромки сверхтвердого сплава стеллита (сплав железа, кобальта, вольфрама и хрома).

В последние годы широкое распространение получил электроискровой способ ремонта штампов, при котором наносится слой твердых сплавов. Электроискровой способ обработки вырубных штампов увеличивает их стойкость в два-три раза.

§ 8. Смазка при вырубке

При вырубке обычно смазывают штамп, чтобы уменьшить его износ.

Смазка вырубного штампа при вырубке алюминиевых изделий также предохраняет режущие кромки штампа от налипания на них алюминия. При одновременной вырубке и вытяжке смазка одного штампа бывает недостаточна, так как в этом случае требуется уменьшить трение между штампуемым материалом и рабочей поверхностью штампа. Смазка наносится ровным слоем на всю полосу перед вырубкой.

Смазку на штамп наносят обычно периодически специальной кисточкой, а на полосу равными способами: а) вращающимися роликами (при автоматической подаче заготовки в пресс); б) специальной щеточкой или тряпкой и др.

К смазке, применяемой при вырубке, предъявляются следующие требования: она должна легко наноситься и удаляться с штампуемого изделия, а также не быть вредной для здоровья работающих.

Наиболее распространенной смазкой для алюминия служит машинное масло (№ 6), для латуни и бронзы — мыльная эмульсия, состоящая из 0,01% соды, 0,8% мыла, 0,12% растительного масла (например хлопкового, льняного и т. п.), 0,12% олеиновой кислоты, остальное вода.

Смазка не должна иметь твердых частиц и загрязнений.

Иногда при вырубке применяется трансформаторное, веретенное и другие масла малой вязкости.

§ 9. Виды брака при вырубке

В процессе настройки вырубных штампов на прессе, а также при вырубке могут получаться различные виды брака; из них основными являются: заусенцы, зазубрины, неправильная форма вырубки, царапины и забоины.

Основными причинами появления заусенцев могут быть:

- а) затупление режущих кромок штампа,
- б) большой зазор между пуансоном и матрицей,
- в) слишком мягкий металл, поступивший на вырубку.

При затуплении режущих кромок матрицы заусенцы будут на пробиваемом отверстии; при затуплении режущих кромок пуансона заусенцы будут на вырубленной детали. Если заусенцы будут одновременно и на вырубленной детали и на пробитом отверстии, значит затуплены режущие кромки и матрицы и пуансона. Рваные заусенцы с затянутыми краями на вырубленных изделиях являются причиной большого зазора между пуансоном и матрицей при вырубке тонкого материала (тоньше

2,0 мм). Появление заусенцев на одной части окружности вырубленной детали служит следствием неравномерного распределения зазора по контуру.

При вырубке мягкого и тонкого металла зазор между пуансоном и матрицей должен быть минимальным.

Желательно вязкие металлы (медь, алюминий, цинк) рубить в жестком (наклепанном) виде.

Заусенцы недопустимы на деталях, потому что они портят внешний вид и во время вытяжки вдавливаются в изделие.

Удаляются заусенцы путем ручной или механической заправки, что является трудоемкой операцией.

На мелких деталях небольшие заусенцы удаляются при галтовке в барабане с опилками, мелкими стальными шариками или с песком.

Иногда причиной появления заусенцев может служить плохая работа пресса, особенно если сильно изношены направляющие.

Причиной образования зазубрин может быть выкрашивание режущих кромок пуансона или матрицы, а также налипание металла на режущие кромки.

Зазубрины на режущих кромках при вытяжке часто приводят к разрыву кромок на изделиях.

Зазубрин на изделиях допускать нельзя и при их обнаружении следует немедленно остановить работу и устранить причину брака.

В случае обнаружения выкрошившихся кромок штамп следует сдать в ремонт.

Причины неправильной формы вырубki следующие:

- а) недостаточная ширина полосы или ленты,
- б) неправильная подача заготовки в штамп,
- в) недоведение полосы до упора,
- г) большая серповидность полос,
- д) некорректная длина полосы по отношению к шагу вырубki,
- е) косой рез концов полосы и т. п.

Вырубка неправильной формы является окончательным браком и не пускается в дальнейшую обработку, так как из нее не получится годного изделия.

Причиной образования царапин и забоин является небрежная работа штамповщика, который в процессе

вырубki протаскивает полосу по полосе (что особенно отрицательно сказывается на полосах из алюминия, меди и других мягких металлов).

Царапины также появляются при наличии на столе у пресса выступающих острых частей.

Брак при вырубке должен быть обнаружен немедленно при его появлении и сразу же ликвидирован. Это является основной задачей работающих в борьбе за качество продукции и экономию дефицитных металлов.

§ 10. Вырубка резиной

В последние годы в штамповочном производстве стала находить большое распространение вырубка резиной, особенно в мелкосерийном производстве, при изготовлении крупных изделий и деталей сложной конфигурации.

Вырубка резиной производится из материала небольшой толщины, например из меди и алюминия толщиной не более 1,5 мм, латуни и дуралюмина не толще 1,2 мм и мягкой стали толщиной не более 0,8 мм.

Вырубка резиной облегчает и удешевляет изготовление штампов.

Наибольшее распространение вырубка резиной получила в самолетостроении.

Применяются также комбинированные штампы из резины и стали; например, пробивка резиновым пуансоном производится на стальной матрице или вырубка стальным пуансоном на резиновой матрице.

Для вырубных штампов применяются специальные сорта прочной резины.

С помощью резины можно производить как вырубку по наружному контуру, так и пробивку отверстий, а иногда и совмещать оба процесса.

Малые отверстия пробивать резиной нельзя. Например, при вырубке дуралюмина толщиной 0,5 мм минимальный диаметр отверстия 19 мм, а для толщины 1,0 мм можно вырубить отверстие диаметром не менее 38 мм.

Вырубка резиной производится на гидравлических или фрикционных прессах.

Вырубка резиной производится следующим образом (частный случай вырубki на стальной матрице резино-

вым пуансоном). На подштамповую плиту прессы устанавливают вырезной стальной шаблон (матрицу) требуемой конфигурации и толщиной 7—10 мм, затем кладут материал, подготовленный для вырубki, и сверху накладывают толстую резину, выполняющую работу пуансона. Резина для предохранения от раздачи в сторону заключается в специальный кожух. При опускании ползуна прессы резина сначала сжимается и в свою очередь давит на материал, продавливая его через отверстие матрицы. Режущие кромки стальной матрицы врезаются в материал и обрубают его.

Иногда на подштамповую плиту устанавливают не одну, а несколько вырубных матриц для получения изделий различных конфигураций. Промежутки между вырубными матрицами устанавливаются 12—16 мм, а припуск по краям дается 20—40 мм.

Следовательно, при вырубке резиной получаются большие отходы материала.

Кромки изделий, вырубленных на резиновом штампе, обычно имеют завалы и неровный срез, поэтому для многих изделий приходится давать дополнительную чистовую вырубку или зачистку на специальных станках.

Резина при вырубке деформируется в пределах 20—45%, причем наилучшие условия и наибольший срок службы резины обеспечиваются при степени деформации порядка 20%.

Резина в процессе вырубki изнашивается, и ее поверхностный слой разрушается.

В большинстве случаев затраты на резину вполне окупаются значительным снижением стоимости изготовления вырубных штампов по сравнению с изготовлением обычных стальных штампов.

ГЛАВА VIII

ГИБКА

§ 1. Процесс гибки

Гибка является весьма распространенной операцией в штамповочном производстве.

Гибка в штампах обеспечивает высокую производительность и хорошее качество изделий и производится на эксцентриковых, кривошипных, гидравлических и горизонтальных прессах (бульдозерах), а также на специальных гибочных станках. Рассмотрим детально процессы деформации при гибке металла. Для изучения явлений, происходящих в металле при гибке, на боковые поверхности прямоугольного бруска наносят сетку и затем его изгибают.

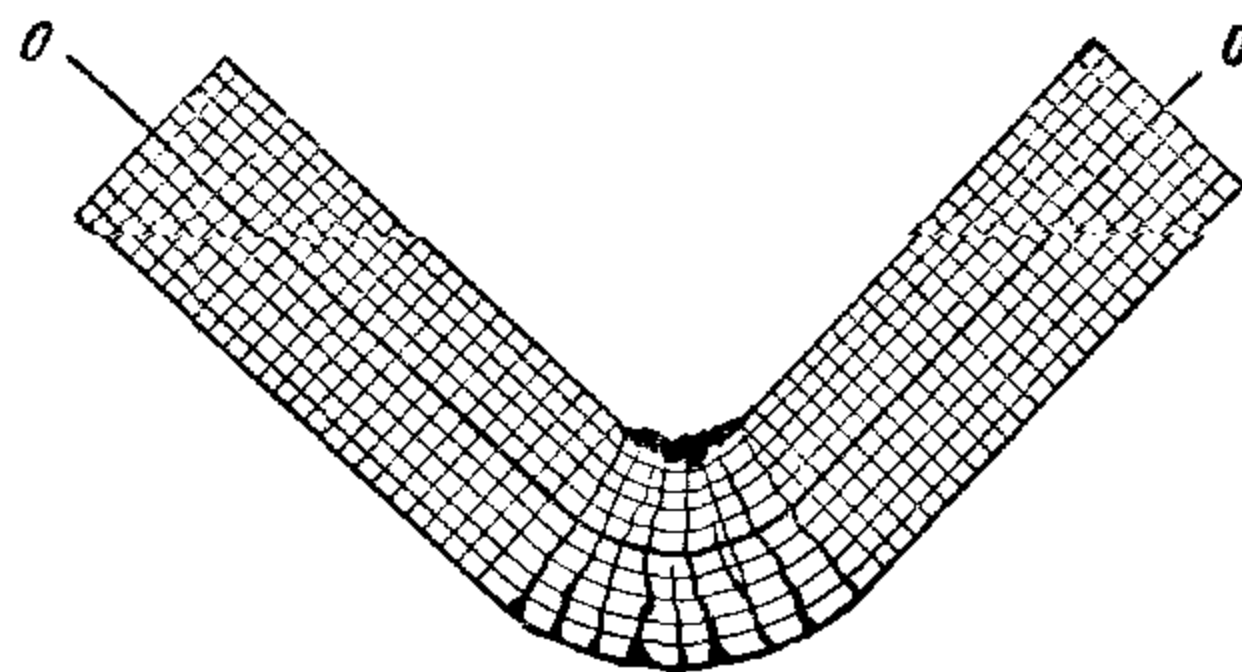


Рис. 53. Изменение сетки при изгибе бруска

Как видно из рис. 53, после изгиба бруска изменение направления линий сетки наблюдается лишь на участ-

ках, расположенных вблизи линии гибки. При этом поперечно расположенные линии сближаются у внутренней поверхности металла (со стороны пуансона) и расходятся у внешней поверхности (со стороны матрицы).

Рассматривая расположение линий, параллельных оси гибки, можно видеть, что у внутренней поверхности бруска расстояние между линиями увеличилось, а у внешней поверхности бруска линии сблизились. Между растянутыми и сжатыми слоями металла находится нейтральный слой $O-O$, который не изменился по длине.

Таким образом, при гибке волокна металла со стороны пуансона сжимаются в продольном и растягиваются в поперечном направлении. Наружные волокна сжимаются в поперечном и растягиваются в продольном направлении. Толщина бруска в зоне гибки частично уменьшается. В процессе гибки металл упрочняется.

Если толстый брусок металла подвергнуть двух- или трехкратному изгибу, в металле образуются трещины в поперечном направлении (параллельно линии гибки). Это свидетельствует о значительном уменьшении пластичности металла при многократном изгибе бруска. Чем больше степень деформации при гибке, тем больше изменяются механические свойства изогнутого участка бруска. Линию гибки на деталях следует стремиться располагать перпендикулярно направлению прокатки, так как прочность металла поперек волокон значительно понижена (особенно у полутвердого металла).

Расположение нейтральной линии при гибке зависит от радиуса изгиба. Если радиус значительно больше толщины металла, то нейтральная линия располагается ближе к середине бруска. Если радиус гибки близок к толщине металла, то нейтральная линия будет смещена к внутренней поверхности бруска (т. е. в сторону пуансона). Смещение нейтральной линии будет тем больше, чем меньше радиус гибки. При большом смещении нейтральной линии к внутренней поверхности растягивающие напряжения наружных волокон металла будут возрастать, и при предельном значении для данного материала на внешней поверхности будут образовываться трещины, располагающиеся параллельно линии гибки.

Наиболее благоприятна гибка, при которой величина радиуса больше пяти толщин изгибаемого металла.

Пригодность металла для гибки в основном зависит от его исходных механических свойств. Лучший изгиб дает мягкий (отожженный) металл, жесткий же (наклепанный) металл вследствие своей упругости при изгибе значительно пружинит, а иногда дает трещины. Учитывая, что некоторые детали после гибки должны обладать определенной твердостью и упругостью, их изготавливают из полужесткого или даже наклепанного металла, прилагая для гибки большее усилие, чем это требуется для мягкого металла.

§ 2. Усилие гибки

Подбор мощности пресса для производства гибочных работ должен производиться с учетом усилия, требующегося для гибки.

При проведении экспериментальных работ было установлено, что усилие для гибки зависит от следующих факторов:

- 1) механических свойств металла: чем тверже металл, тем больше усилия требуется для его гибки;
- 2) толщины и ширины заготовки: чем толще и шире заготовка, тем большее усилие требуется для гибки;
- 3) степени деформации при гибке: чем больше степень деформации при гибке, тем большее усилие требуется для гибки.

Кроме того, на величину усилия при гибке влияют наличие прижима заготовки при гибке, величина зазора между пуансоном и матрицей гибочного штампа и т. п.

Для подсчета усилия при гибке ряд авторов предлагает различные формулы, сложные для расчетов в производственных условиях и не дающие точных результатов. Многие производственники пользуются простой формулой, рекомендованной Гипромашем, расчет по которой хотя и не дает точных величин, но получаемые данные вполне достаточны для ориентировочного подбора мощности пресса.

Формула для подсчета усилия при гибке:

$$P_r = K \cdot B \cdot t \cdot \sigma_{\text{пл}}$$

где P_r — потребное усилие при гибке, кг;

B — ширина заготовки, мм;

t — толщина заготовки, мм;

$\sigma_{пч}$ — предел прочности при растяжении, кг/мм²;

K — коэффициент, зависящий от отношения радиуса гибки к толщине заготовки; берется по таблице 20.

Таблица 20

		Коэффициент K						
Отношение $\frac{r}{t}$		0,1	0,25	0,50	1,0	2,0	5,0	10,0
Коэффициент K		0,55	0,48	0,40	0,30	0,20	0,10	0,06

Пример. Подсчитать потребное усилие при гибке мягкой латуни толщиной 3 мм, шириной 50 мм при радиусе гибки 6 мм:

Подставляем в формулу наши данные.

$$t = 3; \quad B = 50, \quad r = 6;$$

$$\sigma_{пч} = 28 \quad \text{при} \quad \frac{r}{t} = \frac{6}{3} = 2.$$

K будет равен по таблице 0,20.

$$P_r = 0,20 \cdot 50 \cdot 3 \cdot 28 = 840 \text{ кг.}$$

Следовательно, для гибки данной детали нужно иметь пресс мощностью не менее 840 кг.

§ 3. Радиусы закругления при гибке

Ввиду того что величина радиуса закругления гибочного штампа влияет на усилие гибки и качество изгибаемых деталей, выбору радиуса должно уделяться должное внимание.

При малом радиусе закругления могут разорваться растягивающиеся волокна. Кроме того, ускоряется износ штампа, поэтому следует знать минимально допустимые величины радиуса закругления гибочного штампа. Для каждого металла практикой установлен нижний предель-

ный (внутренний) радиус закругления угла гибки. Минимальный радиус подсчитывается по формуле. $r = K \cdot t$, где t — толщина заготовки, K — коэффициент для данного металла.

Коэффициенты K для отдельных металлов следующие:

для меди	0,25
» мягкой латуни	0,30
» жесткой »	0,40
» мягкой стали	0,50
» стали средней твердости	0,55

Пример. Рассчитать минимальный радиус закругления угла гибки для меди толщиной 6 мм.

Подставляем данные в формулу:

$$r = 0,25 \cdot 6 = 1,5 \text{ мм.}$$

Если линию гибки по конструктивным соображениям приходится делать под углом меньше 90° к направлению прокатки, то минимальный радиус гибки необходимо увеличивать на 40—50%, чтобы не допустить появления трещин на изделиях.

Для облегчения условий гибки и уменьшения трения при скольжении детали по матрице края делают закругленными и полированными. Наличие на кромках заготовки незачищенных заусенцев требует увеличения радиуса гибки в 1,5—2 раза.

Заусенцы при гибке должны быть на сжимаемой стороне, так как иначе они могут привести к образованию трещин по кромкам.

§ 4. Определение размеров заготовки

При определении размеров заготовки для получения той или иной детали необходимо учитывать, каким способом производится гибка, каков ее характер и отношение радиуса гибки к толщине металла. Если радиусы гибки будут больше половины толщины заготовки, то длину заготовки, идущей на угол закругления, можно принять равной четверти длины окружности. На закруглениях расчет ведется по нейтральной линии, которая находится на расстоянии $a \cdot t$ от внутренней стороны изделия (где a — коэффициент, зависящий от отношения

радиуса закругления к толщине заготовки t). Значения коэффициента a для материалов толщиной от 0,5 до 2,5 мм приведены в табл. 21.

Таблица 21

		Величина коэффициента a					
Отношение $\frac{r}{t}$		0,5	0,8	1,2	2,0	3,0	5,0
Коэффициент a		0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50

Следовательно, при определении размера заготовки нужно сложить длину прямых участков детали и прибавить подсчитанную длину нейтральной линии на закруглениях. Если же радиус гибки меньше толщины заготовки, то в месте изгиба происходит значительная деформация металла, которую нельзя учесть вышеприведенным способом. В этом случае большинство исследователей рекомендует к прямым участкам детали прибавлять на образование угла для одноугольной гибки от 0,4 до 0,6 t (для мягких металлов 0,4 t , для твердых 0,6 t).

При одновременной гибке нескольких углов происходит частичное растяжение материала в середине и по концам детали. В этом случае прибавление длины заготовки на образование углов берут в пределах 0,25—0,30 t на каждый угол.

Пример. Подсчитать длину заготовки, имеющей четыре загнутых угла (рис. 54). Толщина заготовки 5 мм, материал — мягкая латунь. Длина плоских частей равна 40, 30, 50, 20 и 40 мм. Радиусы гибки 8 мм.

Подсчитаем общую длину прямых участков изделия $40 + 30 + 50 + 20 + 40 = 180$ мм. Прибавим добавку на загибку углов — увеличение на два крайних угла по 0,4 t и на другие два угла по 0,25 t ; всего будет:

$$(5 \times 2 \times 0,4) + (5 \times 2 \times 0,25) = 6,5 \text{ мм};$$

получаем:

$$180 + 6,5 = 186,5 \text{ мм.}$$

Следовательно, заготовка перед гибкой должна иметь длину 186,5 мм.

Размеры заготовки окончательно уточняются обычно после практической проверки. Сначала делают штамп для гибки, а заготовку вырезают слесарным способом по

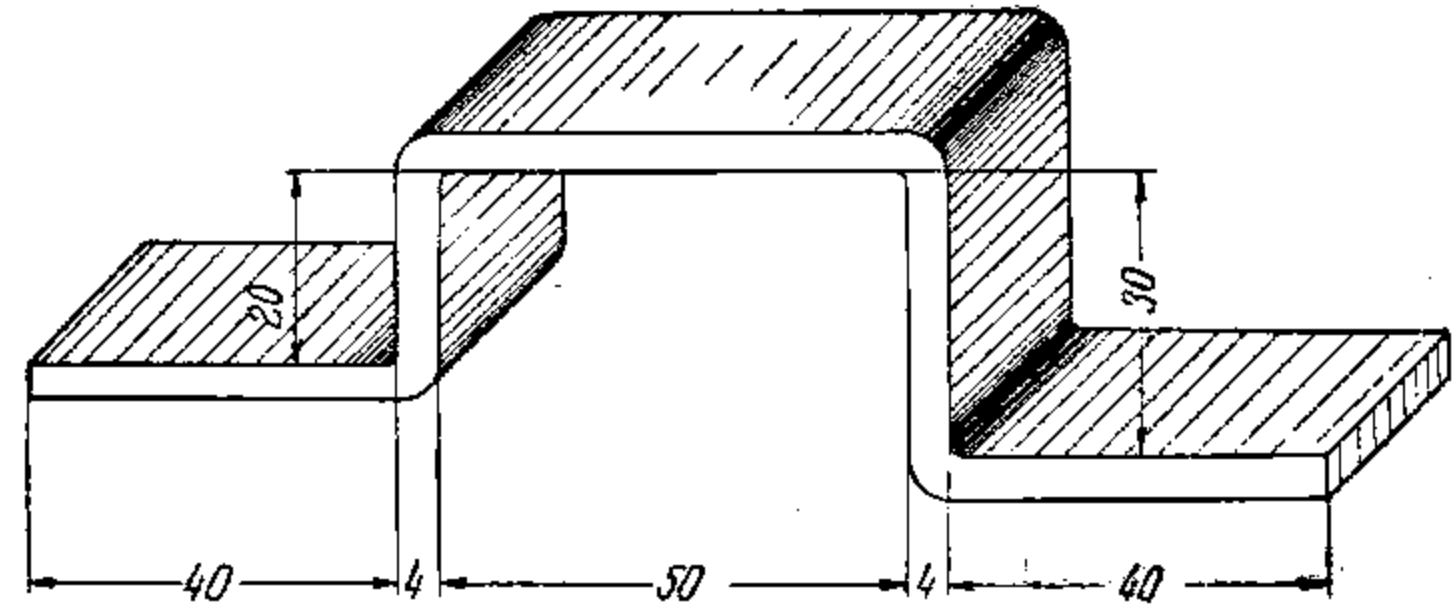


Рис. 54. Форма детали для расчета заготовки перед гибкой

ориентировочным подсчетам. Затем после гибки на штампе проверяют размеры готовой детали и корректируют размер заготовки.

§ 5. Пружинение после гибки

Мягкие металлы (медь, алюминий и т. п.) после гибки весьма незначительно изменяют упругие свойства, поэтому детали, изготовленные из них, после выхода из штампа почти полностью сохраняют свою изогнутую форму. При гибке деталей из полужесткого и особенно жесткого металла вследствие упругих свойств материала форма деталей после гибки изменяется: увеличивается размер загнутых углов, т. е. происходит частичное распрямление углов.

Изменение размеров детали по сравнению с размерами, заданными штампом, называется упругим пружинением; разница между действительным углом гибки (в штампе) и получаемым после гибки называется углом пружинения.

Величина пружинения при гибке зависит от ряда факторов, из которых основными являются:

а) механические свойства материала: чем тверже материал, тем больше угол пружинения;

б) толщина материала: чем толще материал, тем меньше угол пружинения;

в) отношение радиуса гибки к толщине материала: чем больше $\frac{r}{t}$, тем больше угол пружинения.

Кроме того, угол пружинения при гибке зависит от величины зазора между пуансоном и матрицей гибочного штампа, от силы удара при гибке и т. п.

При гибке одного угла пружинение бывает больше, чем при двухугловой гибке деталей.

Во время гибки деталей в упор угол пружинения бывает меньше, чем при свободной гибке (без упора).

При проектировании гибочного штампа угол рабочей части инструмента делают меньше на величину угла пружинения, с тем, чтобы после выхода из штампа деталь имела требуемый угол.

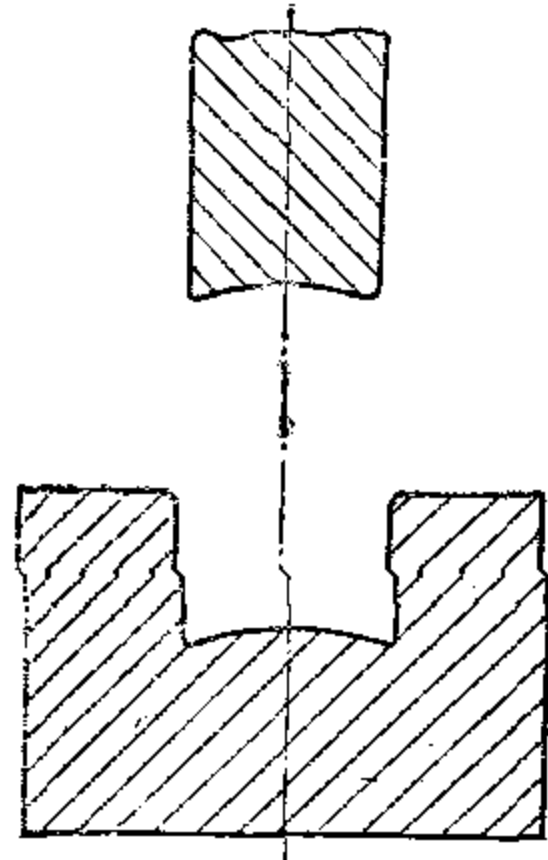


Рис. 55. Огнутая выемка на гибочном штампе

Практической проверкой на ряде заводов были установлены средние углы пружинения (табл. 22).

Для уменьшения пружинения при двухугловой гибке у пуансона на нижней (торцевой) стороне делают небольшую вогнутую выемку (рис. 55), а на матрице соответственный выступ, вследствие чего получается частичный изгиб нижней плоскости детали. После выхода детали из гибочного штампа нижняя часть детали выпрямится и компенсирует отпружинивание стенок.

Величину выемки пуансона устанавливают практически.

Таблица 22

Углы пружинения для различных металлов при гибке под прямым углом

Материал	Толщина материала мм	Отношение внутреннего радиуса гибки к толщине металла	Угол пружинения град.
Мягкая латунь, бронза и сталь	До 0,8	Меньше 1	4
		1—5	5
		Свыше 5	6
	0,8—2,0	Меньше 1	2
		1—5	3
		Свыше 5	4
Свыше 2,0	Меньше 1	0	
	1—5	1	
	Свыше 5	2	
Сталь средней твердости	До 0,8	Меньше 1	5
		1—5	6
		Свыше 5	8
Полутвердые латунь и бронза	0,8—2,0	Меньше 1	2
		1—5	3
		Свыше 5	5
	Свыше 2,0	Меньше 1	0
		1—5	1
		Свыше 5	3

§ 6. Зазоры между пуансоном и матрицей при гибке

Величина зазора между пуансоном и матрицей при гибке влияет на точность изготавливаемых изделий. Слишком малый зазор между пуансоном и матрицей вызывает значительное утонение отдельных участков изделия и повышение усилия при гибке. Слишком большой зазор вызывает повышенное пружинение и большие от-

клонения формы изделия от заданных размеров. Рекомендуется принимать следующий минимальный зазор при двухугловой гибке.

Для меди, алюминия, цинка и т. п.	$Z_{\text{мин.}} = 1,1 t$
» латуни и бронзы	$Z_{\text{мин.}} = 1,2 t$
» стали	$Z_{\text{мин.}} = 1,4 t$

Верхний предел зазора определяется в зависимости от требуемой точности и проверяется обычно практически.

Зазор делается за счет размера пуансона в том случае, когда требуется получить определенный наружный размер изделия. Когда же требуется выдержать внутренний размер изделия, то зазор делается за счет матрицы.

§ 7. Штампы для гибки

Для гибочных работ применяется большое количество штампов разных конструкций. Все гибочные штампы можно подразделить на три основные группы:

- 1) простые,
- 2) сложные,
- 3) комбинированные.

Главными частями гибочного штампа являются матрица и пуансон. Кроме того, в зависимости от конструкции гибочные штампы имеют прижимное устройство, фиксирующие планки, или штифты, выталкиватели, качающие колодки, боковые клинья и т. п.

На простых гибочных штампах производится несложная гибка изделий. Простые штампы часто изготавливаются без направляющих приспособлений, без сбрасывателей и других специальных устройств.

Простые штампы легко и быстро изготавливаются, стоят дешево и применяются в большинстве случаев для выпуска деталей, не требующих большой точности. На рис. 56 показан штамп для гибки U-образных деталей. Работа на этом штампе производится в следующем порядке.

Заготовка 1, предварительно вырубленная из листового материала, кладется на матрицу 2 между упорными

планками 3. Пуансон 4, опускаясь, производит гибку изделия, после чего оно приобретает нужную нам форму 5. Гибочные штампы иногда делают с выталкивателем (рис. 57). Матрица 1, укрепленная на плите 2, имеет вырез, в котором помещается подвижная часть (выталкиватель) 3, упирающаяся в пружину 4.

После подъема пуансона вверх пружина поднимает выбрасыватель и выталкивает готовое изделие из матрицы.

При опускании пуансона выталкиватель 3 погружается в матрицу. Простые гибочные штампы применяются также для изготовления прямоугольных деталей (рис. 58), где пуансон 1 и матрица 2 имеют форму, соответствующую конфигурации готового изделия 3.

На гибочных штампах можно производить также гибку изделий по окружности (рис. 59). В матрицу 1 вставляется стальное кольцо 2, закрепленное шурупами 3. Кольцо 2 имеет прорезь, в которую вставляется заготовка 4. Пуансон 5 давит на заготовку. Заготовка, опускаясь в кольцо 2, постепенно принимает соответствующую форму.

Изделие после гибки вынимают из матрицы (выдвижением его в сторону от себя). Закругление кромок производят на специальном штампе, показанном на рис. 60.

Здесь на пуансоне 1 насажено кольцо 2 с соответствующей выточкой 3 (указанной отдельно внизу). При опускании пуансона 1 вниз кромка изделия закругляется по форме выточки 3 в кольце.

Имеется также ряд других конструкций простых гибочных штампов, работа которых аналогична описанным выше.

Для гибки деталей более сложной конфигурации применяются штампы, выполняющие несколько гибочных переходов за один ход пресса. Сложные гибочные штампы, хотя и стоят значительно дороже простых штампов, но они вполне себя экономически оправдывают в массовом производстве, так как заменяют несколько простых штампов и обеспечивают хорошее качество изделий.

Для примера рассмотрим работу сложного гибочного штампа с боковыми перемещающимися пуансонами (рис. 61).

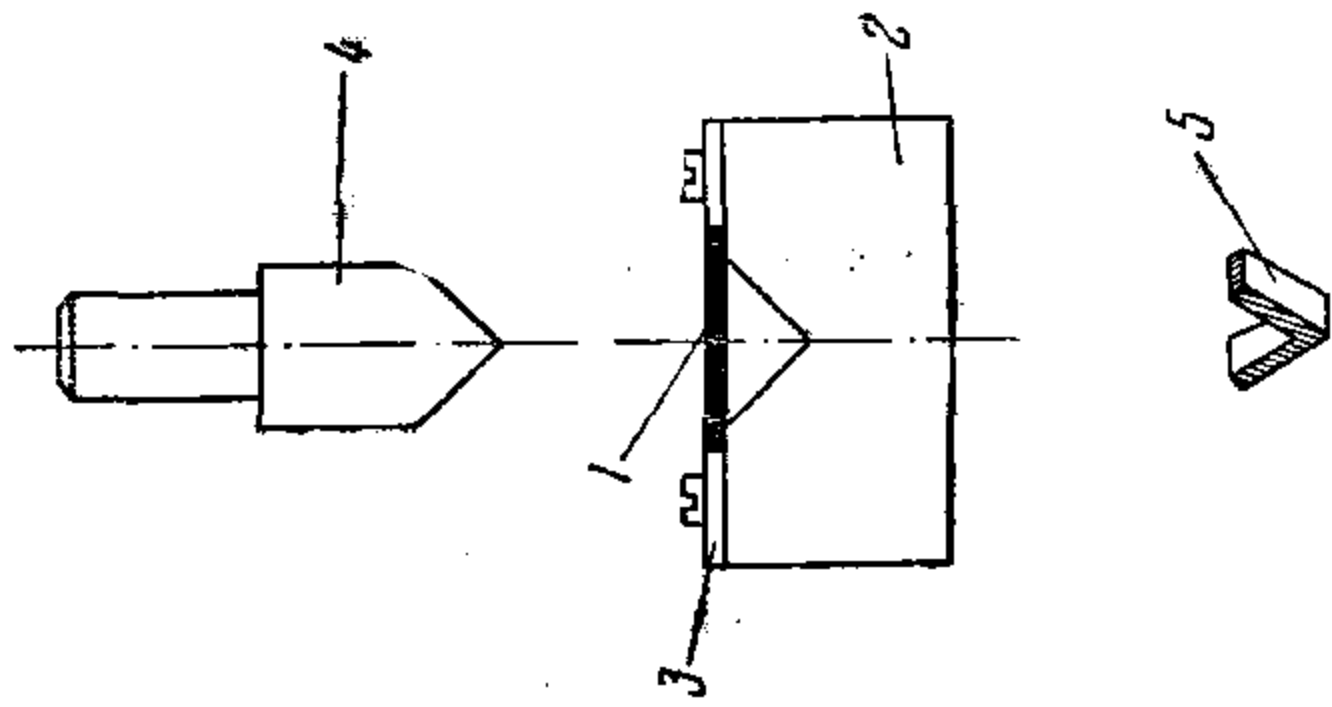


Рис. 56. Простой гибочный штамп:

1 — заготовка; 2 — матрица; 3 — упорные планки; 4 — пуансон; 5 — готовое изделие

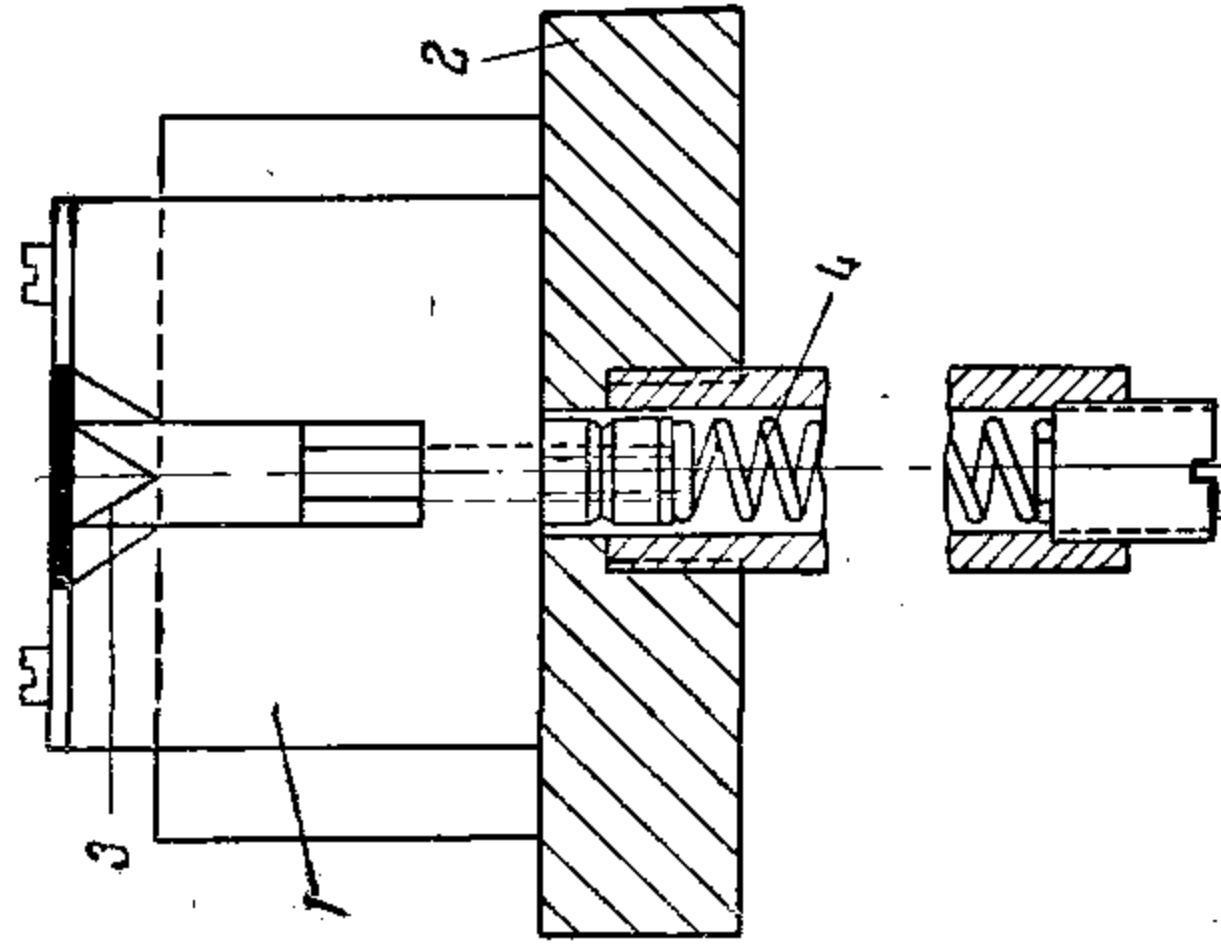


Рис. 57. Гибочный штамп с выталкивателем

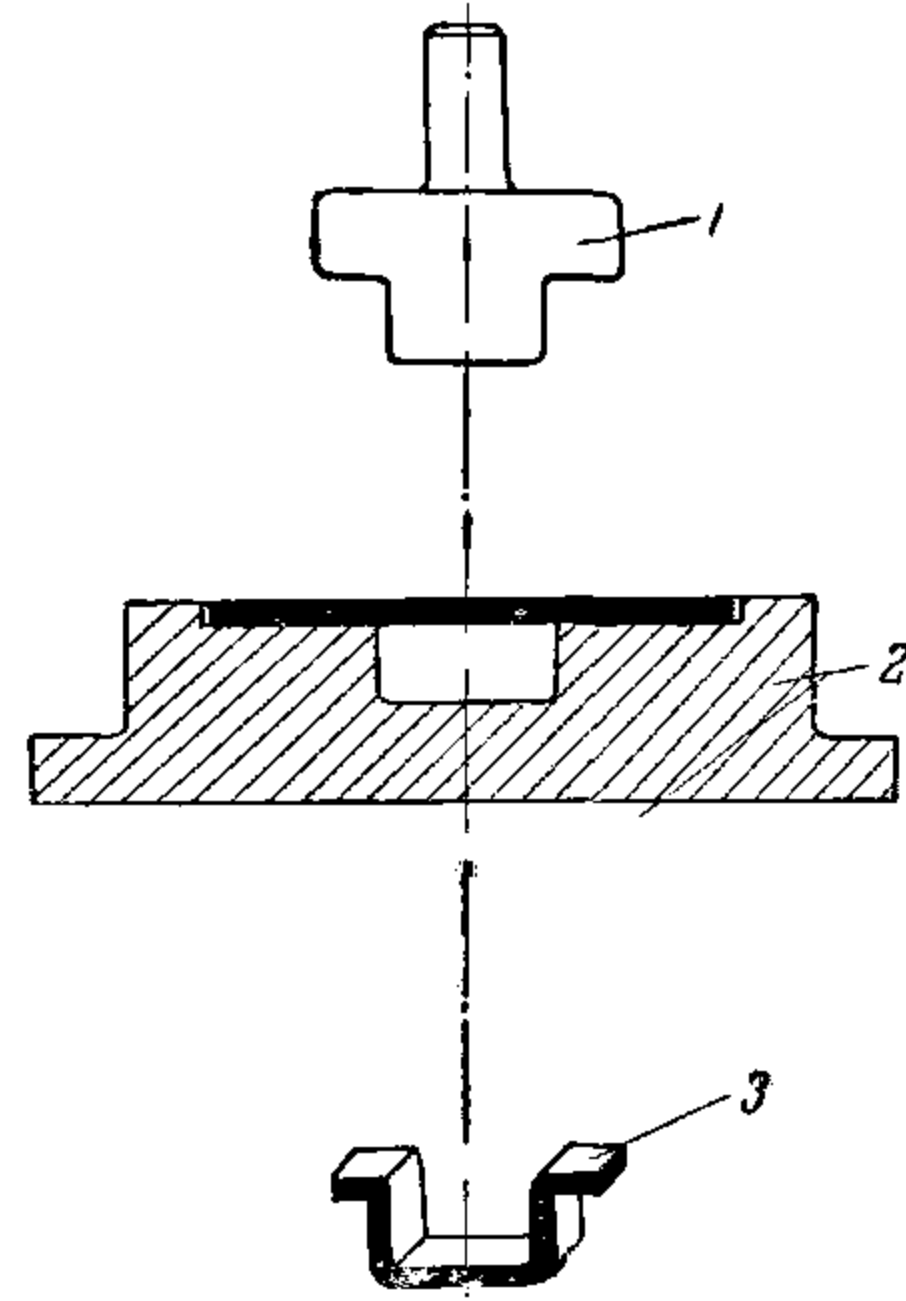


Рис. 58. Простой гибочный штамп для прямоугольных деталей

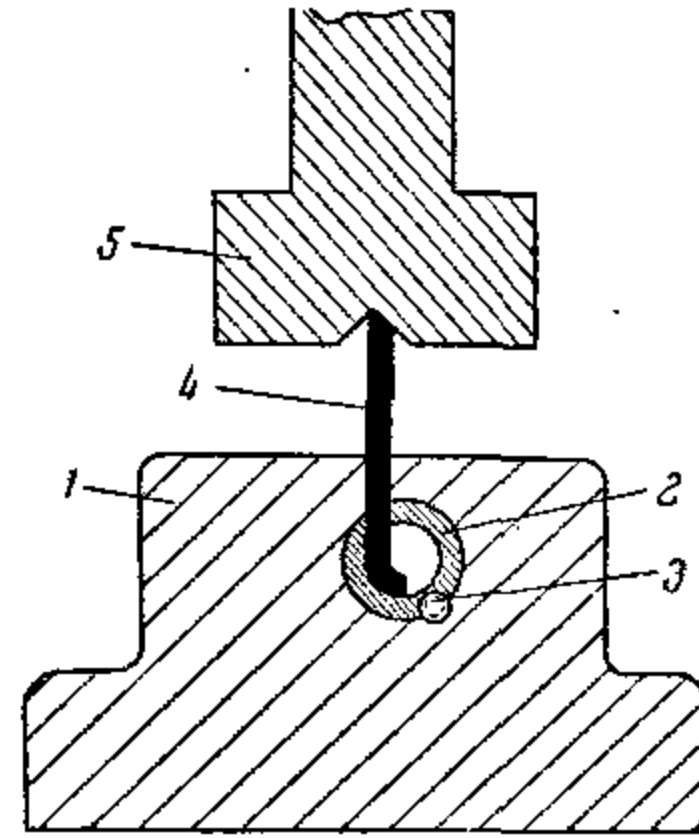


Рис. 59. Штамп для изгиба по дуге круга

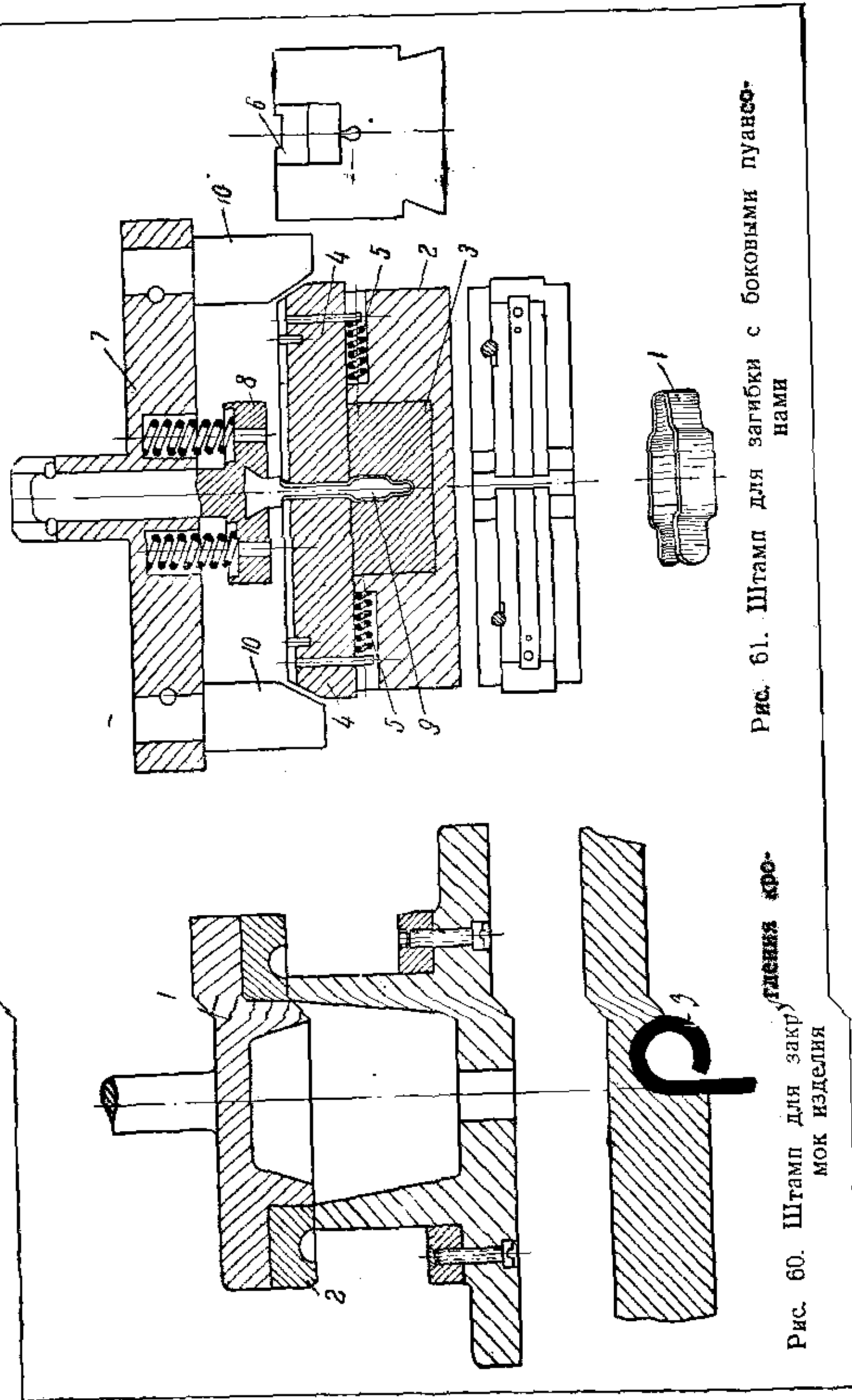


Рис. 61. Штамп для загибки с боковыми пуансонами

Рис. 60. Штамп для закругления концов изделия

Конструкция этого штампа следующая: в нижнюю плиту 2 вставлена матрица 3, которая по своей форме соответствует наружному контуру нижней части скобы. Сверху матрицы 3 расположены боковые перемещающиеся пуансоны 4, которые под действием пружин 5 стремятся раздвинуться и занять крайнее положение. Верхняя часть боковых пуансонов 4 (вынесены на рис. 61 отдельно справа) имеет углубление 6 по ширине плоской заготовки для штампуемой скобы. В верхней плите 7 скользящая державка 8, в которой закреплен (на ласточкином хвосте) основной пуансон 9, придающий форму полученному изделию. В плиту 7 вставлены клинообразные рычаги 10 с односторонним скосом для перемещения нижних боковых пуансонов 4. Заготовка кладется в державку 8 боковых пуансонов 4. При опускании пуансона 9 сначала происходит изгиб полосы, и после того как пуансон займет нижнее положение, клинообразные рычаги 10 тоже опустятся вниз и скошенными частями нажмут на боковые пуансоны 4, которые передвинутся к середине и произведут требуемый изгиб изделия по форме пуансона 9.

После подъема верхнего пуансона 9 рычаги 10 поднимутся и освободят боковые пуансоны 4, которые под давлением пружин 5 переместятся от центра к краям. Пуансон 9 поднимется вместе с изготовленным изделием, которое снимется перемещением его в сторону, т. е. в направлении, перпендикулярном чертежу. На представленном штампе можно изготавливать детали указанной формы 1.

Сложные гибочные штампы бывают с вращающимися валиками (рис. 62). На концах валиков прикреплены пружины специальной формы, которые возвращают валики в первоначальное положение, после того как пуансон поднимется вверх и изделие снимается с пуансона.

В штамповочном производстве применяются также сложные гибочные штампы с качающимися скобами (рис. 63).

Для гибки изделий, имеющих сложную конфигурацию, часто делают матрицы и пуансоны составными из нескольких частей. Это облегчает и удешевляет изготовление штампов и упрощает их ремонт. Радиусы закругле-

ния гибочной матрицы должны быть одинаковыми, иначе при гибке деталь может соскользнуть в одну сторону и форма получится искаженной.

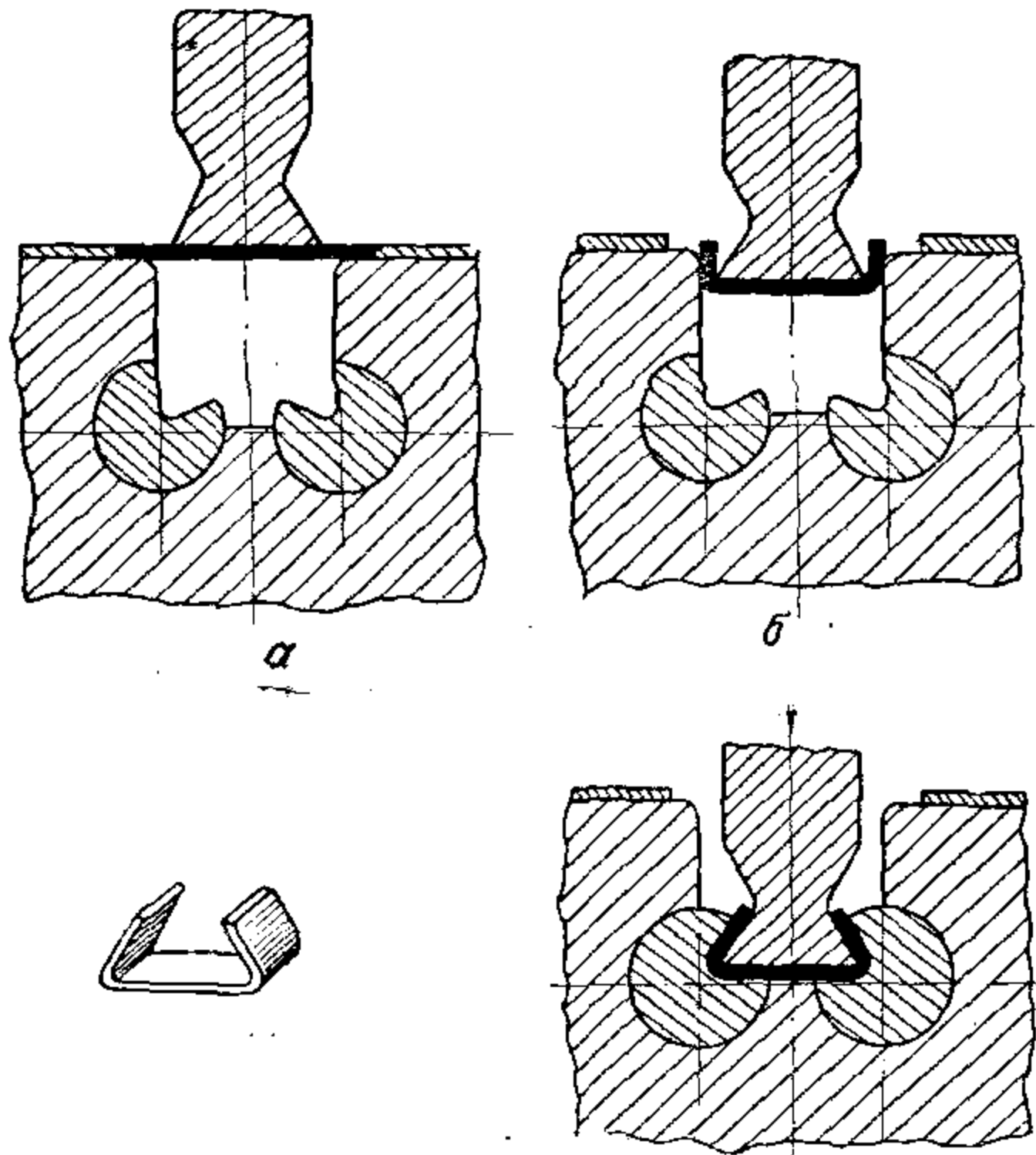


Рис. 62. Сложногибочный штамп с вращающимися валиками:

а — исходное положение; *б* — промежуточное положение; *в* — конечное положение

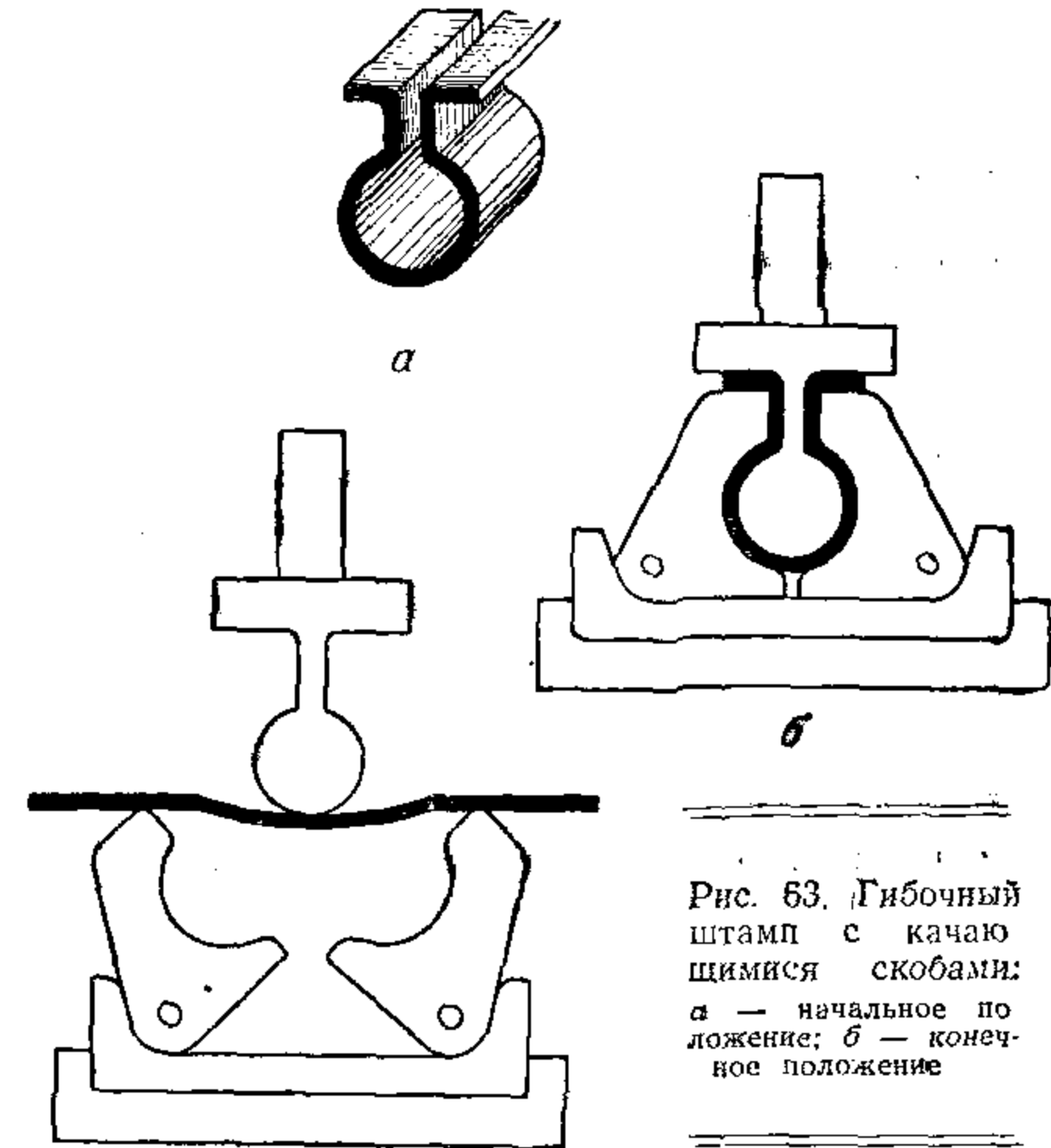


Рис. 63. Гибочный штамп с качающимися скобами:
а — начальное положение; *б* — конечное положение

Гибочные штампы для изготовления точных изделий делают с направляющими приспособлениями, подобно вырубным штампам.

Сложные гибочные штампы часто снабжаются специальным устройством для автоматической съемки детали с пуансона, что повышает производительность и делает работу на прессе безопасной.

Гибочные штампы иногда, наряду с гибкой, производят и другие операции: вырубку, пробивку, отрезку и т. п.

На комбинированных штампах производят одновременно несколько операций.

Деталь изготавливают путем последовательного перемещения полосы. Сначала производят пробивку или нарезку заготовки и затем, во время дальнейшего передвижения при втором ходе пуансона, производят загибку и отрезку детали.

Иногда обрубку и загибку производят на одном более сложном штампе за один ход пуансона.

Одновременную вырубку и гибку на комбинированных штампах производят только для деталей, не требующих большой точности.

Вследствие возможной утяжки отверстий детали при большой гибке, как правило, проколку отверстий в деформируемом участке производят после гибки, иначе они теряют свою форму и смещаются относительно размеченных осей детали.

§ 8. Гибка труб

Особым видом гибочных работ является гибка труб, которая требует специальных условий.

Гибка труб представляет собой сложную технологическую операцию. При несоблюдении некоторых условий в зоне гибки могут появиться складки (морщины) на внутренней поверхности трубы или надрывы (продольные трещины) с наружной стороны трубы.

Трещины и складки на трубах появляются при гибке в том случае, когда удлинение наружных волокон достигает предельного значения для данного металла, а также вследствие повышенного трения трубы о поверхность рабочей части штампа.

Для снижения трения при гибке труб часто применяются вращающиеся ролики. Гибка труб производится с наполнителями и без наполнителей. Наполнители улучшают условия деформации трубы и служат для предохранения от появления морщин на изделиях. При холодной гибке тонкостенных труб в качестве наполнителей применяется просушенный, просеянный морской песок, свинец, канифоль и т. п. Без наполнителей производится

гибка лишь толстостенных труб, притом только под большим радиусом закругления.

Трубы, изгибаемые в горячем состоянии, всегда гнутся с наполнителями.

Гибка труб производится на специальных штампах или гибочных станках.

§ 9. Материал для гибочных штампов

Ввиду того, что большинство гибочных штампов работает на истирание, сжатие, а иногда и на удар, для их изготовления применяются материалы, обладающие после закалки повышенной твердостью (порядка 60—65 по R_c)

Для изготовления матриц и пуансонов простых штампов применяют углеродистые стали марок У8А и У10А.

Гибочные штампы больших размеров, работающие без резких ударов и сотрясений, часто делают из чугуна. Иногда применяют чугун, легированный никелем и хромом.

Для изготовления сложных гибочных штампов, особенно при массовом производстве, рабочие части штампов делают из высококачественных легированных сталей марок Х12М, 9ХС, ХВГ и т. п.

Высокая стоимость штампов, изготовленных из легированных сталей, вполне оправдывается ввиду высокой стойкости их в работе.

Гибочные штампы из легированной стали выдерживают от 700 до 900 тыс. ударов до полного их износа. При ремонте гибочных штампов после износа рабочих граней производят наплавление твердыми сплавами. В настоящее время широкое распространение получил электроискровой способ упрочнения и ремонта рабочих частей штампов.

Для выполнения гибочных работ применяют штампы из резины со стальными частями. Пуансон обычно изготавливают из стали, и ему придается форма и размеры в соответствии со штампуемым изделием. Резина выполняет роль матрицы, и ее заключают в специальную оправку (кожух). При рабочем ходе пресса резина, производя давление на листовый материал, придает ему форму стального пуансона. Для гибки применяется резина средней твердости.

Гибку с помощью резины производят в большинстве случаев на гидравлических и иногда на фрикционных прессах.

§ 10. Виды брака при гибке

В случае нарушения технологического процесса или использования дефектного инструмента при производстве гибочных работ может получиться брак следующих видов: трещины, несоответствие формы изделий заданной, утонение металла в местах изгиба, вмятины и т. п.

Причины появления трещин следующие:

1. Недостаточная пластичность металла. В этом случае необходимо повторно отжечь металл, придав ему нужную для гибки пластичность.

2. Слишком малый радиус закругления при гибке (радиус меньше толщины материала). Необходимо увеличить радиус гибки или повысить пластичность материала.

3. Наличие больших заусенцев на вырубленной заготовке (трещины по кромкам).

При гибке пластины с заусенцами следует класть вверх заусенцами, чтобы при гибке они были обращены внутрь детали, или лучше предварительно удалить заусенцы с плоской заготовки.

Несоответствие формы штампуемой детали требуемой может быть вызвано из-за:

а) неправильного определения угла пружинения детали при гибке,

б) неправильного изготовления штампа (величины углов или глубины матрицы).

Для изжития этого вида брака следует переделать штамп с учетом всех обнаруженных недостатков.

Чрезмерное утонение заготовки в месте изгиба обычно связано со следующими причинами:

а) малым радиусом закругления рабочих частей штампа,

б) деформацией среднего участка за счет растяжения зоны гибки, в то время как концы заготовки зажимаются между пуансоном и матрицей.

Для устранения утонения детали необходимо переделать штамп.

Несоответствие длины отдельных участков деталей заданным.

Причиной брака является сдвиг заготовки под штампом при гибке вследствие отсутствия или слабого прижима заготовки, а также из-за неправильной конструкции штампа.

Вмятины на поверхности деталей образуются вследствие неправильного выбора радиуса закругления матрицы или попадания между матрицей и материалом или между пуансоном и материалом посторонних твердых частиц.

ГЛАВА IX

ВЫТЯЖКА ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА

§ 1. Процесс вытяжки

Вытяжка является штамповочной операцией, при которой из плоской заготовки, с помощью штампа, получается открытое полое изделие.

Простым примером вытяжки может служить получение из круглой плоской заготовки полого цилиндра (стакана, кружки, кастрюли и т. п.). С помощью вытяжного штампа можно также уменьшить диаметр полого изделия (последующая вытяжка).

Вытяжка особенно быстро стала развиваться в текущем столетии, раньше полые изделия не изготовлялись штамповкой, а получались ручными способами, например выколачиванием молотком на специальных патронах или обработкой на давилых станках.

Лишь в первой половине текущего столетия вытяжка стала завоевывать себе ведущее место в штамповочном производстве и особенно широкое распространение получила с массовым выпуском изделий.

Вытяжка на штампах по сравнению с давилной обработкой значительно более производительна, точность изготовляемых изделий при вытяжке намного выше.

В штамповочном производстве различают два вида вытяжки: с утонением и без утонения стенок.

Рассмотрим вначале подробно вытяжку без утонения стенок изделия.

Вытяжка производится на штампе, состоящем из двух основных частей — матрицы и пуансона. Главными отличительными особенностями вытяжного штампа от ранее рассмотренного вырубного штампа являются следующие:

1) рабочие кромки матрицы и пуансона закруглены;

2) между пуансоном и матрицей вытяжного штампа делается зазор, превосходящий толщину заготовки на 15—30%.

На рис. 64 представлена схема простого вытяжного штампа.

На матрицу 1 кладут заготовку 2 и сверху на нее давят пуансоном 3. При опускании пуансона плоская заготовка начинает проталкиваться в матрицу, но так как диаметр заготовки значительно больше диаметра матрицы, фланец заготовки поднимается и образует по всей окружности складки 4, которые препятствуют дальнейшему продвижению изделия через матрицу.

Основной причиной образования складок при вытяжке изделий служит наличие избыточного материала в за-

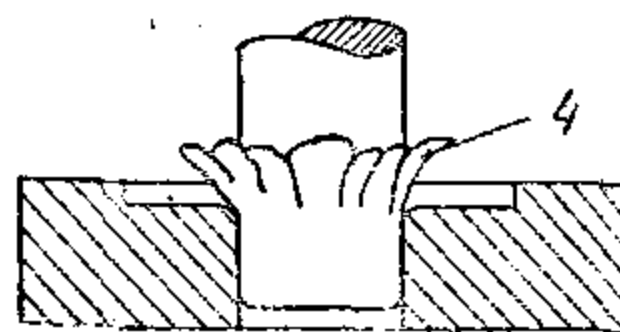
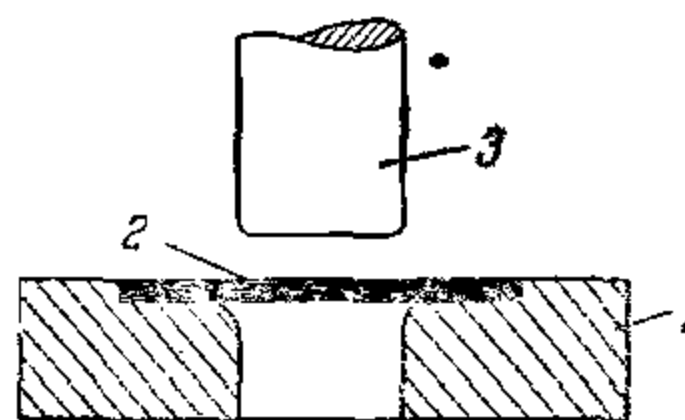


Рис. 64. Образование складок при вытяжке без прижима заготовки

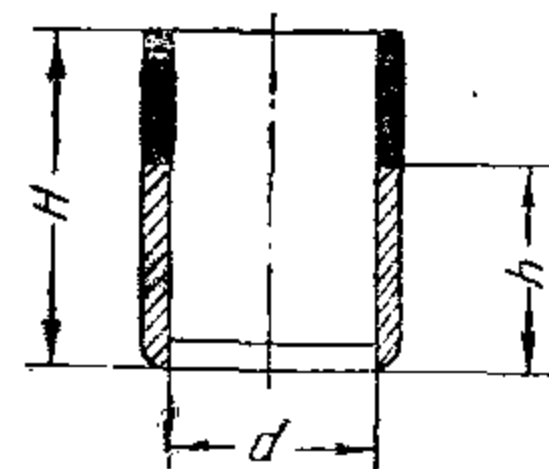
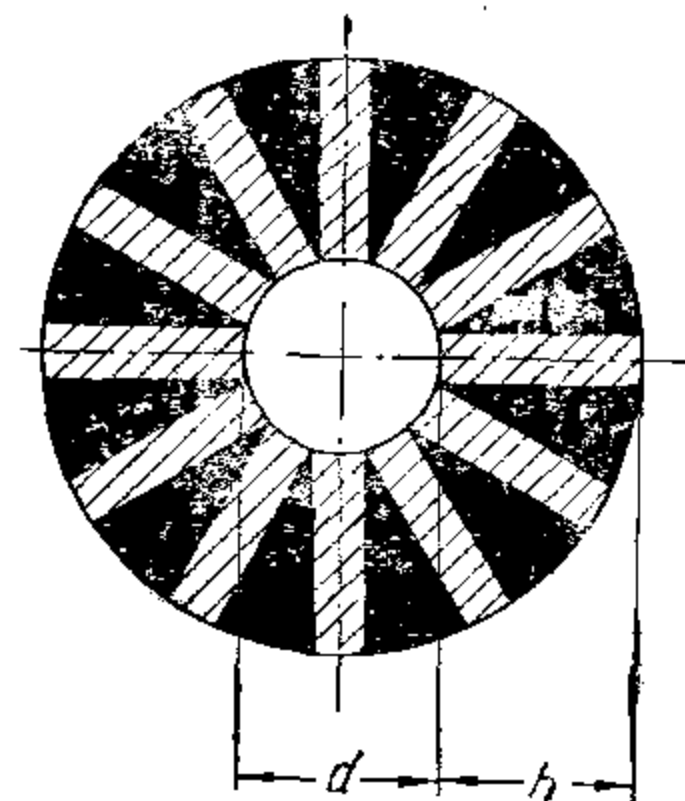


Рис. 65. Вытяжка круга

готовке. Чтобы нагляднее видеть перемещение металла при вытяжке, разделим условно поверхность круга, предназначенного для вытяжки, на три части (рис. 65).

Середина круга (незаштрихованная часть на рисунке) — это будущее дно вытягиваемого изделия. Другая часть круга, из которой должна образоваться при вытяжке боковая поверхность цилиндра, может быть разделена на две части: прямоугольники (заштрихованные на рисунке), из которых будет образована боковая поверхность цилиндра, и треугольники (зачерненные на рисунке) —

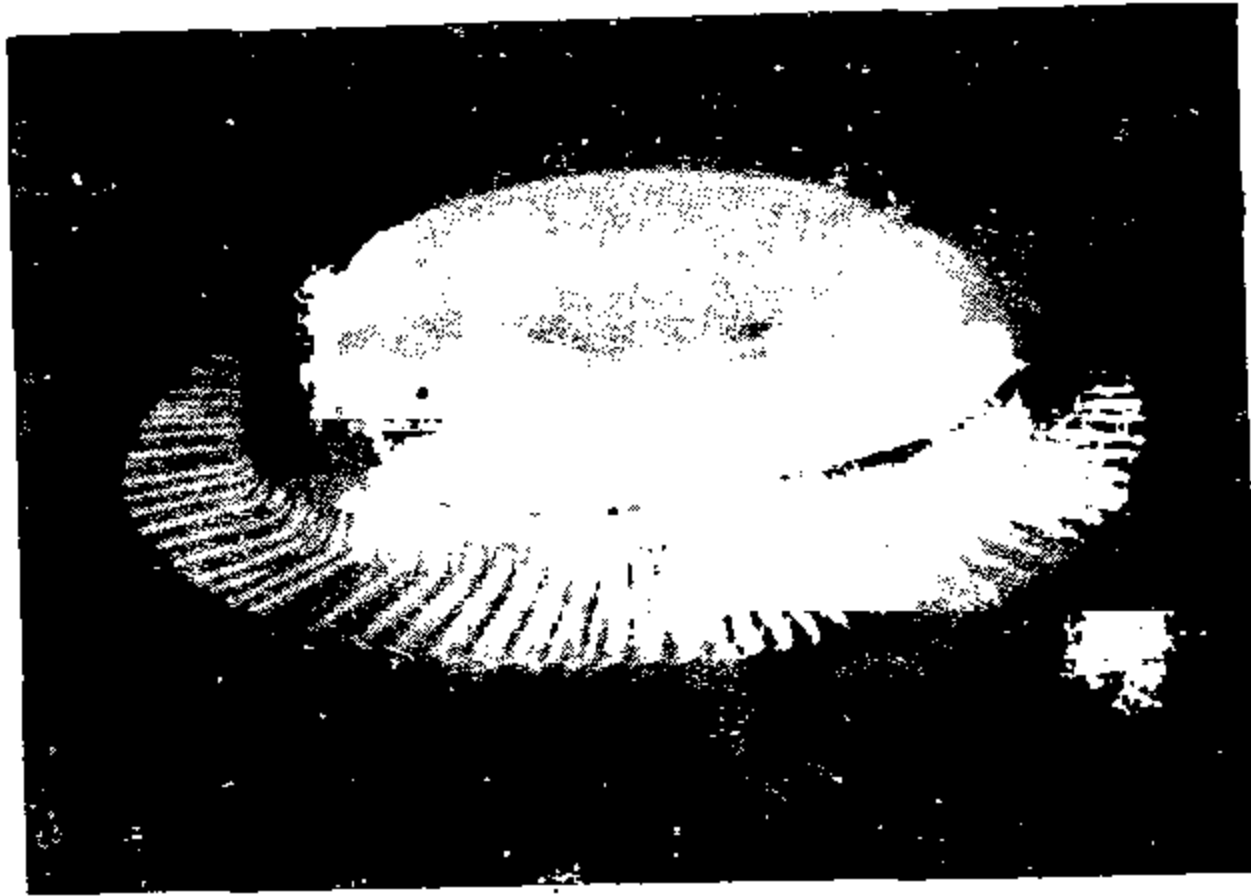


Рис. 66. Складки (морщины) при вытяжке

избыточный металл, который также должен при вытяжке быть вытеснен из пространства между прямоугольниками и увеличить высоту вытягиваемой детали. Эти избыточные «характеристические треугольники» и образуют при вытяжке складки (морщины) (рис. 66).

Складки при вытяжке недопустимы. Для устранения складок на боковой поверхности изделий зазор между пуансоном и матрицей раньше пытались делать равным толщине заготовки. Это затрудняло условия вытяжки и приводило, особенно при глубокой вытяжке, к разрыву металла.

Для борьбы со складками при вытяжке применяют прижимное кольцо (складкодержатель).

Прижимное кольцо при опускании наружного ползуна двухходового пресса прижимает фланец заготовки к матрице и при последующем опускании пуансона препятствует образованию складок на вытягиваемом изделии. Сила давления прижимного кольца составляет обычно около 10% от усилия, потребного для вытяжки.

Если давление прижимного кольца недостаточно, то изделие после вытяжки получается с волнистыми боковыми стенками, что является признаком брака.

Чрезмерно большое давление прижимного кольца вызывает дополнительное утонение стенки у дна изделия, что часто влечет за собой разрыв изделия. Прижимное кольцо, выполняя полезную работу по устранению складок при перемещении избыточного металла, увеличивает трение в штампе и тем самым повышает нагрузку на пресс.

Вытяжка без прижимного кольца применяется только при изготовлении невысоких изделий, а также при штамповке толстостенных изделий, где складки обычно не получаются или выглаживаются при прохождении через матрицу.

При вытяжке металл подвергается весьма сложной пластической деформации. Под действием приложенного давления металл доводится до состояния текучести.

В процессе вытяжки металл находится в объемно-напряженном состоянии, при этом различные участки изделия испытывают разные напряжения.

Рассмотрим схему напряженного состояния металла в трех различных участках вытягиваемого изделия в процессе самой вытяжки (рис. 67).

Дно *a* цилиндрического изделия при вытяжке подвергается двухстороннему растяжению.

Часть заготовки *б*, находящаяся в зазоре между пуансоном и матрицей, находится в условиях линейного растяжения.

Фланец *в* заготовки находится под прижимным кольцом. На этот участок действуют растягивающие силы в радиальном направлении и сжимающие силы в тангенциальном и осевом направлениях.

Под действием приложенных сил заготовка во время вытяжки изменяет свою форму; в различных участках изделия изменяется толщина стенок и вместе с этим изме-

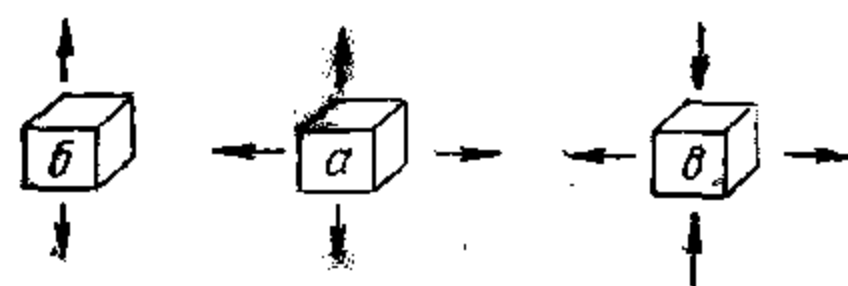
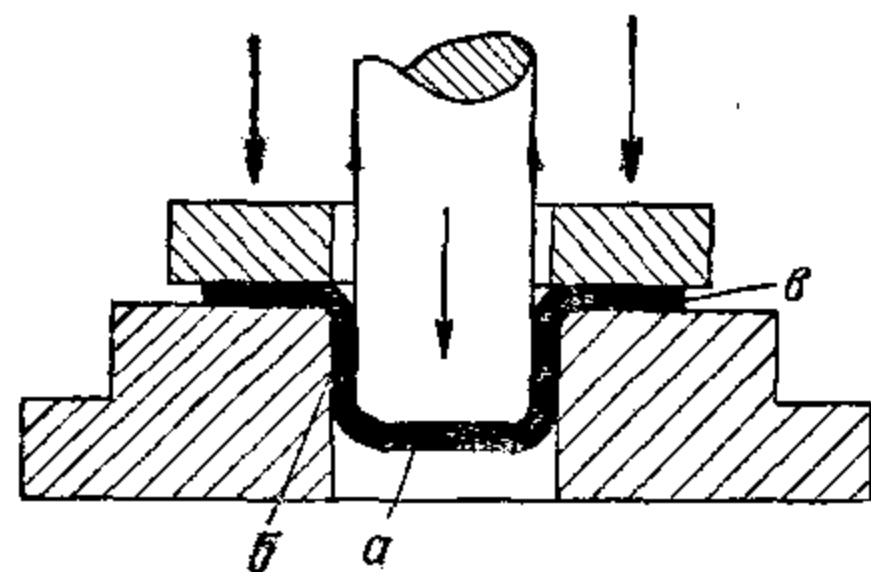


Рис. 67. Схема напряженного состояния металла при вытяжке: а — дно изделия; б — часть изделия в зазоре между матрицей и пуансоном; в — часть изделия под складкодержателем (фланец)

няются механические свойства металла. Толщина плоского дна цилиндрического изделия остается почти без изменения. Объясняется это тем, что растягивающие напряжения на этом участке при вытяжке бывают обычно незначительные и утонение получается в пределах 1—2%, которыми часто пренебрегают и считают, что толщина дна в процессе вытяжки не изменяется. Незначительная деформация дна изделия почти не вызывает изменения механических свойств металла. Микроструктура металла в этом месте совершенно не отличается от микроструктуры заготовки.

Место закругления боковых стенок у дна изделия подвергается значительному растяжению с утонением металла на данном участке. Утонение в месте закругления у дна изделия бывает в пределах 3—18% от толщины материала и зависит от ряда факторов:

1) пластичности металла: чем пластичность металла меньше, тем при вытяжке получается большее местное утонение; распространяется оно на небольшом участке; объясняется это тем, что металл, имеющий недостаточную пластичность, при растяжении получает утонение на не-

большом участке; пластичные же металлы имеют утонение на большем участке и более равномерное;

2) величины радиусов закругления рабочих кромок штампа: чем меньше радиус закругления, тем больше будет местное утонение изделия;

3) силы прижима складкодержателя: чем сильнее прижим складкодержателя, тем будет большее утонение у дна изделия;

4) силы трения при вытяжке: чем больше трение, тем больше утонение;

5) степени деформации, т. е. разности диаметров до вытяжки и после вытяжки: чем больше степень деформации, тем больше утонение;

6) величины зазора между пуансоном и матрицей: чем меньше зазор, тем больше утонение.

Во избежание обрыва дна изделия удельное давление при вытяжке должно быть меньше предела прочности данного металла на разрыв.

Проверка микроструктуры закругленного участка стенки у дна изделия показывает, что кристаллиты имеют вытянутую форму в направлении вытяжки. В этом участке металл частично упрочняется.

Вертикальные (боковые) стенки отштампованного изделия по мере приближения к верхней кромке непрерывно утолщаются. Это утолщение составляет 15—20% от толщины заготовки и зависит от:

1) силы прижима складкодержателя: чем сильнее прижим, тем меньше утолщение стенки при вытяжке;

2) степени деформации: чем больше степень деформации, тем больше утолщение стенки;

3) высоты изделия: чем выше изделие, тем больше утолщение стенки;

4) величины зазора между пуансоном и матрицей: чем больше величина зазора, тем больше утолщение.

При вытяжке без прижимного кольца утолщение стенок изделия будет больше, а утонение в месте закругления у дна изделия меньше.

Механические свойства вертикальных стенок отштампованного изделия отличаются от механических свойств заготовки, так как стенки во время вытяжки упрочня-

ются. При этом минимальное упрочнение будет у дна изделия, а максимальное — у верхней кромки изделия.

Количественные данные по изменению механических свойств металла при вытяжке сообщаются подробно в разделе «Упрочнение металла при вытяжке и термическая обработка штампованных изделий».

Микроструктура металла также значительно изменяется. На верхних участках боковых стенок кристаллиты сильно измельчаются и имеют вытянутую форму. Металл, упрочняясь, при вытяжке теряет свою пластичность, и если требуется дальнейшая вытяжка, необходимо вводить промежуточный отжиг полуфабриката.

Некоторые металлы, например алюминий и медь, могут выдерживать несколько вытяжек без промежуточных отжигов.

Латунь, мельхиор, бронза, сталь и т. п. получают значительное упрочнение при глубокой вытяжке и требуют введения отжигов почти после каждой вытяжки.

Для получения наглядного представления о характере деформации металла при вытяжке применяется метод координатной сетки (на заготовку наносятся линии в различных направлениях).

На заготовке (рис. 68, а) перед вытяжкой были нанесены радиальные линии.

После вытяжки на боковой поверхности цилиндра радиусы принимают строго вертикальное положение и распределяются параллельно друг другу (рис. 68, б) на равном расстоянии.

На рис. 69 представлен вид отдельного участка заготовки после перемещения его в радиальном направлении.

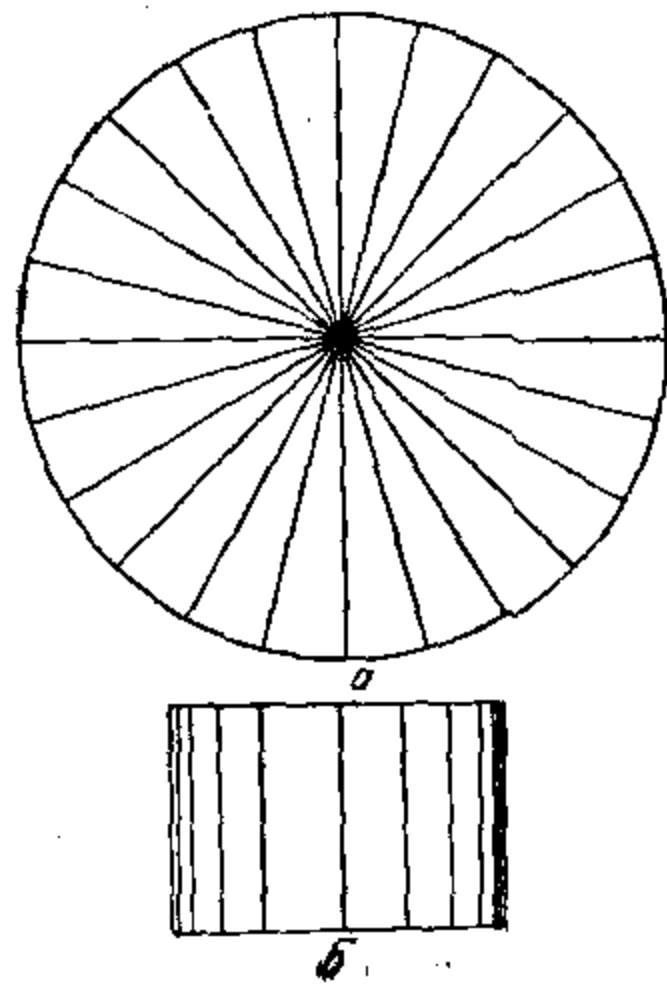


Рис. 68. Перемещение радиусов с круга на боковую поверхность цилиндра

На рис. 70 показаны изменения, происходящие с квадратной сеткой при вытяжке (заготовки на рис. 70, а). Сетка из квадратов после вытяжки приняла на цилин-

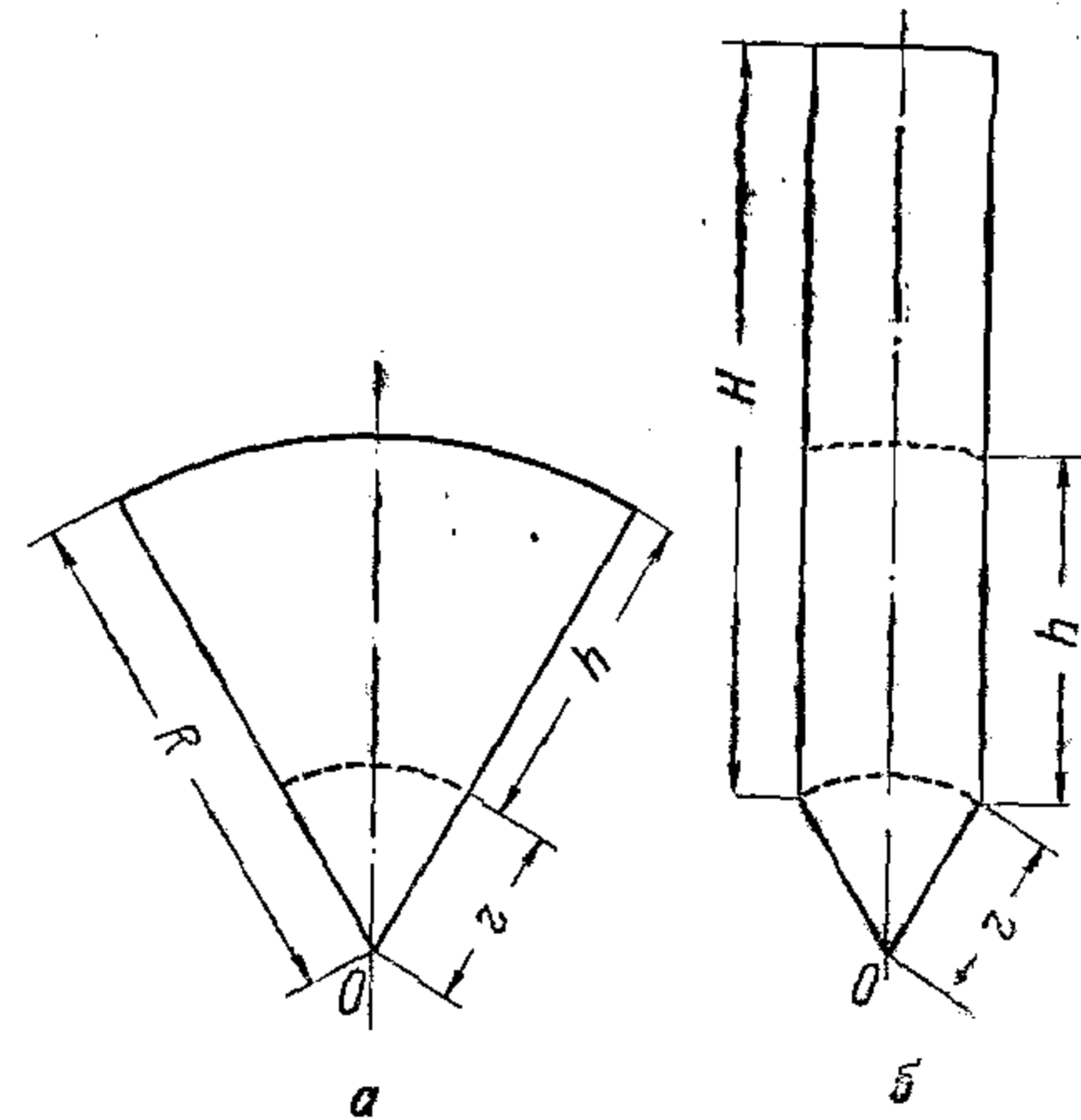


Рис. 69. Перемещение отдельных участков заготовки в радиальном направлении:
а — сектор круга заготовки; б — полоска после вытяжки

ндрической поверхности изделия вид гиперболических взаимно пересекающихся кривых (рис. 70, б).

Третий вид перемещения линий во время вытяжки представлен на рис. 71.

На заготовке (рис. 71, а) перед вытяжкой были нанесены концентрические окружности на равном расстоянии друг от друга, затем заготовка подвергалась вытяжке. Окружности на цилиндрической части остались параллельными друг другу, но сместились таким образом,

что расстояния между ними увеличиваются к краю изделия (рис. 71, б).

На рис. 68, 70 и 71 можно наглядно видеть характер перемещения металла при вытяжке цилиндрических изделий из плоской заготовки.

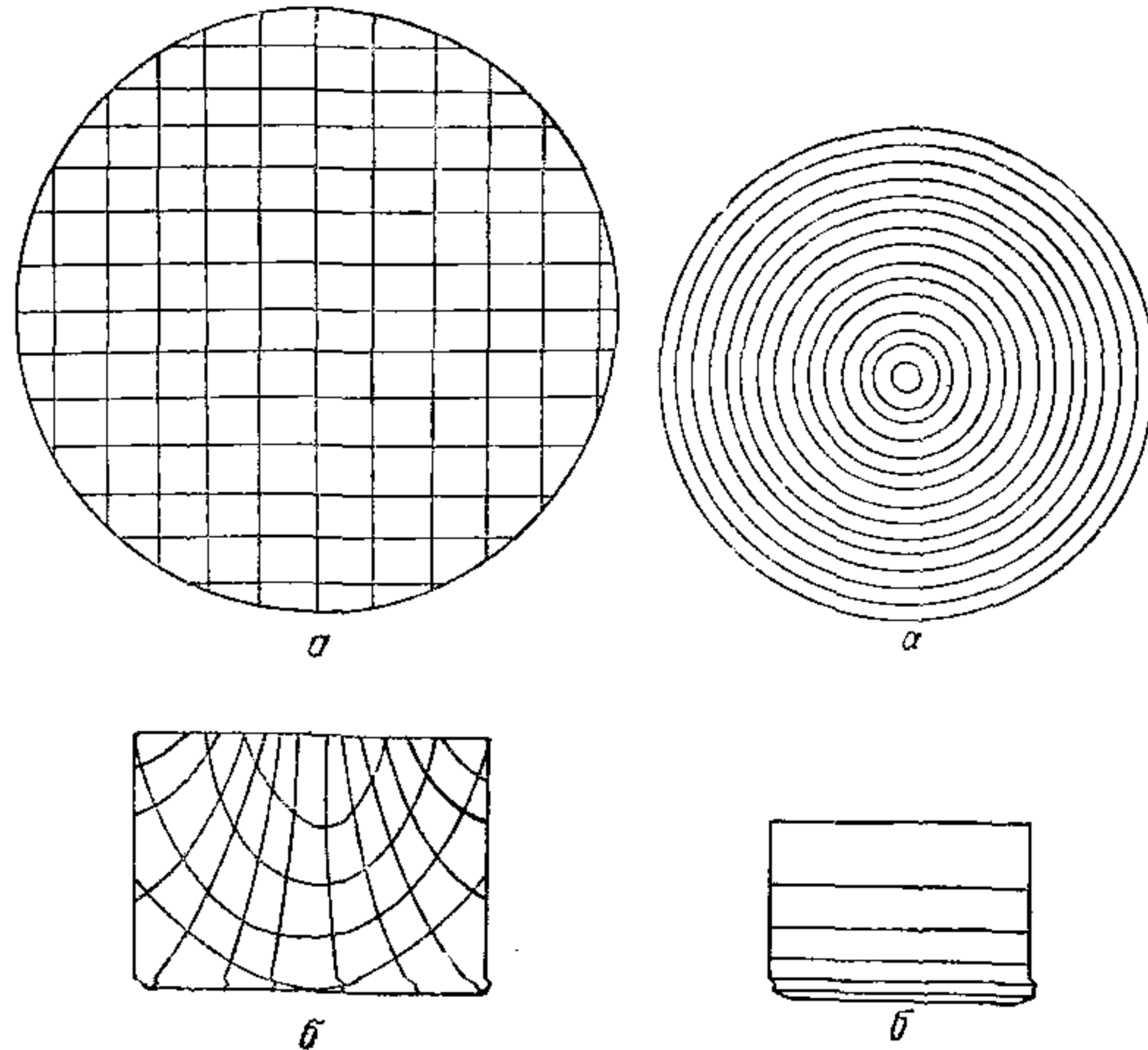


Рис. 70. Перемещение квадратной сетки с круга на боковую поверхность цилиндра

Рис. 71. Перемещение концентрических окружностей с круга на боковую поверхность цилиндра

На практике часто приходится производить вытяжку нецилиндрических изделий, например деталей, имеющих овальное (эллипсообразное) дно, изделий с прямоугольным дном и т. п. Перемещение частиц металла на подобных изделиях имеет свои характерные особенности. Для

ознакомления ниже рассматривается один частный случай. На круге перед вытяжкой была нанесена квадратная сетка, подобная сетке рис. 70. После вытяжки линии имели следующее перемещение: на овальном дне изделия сетка осталась без изменения, как была на заготовке перед вытяжкой (рис. 72). Это еще раз подтверждает, что

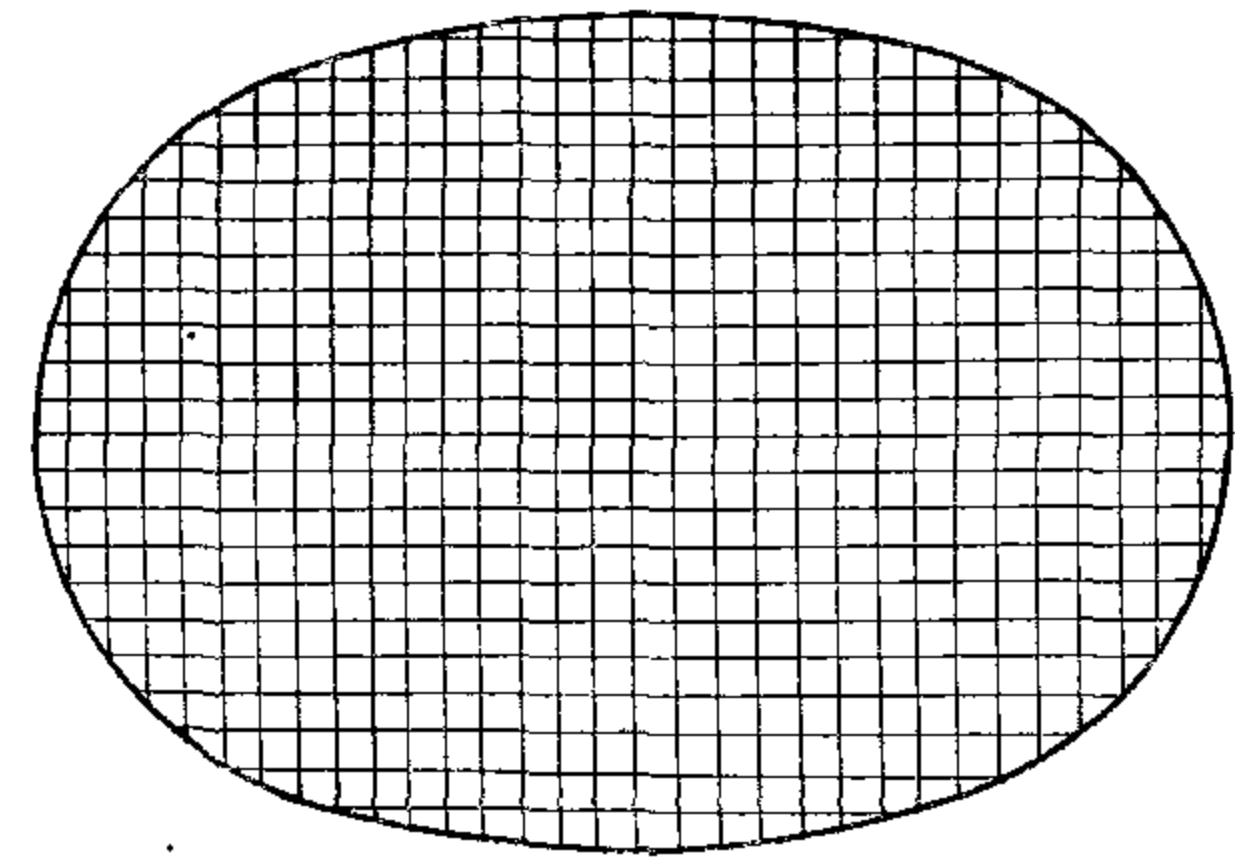


Рис. 72. Вид сетки на овальном дне изделия

плоское дно при вытяжке не подвергается заметной деформации.

На боковой поверхности изделия сетка изменилась во время вытяжки и приняла новую форму. Отличительной особенностью перемещения частиц при вытяжке овальных изделий от перемещения частиц на цилиндрических изделиях является то, что на стороне большого диаметра смещение линий сетки произошло менее интенсивно (рис. 73), чем на боковой поверхности со стороны малого диаметра (рис. 74). Эта особенность свидетельствует о неравномерном перемещении частиц металла при вытяжке нецилиндрических изделий. Высота изделия со стороны малого диаметра увеличивается значительно больше, чем со стороны большого диаметра.

При расчете заготовки для вытяжки изделий с овальным дном учитывается эта особенность, поэтому заготов-

ка для овальных изделий высотой более 150 мм берется в виде круга, а не овала (эллипса). Изделия после вытяжки имеют со всех сторон почти одинаковую высоту.

При вытяжке изделия с овальным дном из овальной заготовки мы имеем на боковых участках с малым диаметром значительно большую высоту, чем на других участках изделия. Вытяжка высоких изделий с овальным дном из круглых заготовок полностью себя оправдала и имеет широкое распространение в штамповочных цехах.

При вытяжке изделий с прямоугольным дном также происходит неравномерное перемещение металла на боковых стенках и в изгибе. Поэтому для получения изделий с одинаковой высотой стенок заготовку берут специальной формы.

Многие заводы для глубокой вытяжки берут заготовку с относительным удлинением не менее 25%, что дает удовлетворительные результаты при штамповке. Однако только показание по удлинению не может полностью характеризовать пригодность металла для глубокой вытяжки. Например, при глубокой вытяжке крупнозернистого металла с высоким относительным удлинением получают разрывы и поверхность отштампованных изделий становится шероховатой.

§ 2. Усилие вытяжки без утонения стенок изделия

Силу, которую нужно приложить для осуществления процесса вытяжки, называют усилием вытяжки. Это усилие зависит от:

1) механических свойств заготовки: чем выше предел прочности металла, тем большее требуется усилие при вытяжке;

2) степени деформации при вытяжке;

3) толщины заготовки: чем толще металл, тем большее усилие потребуется при вытяжке;

4) давления прижимного кольца: чем сильнее давление прижимного кольца, тем большее усилие требуется при вытяжке;

5) зазора между пуансоном и матрицей: чем меньше зазор, тем большее усилие требуется при вытяжке;

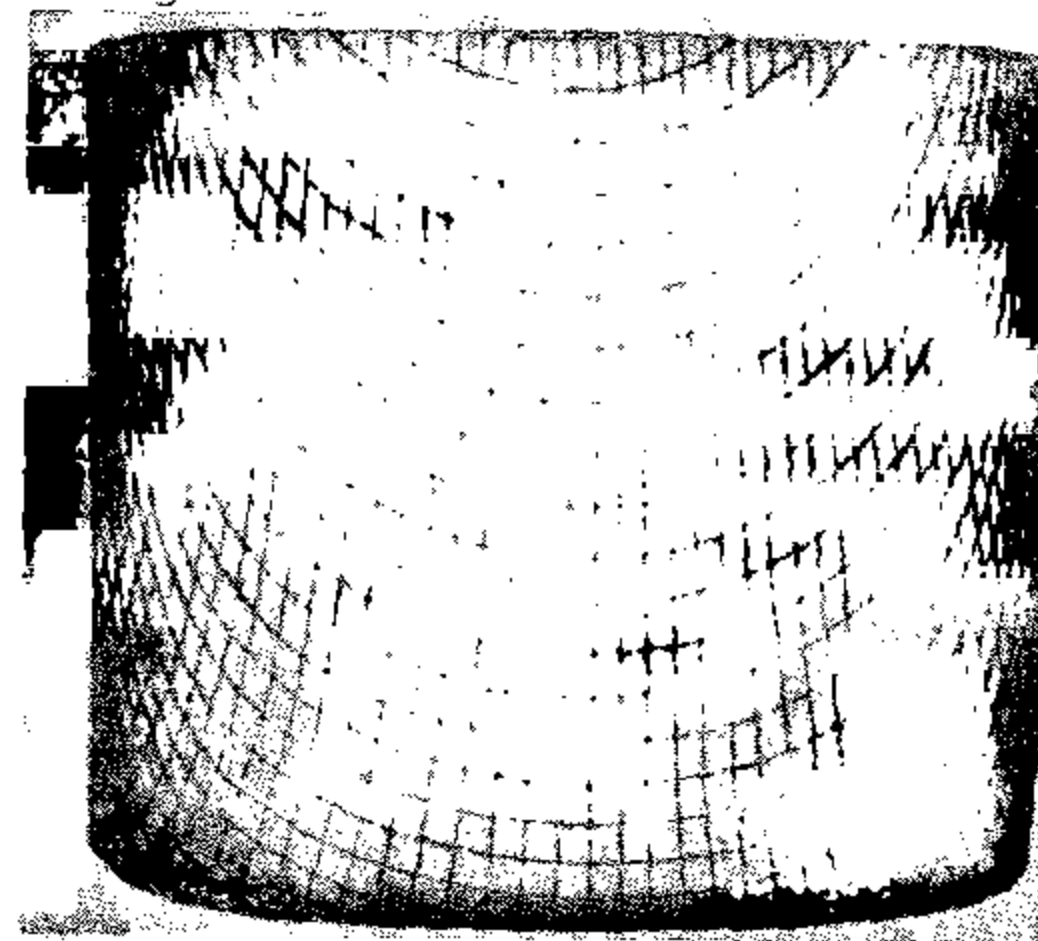


Рис. 73. Перемещение сетки на боковую поверхность стенки большого диаметра овала

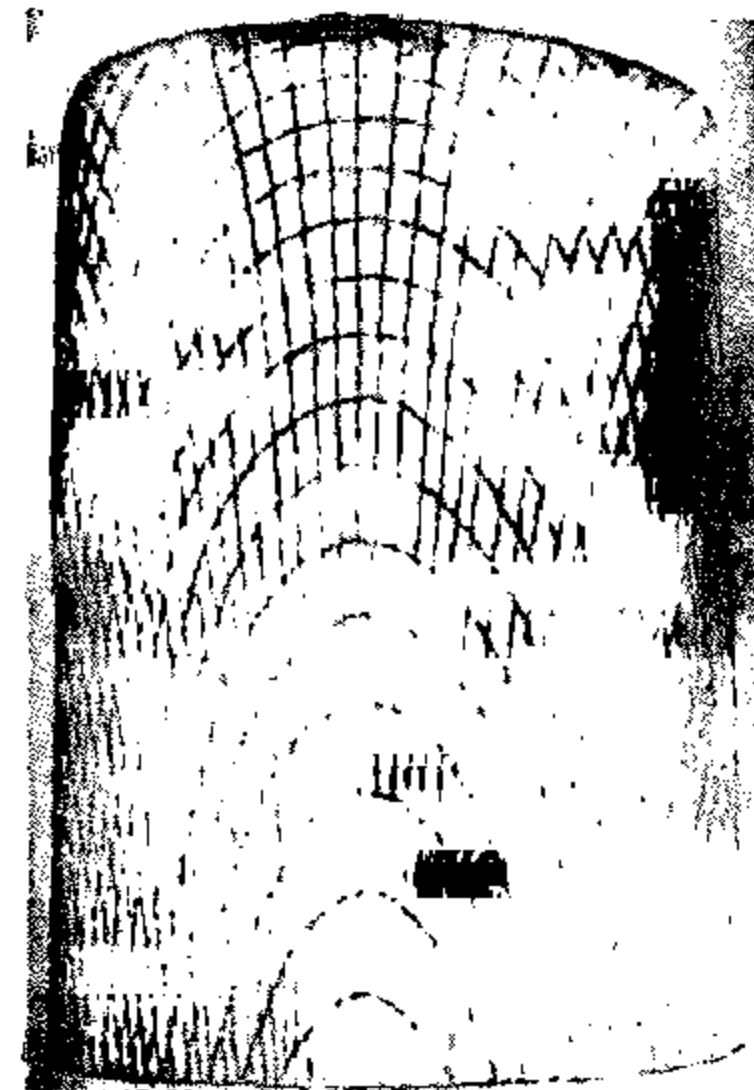


Рис. 74. Перемещение сетки на боковую поверхность стенки малого диаметра овала

6) радиуса закругления рабочих кромок штампа: чем меньше радиусы закругления кромок матрицы и пуансона, тем большее усилие потребуется при вытяжке;

7) диаметра заготовки: чем больше диаметр заготовки, тем большее потребуется усилие при вытяжке;

8) трения между вытягиваемым металлом и частями штампа: чем больше коэффициент трения при вытяжке, тем потребуется большее усилие;

9) скорости вытяжки: чем больше скорость вытяжки, тем большее усилие требуется при вытяжке.

Для подсчета усилия, требующегося для вытяжки, существует большое число различных формул.

Вследствие того, что все факторы при вытяжке учесть очень трудно, формулы дают лишь приближенный подсчет усилия. При практических подсчетах обычно исходят из того, что усилие вытяжки должно быть меньше усилия, необходимого для разрыва изделия.

Приведем одну из формул подсчета усилия при вытяжке цилиндрических изделий, которая проста и дает результат довольно близкий к практическим.

$$P_B = \pi \cdot d \cdot t \cdot \sigma_{\text{пч}} \cdot K,$$

где

P_B — потребное усилие для вытяжки, кг;

$\pi = 3,14$;

d — диаметр вытяжного пуансона, мм;

t — толщина материала, мм;

$\sigma_{\text{пч}}$ — предел прочности на разрыв материала, кг/мм²;

K — поправочный коэффициент, учитывающий влияние отношения диаметра изделия к диаметру заготовки.

Значения величины K приведены в табл. 23.

Таблица 23

Значения коэффициента K для определения усилия при вытяжке

Коэффициент вытяжки $m = \frac{d}{D}$	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80
Значение коэффициента K	1,0	0,86	0,72	0,6	0,5	0,4

Пример. Произведем подсчет усилия при вытяжке. Требуется вытянуть из алюминиевого круга диаметром 500 мм, толщиной 4 мм цилиндр диаметром 300 мм. Чтобы подсчитать потребное усилие для вытяжки, подставляем данные в формулу.

$\sigma_{\text{пч}}$ для мягкого алюминия по табл. 4 равен 8 кг/мм²;

$K = 0,86$ (по табл. 23);

$$P_B = \pi \cdot d \cdot t \cdot \sigma_{\text{пч}} \cdot K = 3,14 \cdot 300 \cdot 4 \cdot 8 \cdot 0,86 = 25924 \text{ кг} = 25,924 \text{ т}, \text{ округляем до } 26 \text{ т}.$$

Следовательно, для вытяжки алюминиевого цилиндра диаметром 300 мм и толщиной 4 мм потребуется прессомощностью не менее 26 т.

Кроме указанной формулы имеется ряд других формул для подсчета усилия, требующегося при вытяжке. Приводим несколько формул.

Формула И. Г. Ковалева:

$$P_B = \pi \cdot t \cdot \sigma_{\text{пч}} (D - d) \frac{D}{0,75D + 30t}.$$

Л. А. Шофман предлагает формулу для определения усилия при первой вытяжке:

$$P_B = \pi \cdot d \cdot t \cdot \sigma_{\text{пч}} \left(\frac{D}{d} - 1 \right) C,$$

где

$C = 1,2$ при $\frac{t}{D}$ 100 меньше 1;

$C = 1,0$ при $\frac{t}{D}$ 100 больше 1.

На некоторых заводах расчет усилия при вытяжке производят по формуле:

$$P_B = \pi \cdot d \cdot t \cdot \sigma_{\text{пч}} \left(\frac{D}{d} - 0,65 \right).$$

Во всех приведенных формулах не учитывается давление прижимного кольца, которое обычно увеличивает потребное усилие при вытяжке.

Для подсчета величины давления прижимного кольца при вытяжке существует также несколько формул разных авторов. Укажем лишь на наиболее простую формулу:

$$P_{\text{пр}} = F \cdot q,$$

где

$P_{пр}$ — давление прижима, кг;

F — площадь прижима, мм²;

q — величина удельного давления, зависящего от характеристики штампуемого материала, толщины, степени деформации при вытяжке. Значения q приводятся в табл. 24.

Таблица 24

Удельное давление q прижимного кольца	
Материал	Удельное давление кг/мм ²
Алюминий	0,08—0,12
Медь	0,12—0,18
Латунь	0,15—0,20
Белая жесть	0,25—0,30

Следовательно, для определения общего усилия прессы при вытяжке нужно к усилию вытяжки прибавить давление прижимного кольца. Тогда общее усилие:

$$P_{\text{полное}} = P_{\text{выт}} + P_{\text{приж.}}$$

По данному расчету следует подбирать мощность прессы.

Различными исследователями была определена величина усилия вытяжки в разные моменты процесса. При этом было установлено следующее.

При вытяжке без складкодержателя усилие резко возрастает в момент входа заготовки в матрицу, затем несколько снижается. Вторичный рост усилия происходит в тот момент, когда наружный (наиболее толстый) край заготовки втягивается в матрицу, после чего усилие снова падает.

При вытяжке с прижимом усилие возрастает быстрее и более равномерно, чем при вытяжке без прижима, и достигает максимума в тот момент, когда кромка заготовки дойдет до начала закругления матрицы. Затем усилие немного снижается до момента входа утолщенного края заготовки в матрицу, после чего падает.

На старых прессах при глубокой вытяжке применяются скорости от 150 до 300 мм/сек; на усовершенствованных прессах с автоматической подачей заготовки применяются значительно большие скорости вытяжки.

§ 3. Определение размера заготовки для вытяжки

Ввиду того что при вытяжке изделий на прессах вес и объем металла не изменяются, размеры заготовки подсчитывают, исходя из объема готового изделия, и прибавляют припуск на обрезку. Для упрощения подсчета размера заготовки при вытяжке без утонения стенки обычно пренебрегают изменением толщины стенки изделия, условно считая, что поверхность заготовки и поверхность готового изделия равны между собой. Размеры заготовки для вытяжки можно определять:

- методом равенства поверхностей,
- методом равенства весов,
- методом равенства объемов.

Наибольшее распространение получил метод равенства поверхностей (площадей) до и после вытяжки.

Для определения размера заготовки поверхность готового изделия условно подразделяют на ряд простых геометрических фигур, которые легко рассчитать. Суммируя все элементарные поверхности готового изделия, получим размер заготовки.

Произведем примерный расчет заготовок для простого тела вращения.

Заданный для вытяжки цилиндр разделяют условно на две простые части. Дно изделия представляет собой круг, площадь которого легко подсчитать по формуле $K_1 = \frac{\pi d^2}{4}$. Оставшаяся боковая поверхность цилиндра при развертке может быть представлена в виде прямоугольника, где высотой h будет высота цилиндра, а шириной — длина окружности, которая равна πd , следовательно, площадь прямоугольника будет равна произведению высоты на ширину: $K_2 = \pi \cdot d \cdot h$. К сумме площадей дна и боковой поверхности прибавляют часть высоты изделия, которая должна быть обрезана после вытяжки.

Таким образом получают общую площадь требующейся заготовки $K = K_1 + K_2$.

Пример. Подсчитать размер заготовки для вытяжки цилиндра диаметром 200 мм и высотой 300 мм.

Площадь дна цилиндра будет равна:

$$K_1 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 200}{4} = 31\,400 \text{ мм}^2.$$

Прежде чем определять боковую поверхность цилиндра (прямоугольника), подсчитаем высоту цилиндра. Учитывая, что во время вытяжки верхняя кромка цилиндра получится неровной, нужно после вытяжки верх изделия обрезать. Практически установлено, что алюминиевые и латунные изделия следует обрезать на 5—8% от высоты, следовательно, при высоте готового цилиндра в 300 мм нужно учесть обрезку кромки на высоте $\frac{300 \cdot 8}{100} = 24 \text{ мм}$.

Поэтому после вытяжки нам необходимо получить цилиндр высотой не 300 мм, а $300 + 24 = 324 \text{ мм}$.

Исходя из этого, находим площадь боковой поверхности цилиндра:

$$K_2 = \pi \cdot d \cdot h = 3,14 \cdot 200 \cdot 324 = 202\,472 \text{ мм}^2.$$

Подсчитываем сумму площадей дна и боковой поверхности

$$K = K_1 + K_2 = 31\,400 + 202\,472 = 233\,872 \text{ мм}^2.$$

Следовательно, площадь требующейся заготовки равна 233 872 мм². Для вытяжки цилиндрического изделия заготовку берут в виде круга, поэтому, имея площадь круга, мы легко найдем диаметр заготовки. Площадь круга

$$K = \frac{\pi D^2}{4},$$

где D — искомый диаметр заготовки. Подставив известные нам величины, получим:

$$233\,872 = \frac{3,14 \cdot D^2}{4}.$$

Отсюда найдем:

$$D^2 = \frac{233\,872 \cdot 4}{3,14} = 297\,926 \text{ мм}^2.$$

Извлекая квадратный корень, находим диаметр заготовки.

$$D = \sqrt{297\,926} = 546 \text{ мм}.$$

Выше указывалось, что вверху цилиндра толщина стенки получается большей, чем толщина заготовки. Мы же вели расчет, исходя из равенства толщин заготовки и цилиндра. Учитывая фактические отклонения, мы вынуждены немного увеличить диаметр круга, с тем чтобы компенсировать частичное утолщение стенок цилиндра. Обычно диаметр круга рекомендуется увеличивать на 2—3% (для высоких изделий на 3%, а низких 2%). Следовательно, вместо 546 мм необходимо взять диаметр заготовки равным $546 + 14 = 560 \text{ мм}$. На некоторых заводах припуск на обрезку изделий после вытяжки берут по табл. 25.

Таблица 25

Припуск на обрезку высоты изделий после вытяжки

Высота изделия, мм	10	20	40	50	75	100	150
Припуск на обрезку мм	1,4	2,0	3,0	3,2	4,0	5,0	6,5

При вытяжке изделий с фланцем припуск на обрезку берется в пределах 3—5% от диаметра фланца.

Обычно в заводских условиях размеры заготовки определяют вначале по формуле, затем вырезают несколько десятков кругов на циркульных ножницах, проверяют фактические размеры после вытяжки и устанавливают окончательные размеры заготовки.

По размерам заготовки делают вырубной штамп. Такое уточнение размеров необходимо, так как при теоретических подсчетах трудно точно учесть местные утолщения и утолщения, которые зависят от многих факторов. Только практическая проверка вносит окончательные коррективы в размеры заготовки.

При подсчете размеров заготовок для вытяжки сложных и несимметричных конфигураций поступают так же. Разбивают мысленно сложную поверхность готового изделия на простые элементы, подсчитывают их площади отдельно, затем суммируют, прибавляя припуск заготовки по высоте на обрезку и также находят диаметр заготовки. После ориентировочного подсчета обязательно проверяют заготовку при вытяжке и лишь после этого устанавливают окончательные размеры заготовки.

Чем сложнее конфигурация готового изделия, тем большая ошибка может получиться при расчетах, следовательно, и проверка должна быть более тщательной.

Если изделие имеет сверху завернутый бортик, необходимо увеличить высоту изделия при вытяжке на соответствующую величину, иначе после отбортовки высота изделия уменьшится.

Весовой метод определения размера заготовки заключается в следующем.

По весу готового изделия определяют диаметр заготовки. Для подсчета необходимо знать:

- а) вес готового изделия Q ,
- б) толщину материала t ,
- в) удельный вес материала γ .

Подсчет заготовки ведется по формуле:

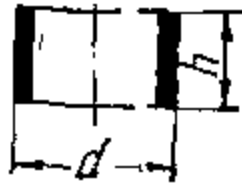

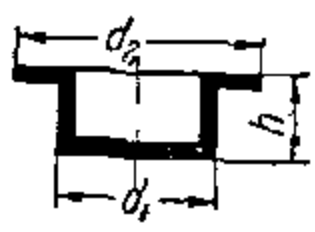
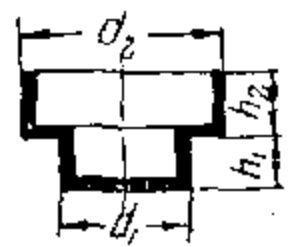
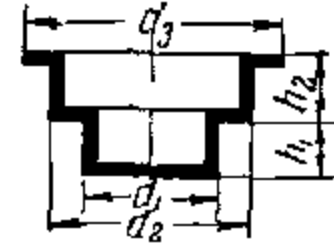
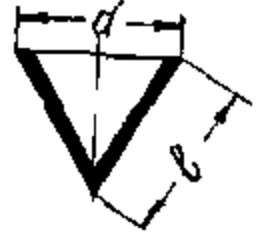
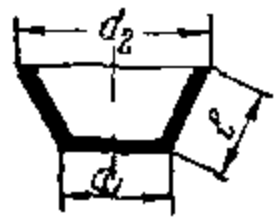
$$D = 1,1234 \sqrt{\frac{Q}{t \cdot \gamma}}$$

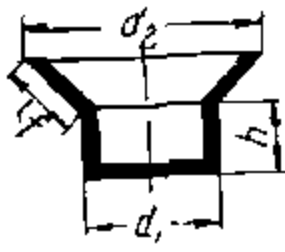
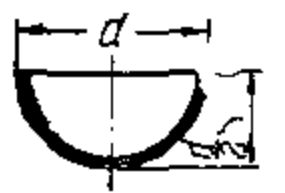
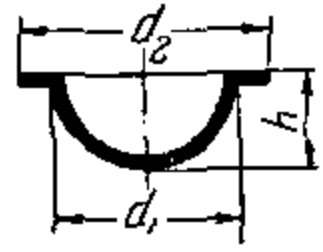
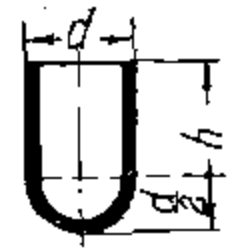
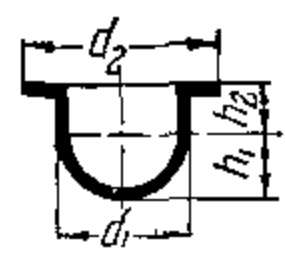
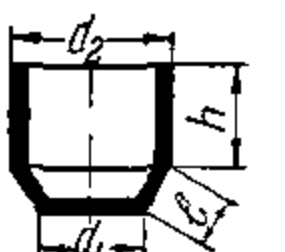
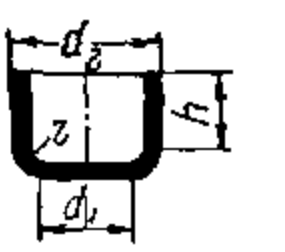
Указанный метод подсчета заготовки дает также приближенные размеры, которые затем уточняются при вытяжке. Формулы для вычисления диаметра заготовок при вытяжке простых геометрических форм приведены в табл. 26¹.

Для изделий, не требующих большой точности определения размеров заготовки, подсчет производят по наружным размерам изделий, вследствие чего несколько увеличивается размер заготовки. Для более точных под-

¹ Для ознакомления с формулами для других более сложных фигур рекомендуется пользоваться книгой В. П. Романовский, Справочник по холодной штамповке, Машгиз, 1949

Формулы для определения диаметров заготовок

Форма изделия	Диаметр заготовки D
	$D = 2\sqrt{dh}$
	$D = \sqrt{d^2 + 4dh}$
	$D = \sqrt{d_2^2 + 4d_1h}$
	$D = \sqrt{d_2^2 + 4(d_1h_1 + d_2h_2)}$
	$D = \sqrt{d_3^2 + 4(d_1h_1 + d_2h_2)}$
	$D = \sqrt{2dh}$
	$D = \sqrt{d_1^2 + 2h(d_1 + d_2)}$

Форма изделия	Диаметр заготовки D
	$D = \sqrt{d_1^2 + 4d_1h + 2f(d_1 + d_2)}$
	$D = \sqrt{2d^2} = 1,41d$
	$D = \sqrt{d_2^2 + 4h^2}$
	$D = 1,41 \sqrt{d^2 + 2dh}$
	$D = \sqrt{d_2^2 + 4(h_1^2 + d_1h_2)}$
	$D = \sqrt{d_1^2 + 2l(d_1 + d_2) + 4d_2h}$
	$D = \sqrt{d_1^2 + 4d_2h + 2\pi rd_1 + 8r^2}$

счетов размеры заготовки следует брать по средней линии, особенно для изделий с толщиной стенки более 2 мм.

§ 4. Определение числа операций и коэффициентов перехода при вытяжке

При проектировании технологического процесса изготовления полых изделий одной из первостепенных задач является правильный расчет числа вытяжек.

С целью максимального использования пластичности металла следует стремиться произвести вытяжку с минимальным числом операций, что снижает себестоимость изготавливаемых изделий, сокращает производственный цикл и повышает выпуск изделий.

Однако чрезмерное сокращение числа вытяжек может привести к перенаклепу металла, появлению трещин и разрывов на изделиях.

Рациональный выбор числа вытяжек должен обеспечивать не только экономические, но и качественные показатели штамповки. От числа вытяжек зависит коэффициент перехода.

Коэффициентом перехода при вытяжке m называется отношение диаметра изделия после вытяжки d к диаметру заготовки D ;

$$m = \frac{d}{D}$$

Следовательно, чем значительнее уменьшится диаметр изделия при вытяжке (большая степень деформации), тем меньшую численную величину будет иметь коэффициент вытяжки. Значит, численная величина коэффициента вытяжки обратно пропорциональна величине степени деформации (формоизменения).

Величина коэффициента вытяжки всегда выражается числом меньше единицы. Многие исследователи стремились теоретически подсчитать допустимые коэффициенты переходов при вытяжке, но ввиду того, что при вытяжке изделий в металле возникает сложное напряженное состояние (изгиб, растяжение и сжатие), то и расчеты, произведенные большинством авторов, очень сложны и

в то же время могут считаться только ориентировочными. В этих расчетах трудно учесть все влияющие на процесс вытяжки факторы, поэтому допускается ряд упрощений, вследствие чего получаются только ориентировочные данные. Обычно в производственных условиях коэффициенты переходов при вытяжке устанавливаются экспериментальным путем, и многие заводы работают по своим опытным данным.

Коэффициент перехода при вытяжке зависит от:

- 1) механических свойств металла: чем пластичнее металл, тем можно брать меньший коэффициент перехода;
- 2) толщины заготовки: чем больше толщина заготовки, тем меньший берется коэффициент перехода;
- 3) диаметра заготовки: чем больше диаметр заготовки, тем больший берется коэффициент перехода;
- 4) радиусов закругления матрицы и пуансона: чем больше радиус закругления на штампе, тем меньше можно брать коэффициент перехода; радиус закругления штампа (по верхнему пределу) ограничивается появлением морщин на верхней кромке изделия;
- 5) зазора между пуансоном и матрицей: чем зазор больше (в пределах допустимого), тем большую можно допустить вытяжку и, следовательно, тем меньший можно брать коэффициент перехода;
- 6) состояния поверхности штампа: чем ровнее и чище верхняя поверхность штампа, тем большее сужение диаметра допускается и меньше величина коэффициента перехода;
- 7) качества смазки: чем лучше качество смазки, тем меньше коэффициент трения при вытяжке, тем меньшая берется величина коэффициента перехода;
- 8) скорости вытяжки: чем больше скорость вытяжки, тем меньшая степень деформации допускается и тем больший берется коэффициент перехода;
- 9) способа вытяжки: при работе с прижимом допускается меньший коэффициент перехода, чем при работе без прижима (особенно для тонких металлов);
- 10) формы изделия: чем сложнее конфигурация вытягиваемого изделия, тем коэффициент перехода следует брать больший;

11) порядкового номера вытяжки: при каждой последующей вытяжке коэффициент перехода берут больше, так как пластичность металла при вытяжке снижается.

Введение промежуточного отжига между операциями дает возможность несколько увеличить степень деформации при последующей вытяжке, но все же коэффициент перехода последующих операций нельзя приравнять к предыдущим операциям.

Кроме того, коэффициент перехода при вытяжке зависит от структуры заготовки. Крупнозернистый металл допускает меньшую степень деформации, следовательно, коэффициент перехода берут больший, чем для металла с мелкозернистой структурой. Неоднородная структура (мелкие и большие зерна) снижает способность металла к вытяжке.

В целях установления предельно допустимых коэффициентов переходов при вытяжке цветных металлов под руководством автора была проведена работа при штамповке алюминия, меди и латуни Л62. Испытания проводились следующим образом: диаметры матрицы и пуансонов брались постоянными и на штампе вытягивались кружки разных диаметров. Увеличение диаметра заготовки производилось до тех пор, пока на изделиях не появлялись трещины, что и служило мерилем максимально допустимого коэффициента перехода. Было проведено большое количество испытаний на штампах разных размеров.

При слишком малых коэффициентах перехода (большей степени вытяжки) у дна изделия в месте закругления получалось утонение, величина которого находилась в зависимости от коэффициента перехода при вытяжке. Чем меньше коэффициент перехода, тем больше было утонение стенки изделия.

Результаты, полученные при испытаниях, показали, что самую меньшую степень вытяжки из трех взятых для испытания металлов выдерживает алюминий, затем медь и латунь.

Полученные при испытаниях предельные коэффициенты вытяжки для первой операции не могут быть приняты для проектирования технологических процессов в производственных условиях, потому что, работая на пре-

дельных коэффициентах перехода при вытяжке, необходимо иметь заготовки с одинаковыми механическими свойствами, тщательную регулировку прижима, весьма точную установку штампа и т. п. Все отклонения давали бы при вытяжке повышенный процент брака, и сокращение количества операций при вытяжке не оправдало бы себя. Чтобы избежать брака, коэффициенты переходов при вытяжке пришлось несколько увеличить (т. е. уменьшить степень вытяжки). В табл. 27 приведены рекомен-

Таблица 27

Допустимые коэффициенты переходов при вытяжке

Алюминий		Медь		Латунь	
диаметр заготовки мм	допустимый коэффициент вытяжки	диаметр заготовки мм	допустимый коэффициент вытяжки	диаметр заготовки мм	допустимый коэффициент вытяжки
40,5	0,495	41,5	0,485	43	0,465
118	0,51	120	0,50	125	0,48
190	0,525	194,0	0,515	202	0,495
260	0,54	265	0,53	275	0,51
330	0,56	336	0,55	350	0,53
400	0,58	405	0,57	418	0,55

Примечание. Утопление у дна изделий при работе на указанных коэффициентах перехода не превышало 6% от толщины заготовки, что вполне допустимо.

дуемые максимально допустимые коэффициенты переходов для разных диаметров и металлов при вытяжке полых цилиндров из плоских заготовок толщиной около 1 мм.

Приведенные выше коэффициенты переходов могут быть применены лишь для вытяжки полых изделий из плоских заготовок в одну операцию на прессах двойного действия.

В литературе разными авторами рекомендуются различные коэффициенты переходов при вытяжке. Приведем наиболее распространенные и практически проверенные коэффициенты переходов при вытяжке с прижимом (табл. 28).

Таблица 28

Коэффициенты переходов для цилиндрических изделий при вытяжке с прижимом

Материал	Первая вытяжка	Последующие вытяжки
Латунь марки Л68	0,50—0,52	0,68—0,75
Латунь марки Л62	0,52—0,55	0,70—0,80
Медь	0,53—0,58	0,72—0,82
Алюминий	0,55—0,60	0,75—0,85
Дуралюмин	0,58—0,62	0,80—0,87
Цинк	0,65—0,70	0,85—0,90
Жесть белая	0,58—0,65	0,80—0,88
Сталь листовая (мягкая)	0,60—0,65	0,80—0,85

Указанные коэффициенты относятся к вытяжке изделий средних и крупных размеров. При этом для средних диаметров рекомендуется брать меньшие коэффициенты из указанных в таблице, а для крупных — большие. Для заготовок диаметром 150 мм и ниже коэффициенты переходов можно брать меньше указанных в табл. 28.

Способом вытяжки часто требуется изготавливать высокие изделия небольших диаметров, которые не могут быть отштампованы за одну операцию.

В таких случаях вытяжка производится в несколько переходов (ступеней) с постепенным уменьшением диаметра изделия, при соответствующем увеличении высоты.

После каждой вытяжки металл снижает свою пластичность и получает дополнительное упрочнение.

Латунь при вытяжке значительно быстрее упрочняется, чем алюминий и медь.

При штамповке латунных изделий почти после каждой вытяжки для восстановления пластичности требуется отжиг.

Алюминий меньше теряет свою пластичность при вытяжке, поэтому он может подвергаться 3—5 вытяжным операциям без промежуточного отжига. Если при первой вытяжке для алюминия толщиной 1 мм $m_1 = 0,62$, то для второй вытяжки $m_2 = 0,70$, для третьей вытяжки

$m_3 = 0,80$, для четвертой $m_4 = 0,86$. Некоторые исследователи рекомендуют брать при работе с латунью, медью, алюминием и железом коэффициент перехода при вытяжке в зависимости от отношения толщины заготовки t к диаметру заготовки D (табл. 29).

Таблица 29

Коэффициент вытяжки в зависимости от отношения толщины заготовки к диаметру

Вытяжка	Коэффициент вытяжки по переходам при отношении толщины заготовки к диаметру $\frac{t}{D} \cdot 100$				
	1,5	1,0	0,6	0,3	0,15
m_1	0,50	0,53	0,55	0,58	0,60
m_2	0,75	0,76	0,78	0,79	0,80
m_3	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82
m_4	0,80	0,82	0,82	0,83	0,85
m_5	0,82	0,84	0,85	0,86	0,87

При вытяжке без складкодержателя коэффициенты переходов берутся большими (табл. 30).

Таблица 30

Коэффициент вытяжки при работе без прижима

Вытяжка	Коэффициент вытяжки при отношении толщины заготовки к диаметру $\frac{t}{D} \cdot 100$						
	2,5	2,0	1,5	1,0	0,8	0,6	0,4
m_1	0,55	0,60	0,65	0,75	0,85	0,85	0,90
m_2	0,75	0,75	0,80	0,85	0,88	0,90	0,92
m_3	0,80	0,80	0,84	0,90	—	—	—
m_4	0,84	0,84	0,87	—	—	—	—
m_5	0,87	0,87	0,90	—	—	—	—

При вытяжке прямоугольных изделий с закругленными углами расчет числа операций и коэффициентов переходов производится только для вытяжки углов, считая их как четверти полого цилиндра. На прямоугольных участках изделия вытяжка отсутствует, и они частично облегчают напряженное состояние в углах, поэтому коэффициенты переходов допускаются более жесточенными (табл. 31).

Таблица 31

Коэффициент вытяжки для прямоугольных изделий при работе с прижимом

Материал	Коэффициенты вытяжки	
	для первой операции	для последующих операций
Латунь, медь	0,20—0,30	0,30—0,40
Алюминий	0,30—0,35	0,40—0,45
Дуралюмин	0,35—0,45	0,50—0,60
Сталь мягкая	0,25—0,40	0,40—0,55

При увеличении скорости вытяжки металл выдерживает меньшую степень деформации, поэтому коэффициент вытяжки берется более облегченный (табл. 32).

Таблица 32

Зависимость коэффициентов вытяжки от скорости вытяжки (данные А. Я. Фрейдлина)

Материал	Операции вытяжки	Скорость вытяжки, м/сек	
		150—275	280—350
Латунь	Первая	0,5—0,57	0,57—0,60
	Последующие	0,70—0,72	0,75—0,80

Расчет числа операций при вытяжке ступенчатых изделий производят по тем же формулам, что и при вытяжке цилиндрических изделий.

Вытяжку конусных изделий можно производить несколькими способами:

а) вначале производят ступенчатую вытяжку, а затем на специальном штампе производят формовку изделия (выглаживание ступеней); при формовке диаметр изменяют незначительно;

б) вытягивают вначале цилиндрическое изделие диаметром, близким к большему диаметру конуса, а при последующих операциях производят вытяжку конической формы изделия; угол вершины конуса не должен превышать $46-50^\circ$;

в) вытяжку производят на специальном вытяжном штампе с буртиком (выступом) на матрице (рис. 75);

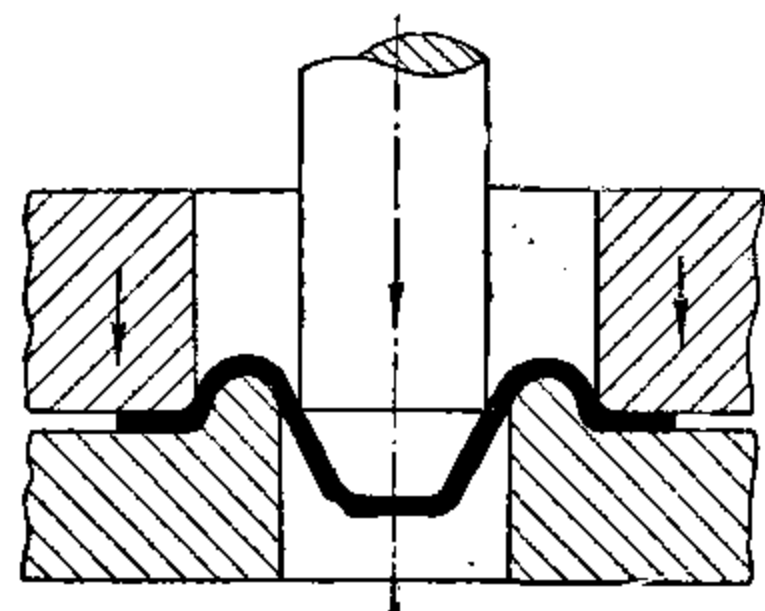


Рис. 75. Вытяжной штамп с буртиком

матрица с буртиком улучшает условия вытяжки металла и предохраняет от появления складок на боковой поверхности изделий. Вытяжка на матрице с буртиком применяется также для сферических и других изделий сложной конфигурации. При выборе схемы технологического процесса изготовления изделий в штамповочном цехе приходится решать вопрос, что выгоднее: введение лишнего перехода при вытяжке или, наоборот, уменьшение количества вытяжек с применением промежуточных отжигов. Этот вопрос решается в каждом случае отдельно, в зависимости от технических требований, предъявляемых к изделиям, от наличия на заводе печей для отжига, количества прессов и т. п. Введение промежуточного отжига дает возможность при последующих вытяжках уменьшить коэффициент перехода на $10-12\%$. Изготовление изделий с введением промежуточного отжига стоит дороже и требует печей больших габаритов. Кроме того, изделия после отжига должны подвергаться травлению, промывке и сушке.

За последние годы разработан новый вид вытяжки — пульсирующая (постепенная) вытяжка.

В отличие от обычной вытяжки, где процесс осуществляется за один ход пресса, при пульсирующей вытяжке процесс происходит за несколько ходов пресса с постепенным увеличением глубины вытяжки.

В процессе пульсирующей вытяжки ползун пресса непрерывно поднимается и опускается на определенную величину хода, а стол пресса вместе с матрицей во время каждого холостого хода пуансона поднимается на заданную высоту, и при последующем опускании пуансона происходит постепенное увеличение глубины вытяжки.

Исследования И. А. Норицына показали, что благодаря пульсирующей вытяжке может быть увеличена степень деформации при глубокой штамповке, следовательно, коэффициент вытяжки может быть снижен по сравнению с обычной вытяжкой. Кроме того, пульсирующая вытяжка позволяет увеличить скорость деформации. Благодаря увеличению скорости вытяжки и значительному увеличению числа ходов пресса в минуту производительность пресса при пульсирующей вытяжке бывает довольно высока.

§ 5. Зазоры между пуансоном и матрицей на вытяжных штампах

Зазор между пуансоном и матрицей равен разности между диаметрами матрицы и пуансона. Односторонний зазор между матрицей и пуансоном равен половине разности диаметров матрицы и пуансона.

При установлении величины зазора должны учитываться максимальные допуски на толщину заготовки и утолщение стенок при вытяжке.

Кроме того, при выборе величины зазора между пуансоном и матрицей следует помнить, что:

а) при малом зазоре происходит дополнительное растяжение стенок около дна, влекущее за собой разрыв изделия, повышается усилие вытяжки, износ штампа и увеличивается коэффициент перехода;

б) при слишком большом зазоре на изделии образуются складки (морщины), искажается форма, умень-

щается высота и требуется повышенное давление прижимного кольца.

Обычно зазор между пуансоном и матрицей на вытяжных штампах делают больше толщины заготовки на 15—30%. При вытяжке низких изделий зазор берут меньший, чем при вытяжке высоких изделий. При оптимальном зазоре поверхность вытянутых изделий получается гладкой и облегчается съём изделий с пуансона после вытяжки. На первых операциях вытяжки зазор берут больший, а на последних операциях величину зазора несколько снижают, благодаря чему получается частичное разглаживание неровностей боковых стенок изделия.

Если последняя вытяжка является калибрующей, то зазор между матрицей и пуансоном берут близким к толщине заготовки. Этим достигается увеличение высоты и повышение точности размеров готовых изделий. При калибрующей операции уменьшение диаметра изделия берут минимальное.

При вытяжке готовых изделий с заданным наружным размером зазор следует брать за счет пуансона, а при заданном внутреннем размере готового изделия зазор берут за счет матрицы.

При вытяжке без прижимного кольца зазор обычно берут больший, чем при вытяжке с прижимным кольцом, что объясняется повышенной склонностью металла к складкообразованию при вытяжке без прижимного кольца.

При вытяжке прямоугольных изделий зазор в углах берут на 5—8% больше остальных участков штампа, так как в этих участках, вследствие увеличенного перемещения металла, получается частичное утолщение стенок изделия.

На прямолинейных участках прямоугольного изделия зазор берут близкий к максимальной толщине заготовки.

При вытяжке с утонением стенок изделия зазор берут меньшим толщины заготовки (отрицательный зазор), о чем будет подробно изложено в разделе «Вытяжка с утонением стенок изделия».

§ 6. Радиусы закругления вытяжных штампов

Учитывая, что напряжения, возникающие в металле при вытяжке, будут также зависеть от закругления рабочих кромок штампа, выбору величины радиуса закругления на матрице и пуансоне должно быть уделено особое внимание.

Как указывалось выше, величина радиуса закругления рабочих кромок вытяжного штампа оказывает влияние на усилие вытяжки, процесс образования складок, характер возникающих напряжений, степень утонения стенки у дна и утолщения в верхней части, коэффициент и скорость вытяжки.

Ввиду того что при вытяжке металл претерпевает сложные деформации, включая изгиб, радиус закругления вытяжных кромок нельзя делать слишком малым. Уменьшая радиус закругления матрицы до нуля, мы получим острую кромку, которая будет резать заготовку, т. е. в этом случае штамп будет работать, как при вырубке металла. Острые кромки служат основной причиной разрыва изделий при вытяжке.

При большом радиусе закругления материал при вытяжке быстро выходит из-под прижимного кольца, что приводит к интенсивному образованию складок, которые при дальнейшем опускании пуансона увеличивают общее сопротивление деформации и вызывают разрыв изделия. Кроме того, при большом радиусе закругления матрицы верхняя кромка изделия получает большое утолщение, вследствие чего затрудняется вытяжка на следующих операциях и часто получается заклинивание изделий в матрице.

По литературным данным, рекомендуется радиусы закругления на матрице и пуансоне брать в зависимости от толщины заготовки. Чем толще заготовка, тем радиус закругления рекомендуется брать больший. Объясняется это тем, что толстый материал при вытяжке дает меньше складок (морщин), чем тонкий.

Попытки некоторых исследователей рассчитать величину радиуса закругления вытяжных кромок теоретически не дали удовлетворительных результатов. Большинство заводов пользуется практическими данными. Наимен-

большее распространение на заводах получили формулы, по которым радиус закругления r должен быть равен: для вытяжки металлов толщиной до 3 мм:

для металлов толщиной свыше 3 мм:

- для цветных $r = 5 - 8 \cdot t$ (толщина),
- » черных $r = 7 - 10 \cdot t$,
- » цветных $r = 3 - 5 \cdot t$,
- » черных $r = 4 - 6 \cdot t$.

Приведенные формулы имеют тот недостаток, что в них не учитывается степень деформации, т. е. с какого диаметра и на какой производится вытяжка, так как при большой разнице в диаметрах заготовки и готового изделия рекомендуется брать больший радиус закругления для облегчения условий вытяжки.

Многие заводы производят определение радиусов закругления кромок по диаграмме (рис. 76), где радиус

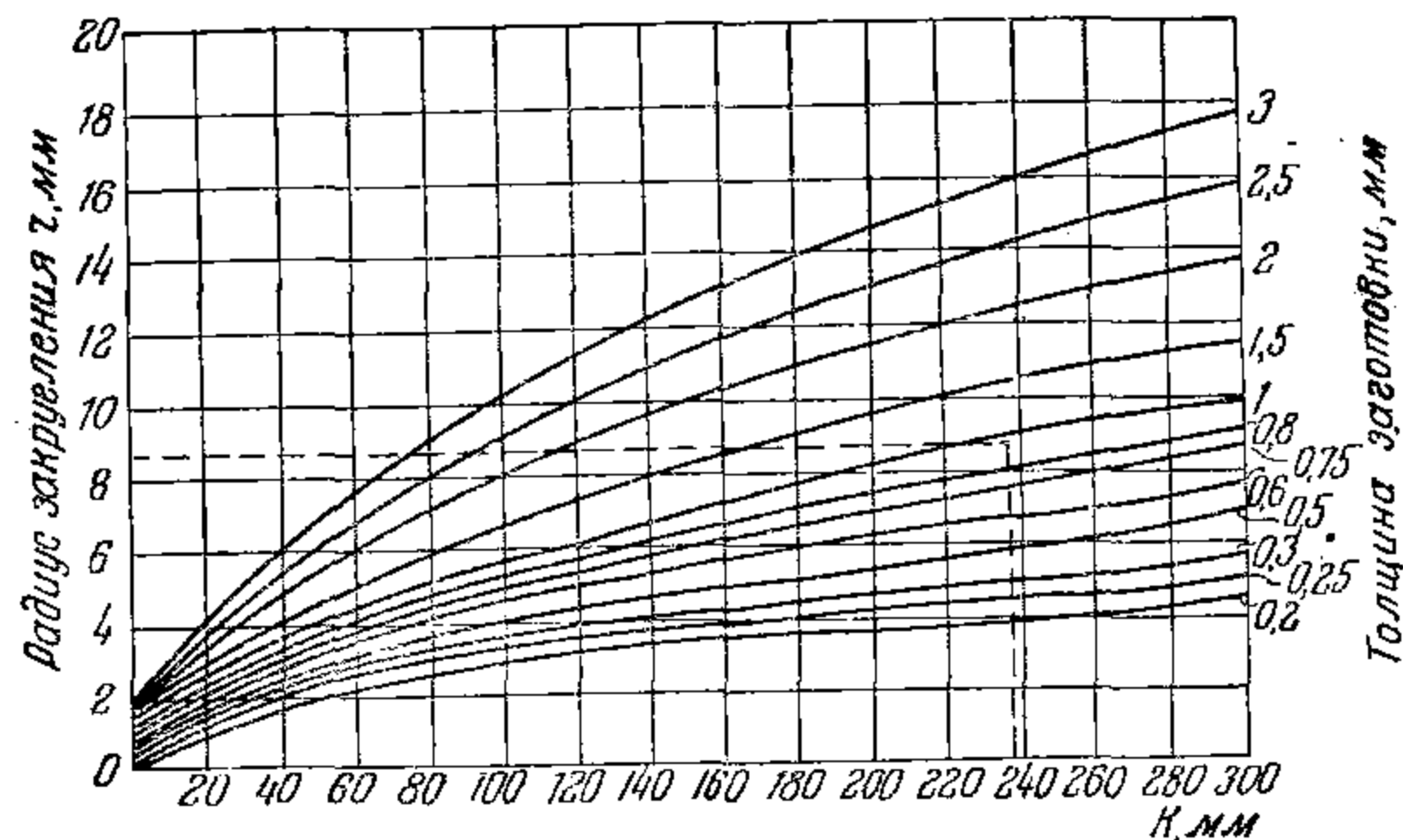


Рис. 76. Диаграмма для определения радиусов закругления кромок вытяжных штампов

закругления r приводится в зависимости от толщины металла, диаметров заготовки и готового изделия. Пользуются этой диаграммой следующим образом: из диаметра заготовки-круга D вычитают диаметр изделия после вытяжки d и умножают на 2. $K = 2(D_{кр} - d_{изд})$.

Полученное число находят на нижней горизонтальной линии и по вертикали поднимаются вверх до пересечения с кривой, соответствующей толщине заготовки (цифры справа). От места пересечения вертикальной линии и кривой переходят по горизонтальной линии влево и на левой вертикальной шкале находят размер радиуса закругления.

Пример. Найти радиус закругления для вытяжного штампа при вытяжке металла толщиной 1 мм из круга диаметром 300 мм до диаметра изделия в 180 мм.

Находим $K = 2(D_{кр} - d_{изд}) = 2(300 - 180) = 240$ мм.

Полученную цифру $K = 240$ мм находим на нижней линии диаграммы (см. рис. 76) и поднимаемся вверх по вертикали до пересечения с кривой 1 мм (на рис. 76 пунктирная линия). Пересечение соответствует на левой вертикальной линии величине 8,7 мм. Следовательно, берем радиус равным 9 мм.

Недостатком указанной диаграммы является то, что она не учитывает, какой металл подвергается вытяжке, что очень важно, так как нельзя производить вытяжку стали и латуни на штампе с одинаковыми радиусами закругления. Для вытяжки цветных металлов при толщинах заготовок больше 2 мм необходимо уменьшить радиус закругления на 20—30% против данных, получаемых по диаграмме. Это исправление особенно относится к закруглению на матрице для первой вытяжки.

Радиус закругления для более пластичных металлов можно брать меньшим, чем для вытяжки малопластичных металлов.

Радиусы закругления на матрице и пуансоне часто берутся близкими друг к другу. Это облегчает условия вытяжки и предохраняет изделие от разрыва.

При первых вытяжках можно радиус закругления на пуансоне делать большим, чем на матрице. Это уменьшает утонение стенки у дна изделия.

В случае малого радиуса закругления пуансона приходится облегчать условия вытяжки, предусматривая иногда лишнюю операцию во избежание разрыва изделия у дна. Радиус закругления пуансона должен быть не менее двух толщин заготовки.

Вытяжка без утонения стенок на практике почти не имеет места. Многократные промеры разрезанных изделий после вытяжки показали, что в действительности: толщина боковой стенки изделия после вытяжки не равна толщине заготовки. Дно цилиндрического изделия имеет толщину, почти равную толщине заготовки. Боковая стенка изделия внизу у дна в месте изгиба имеет утонение.

Зону утонения у дна изделия можно видеть на рис. 77, где приведен вытяжной штамп (рис. 77, а) вместе с зажатой заготовкой 4. Радиусы закругления на пуансоне и матрице взяты равными 8 мм при толщине заготовки 1 мм. На разрезе по НКК (рис. 77, б) в увеличенном масштабе показан участок круга, находящийся под действием двух сил — зажима складкодержателя и давления пуансона. При вытяжке этот участок подвергается растяжению. После ряда проверок было установлено, что чем меньше радиусы закругления рабочих кромок штампа, тем больше по величине будет местное утонение.

Кроме того, местное утонение зависит от силы прижима складкодержателя: чем сильнее зажата заготовка складкодержателя, тем больше местное утонение боковой стенки цилиндра у дна изделия. Если дать чрезмерно сильное давление складкодержателя на заготовку, то утонение у дна можно получить настолько большое, что дно изделия оторвется от боковой стенки цилиндра.

На рис. 77, в показана зона утонения у дна изделия, изготовленного из алюминия. Вследствие создания более жестких условий вытяжки мы получили зону утонения в 18 мм (по высоте от плоского дна). Отдельные участки зоны утонения имели толщину 0,86—0,98 мм, что соответствует 11—14% утонения. При массовой цеховой работе у дна цилиндрического изделия при вытяжке утонение бывает в пределах 3—6% от толщины заготовки.

Вертикальная стенка высокого изделия имеет постепенное утолщение снизу вверх, которое зависит от:

- величины зазора между пуансоном и матрицей,
- силы давления прижимного кольца,
- высоты изделия.

Фактический замер большого количества изделий после вытяжки показал, что алюминиевые цилиндры высотой около 200 мм имеют утолщение вверху на 15—18% по сравнению с толщиной заготовки. Такое утолщение получено на штампе с зазором 1,2 т на сторону.

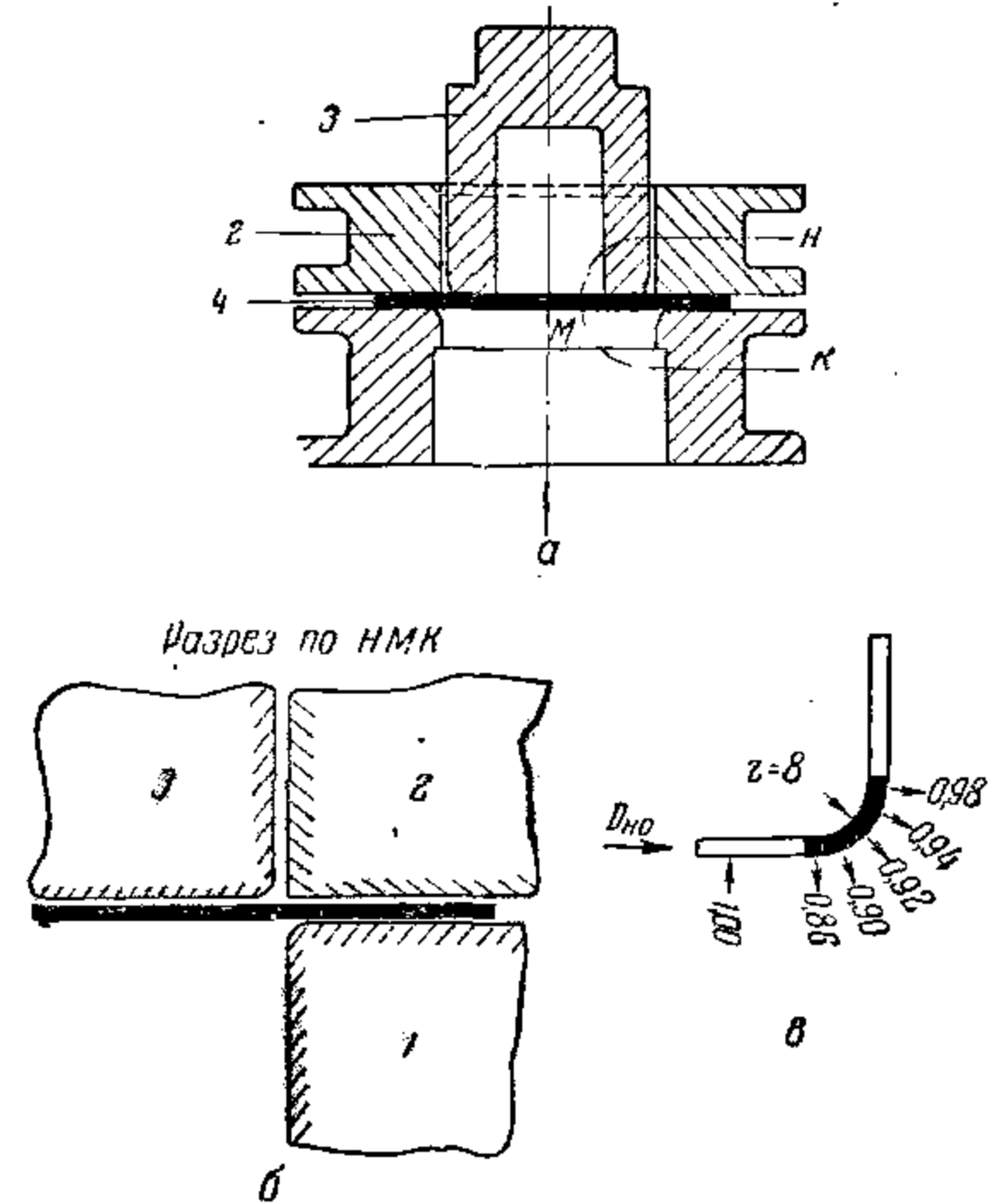


Рис. 77. Зона утонения изделия после вытяжки:

1 — матрица; 2 — прижимное кольцо;
3 — пуансон; 4 — заготовка

Оптимальным радиусом рабочих кромок вытяжного штампа является наибольший из возможных, без образования складок на вытягиваемом изделии. При большом радиусе закругления матрицы получается меньшее выдавливание смазки с заготовки, чем при малом радиусе, поэтому коэффициент трения при вытяжке будет меньше, а следовательно, и усилие для вытяжки потребует меньше.

Максимально допустимый радиус закругления матрицы вытяжного штампа (при работе с прижимом) не должен превышать $r_{\text{макс}} = 16-18 t$. При больших радиусах закругления вытяжных кромок матрицы для предохранения от появления складок применяют вместе с обычным прижимным кольцом дополнительный сферический прижим (рис. 78). Благодаря дополнительному сферическому прижиму удается без ухудшения качества штампуемых изделий увеличить степень деформации за операцию и тем самым сократить число вытяжек при штамповке высоких изделий.

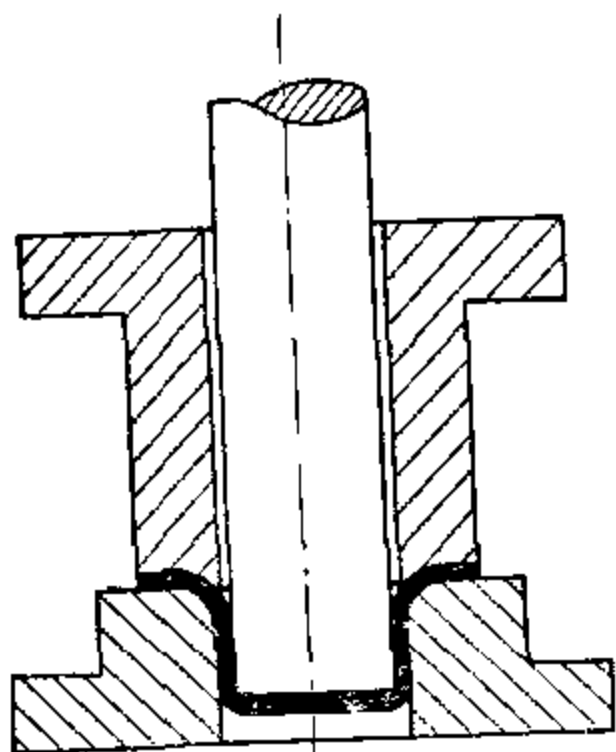


Рис. 78. Сферический прижим вытяжного штампа

При работе со сферическим прижимом величину зазора (на сторону) можно увеличить до $1,4-1,6 t$ без опасения появления складок. Сферический прижим может применяться только при работе на прессах двойного действия.

При вытяжке без прижимного кольца радиусы закругления матриц должны быть значительно уменьшены, иначе будет сильное складкообразование и разрывы изделий.

Рекомендуются следующие величины радиусов закругления матриц при работе без складкодержателя по данным В. Г. Романовского.

Толщина материала, мм

4—6	$r = 3-4 t$
6—10	$r = 1,8-2,5 t$
10—15	$r = 1,6-1,8 t$
15—20	$r = 1,3-1,5 t$

§ 7. Смазка при вытяжке

Уменьшая трение между заготовкой и рабочей поверхностью вытяжного штампа, смазка снижает усилие, необходимое для вытяжки, что позволяет работать на прессах меньшей мощности.

Смазка уменьшает износ штампа и предохраняет от налипания металла.

Утонение материала получается меньше, если вытяжку вести со смазкой, а следовательно, снижается количество разрывов.

Во время вытяжки смазанных заготовок образуется меньшее количество складок, чем если их поверхность будет сухой.

Смазка облегчает съем или выталкивание изделия из штампа.

К смазочным материалам предъявляются следующие требования:

- коэффициент трения при вытяжке должен быть минимальным;
- смазка должна давать прочную пленку, хорошо удерживающуюся на металле при вытяжке;
- не должна оказывать вредного влияния на здоровье обслуживающих рабочих;
- не должна вызывать коррозии металла и штампа;
- должна легко наноситься и легко удаляться с изделия;
- не должна разлагаться при работе и хранении;
- должна состоять из недефицитных материалов и иметь невысокую стоимость;
- не должна содержать твердых частиц.

В штамповочном производстве применяется большое количество разнообразных смазок.

Смазки бывают без наполнителей и с порошкообразными наполнителями. Смазки с наполнителями применяются на тяжелых работах, где обычная смазка (без наполнителя) выжимается при вытяжке.

Смазки с наполнителями образуют более прочные пленки, которые повышают в несколько раз стойкость штампов по сравнению со стойкостью штампов, работающих на смазках без наполнителей.

Хорошими наполнителями смазки являются мел, тальк, графит и т. п.

При глубокой вытяжке применяются смазки, содержащие около 20% наполнителей.

При вытяжке толстых металлов количество наполнителей доводится до 40% от веса смазки.

Коэффициенты трения при вытяжке (без утонения стенок) имеют следующие величины:

при смазке с наполнителями $\mu = 0,08—0,10$,
 при смазке минеральными маслами (без наполнителей) $\mu = 0,14—0,16$,
 при вытяжке без смазки (по данным Л. А. Шофмана) $\mu = 0,18—0,20$.

Наибольшее распространение при вытяжке в штамповочном производстве получили следующие смазки (табл. 33).

Таблица 33

Смазочные материалы, применяемые при вытяжке различных металлов

Наименование штампуемого металла	Состав смазки
Алюминий и его сплавы	Машинное масло, технический вазелин
Медь, сплавы на медной основе (латуни, бронзы) и биметаллы (медь + железо; томпак + железо)	Мыльный раствор (эмульсол), состоящий из 1% соды; 8% мыла; 12% растительного масла; 12% олеиновой кислоты; остальное — вода; сурепное масло; мыльный раствор, содержащий 6—10% мыла
Никель и его сплавы	Смесь крепкого мыльного раствора с минеральным маслом
Нержавеющая сталь и малоуглеродистые стали	Состав: 43% верстенного масла, 8% рыбьего жира, 15% графита, 8% олеиновой кислоты, 5% серы (порошкообразной), 6% зеленого мыла, остальное — вода.

Кроме указанных в табл. 33 смазок некоторые заводы применяют при вытяжке алюминия сурепное масло, сало (животное), смесь касторового масла с наполнителями.

Учитывая, что некоторые изделия после вытяжки подвергаются отжигу, приходится подбирать смазки, дающие минимальное количество коксующихся остатков на изделиях во время отжига, или вводить операцию по удалению смазки с полуфабриката перед отжигом.

Нанесение смазки на заготовку перед вытяжкой производится разными способами. Густые смазки (вазелин,

машинное масло и т. п.) наносятся с помощью специального приспособления или вручную мягкой тряпочкой. Наносят смазку обычно только на то место заготовки, которое подвергается деформации (например периферию круга). Место круга, идущее на плоское дно изделия, не смазывают, так как эта зона не подвергается деформации. Смазанную заготовку кладут на матрицу так, чтобы смазанная сторона лежала на матрице, во избежание трения между матрицей и заготовкой при вытяжке.

Для смазки пуансона и частично прижимного кольца на каждую 5—10-ю заготовку смазку наносят с обеих сторон.

При применении эмульсий заготовки перед вытяжкой погружают в сосуд со смазкой.

Смазка ленточной и полосовой заготовки (особенно при автоматической подаче в штамп) производится пропусканием заготовки через вращающиеся войлочные валики, непрерывно смачиваемые смазкой.

Удаление смазки с изделий после штамповки производится разными способами; наиболее распространенными являются:

- растворение смазки в трихлорэтилене или бензине (в особом помещении),
- электролитическое обезжиривание в щелочном растворе,
- горячее обезжиривание в специальном растворе,
- ручная протирка мягкими тряпками.

§ 8. Вытяжные штампы

Вытяжные штампы, в зависимости от выполняемых работ, можно подразделить на две основные группы:

- штампы для первой вытяжки,
- штампы для второй и последующих вытяжек.

Кроме того, все вытяжные штампы подразделяются на: штампы без прижимного кольца и с прижимным кольцом.

Рассматривая вытяжные штампы по совмещенности операций, можно их подразделить на:

а) простые, выполняющие за один ход пресса одну операцию,

б) комбинированные, выполняющие одновременно несколько операций.

В свою очередь комбинированные штампы бывают совмещенного действия и последовательного действия.

В особой группе находятся штампы для вытяжки с утонением стенки изделия, которые будут описаны в особом разделе.

Штампы для первой вытяжки

Эти штампы применяются при вытяжке из плоской заготовки полых изделий, например при получении цилиндрического изделия из круглой заготовки.

Штамп для первой операции может состоять из двух частей: матрицы и пуансона, или из трех частей: матрицы, пуансона и прижимного кольца. Вытяжной штамп без прижимного кольца (рис. 79) применяется для изготовления низких изделий, а также при вытяжке из толстого материала. Лишь в этих двух случаях вытяжка может произойти без образования складок.

Штамп, состоящий из трех частей (рис. 80), применяется для вытяжки более высоких изделий, а также для вытяжки из тонкого материала. Вытяжные штампы, имеющие жесткие прижимные кольца, применяются чаще всего на двухходовых прессах, а упругие — на одноходовых.

На простых вытяжных штампах прижим заготовки осуществляется плоским складкодержателем (прижимным кольцом), который не допускает образования складок на боковой поверхности вытягиваемого изделия.

Прижим заготовки может производиться различными способами: рычажным, пружинным, резиновым и болтовым (для одноходовых штампов).

На современных прессах прижим заготовки осуществляется с помощью пневматического (воздушного), гидравлического или гидропневматического приспособлений, которые обеспечивают постоянное давление во время вытяжки.

Пружинные и резиновые прижимные приспособления дают в начале вытяжки небольшое давление, которое постепенно с опусканием пуансона возрастает; в конце

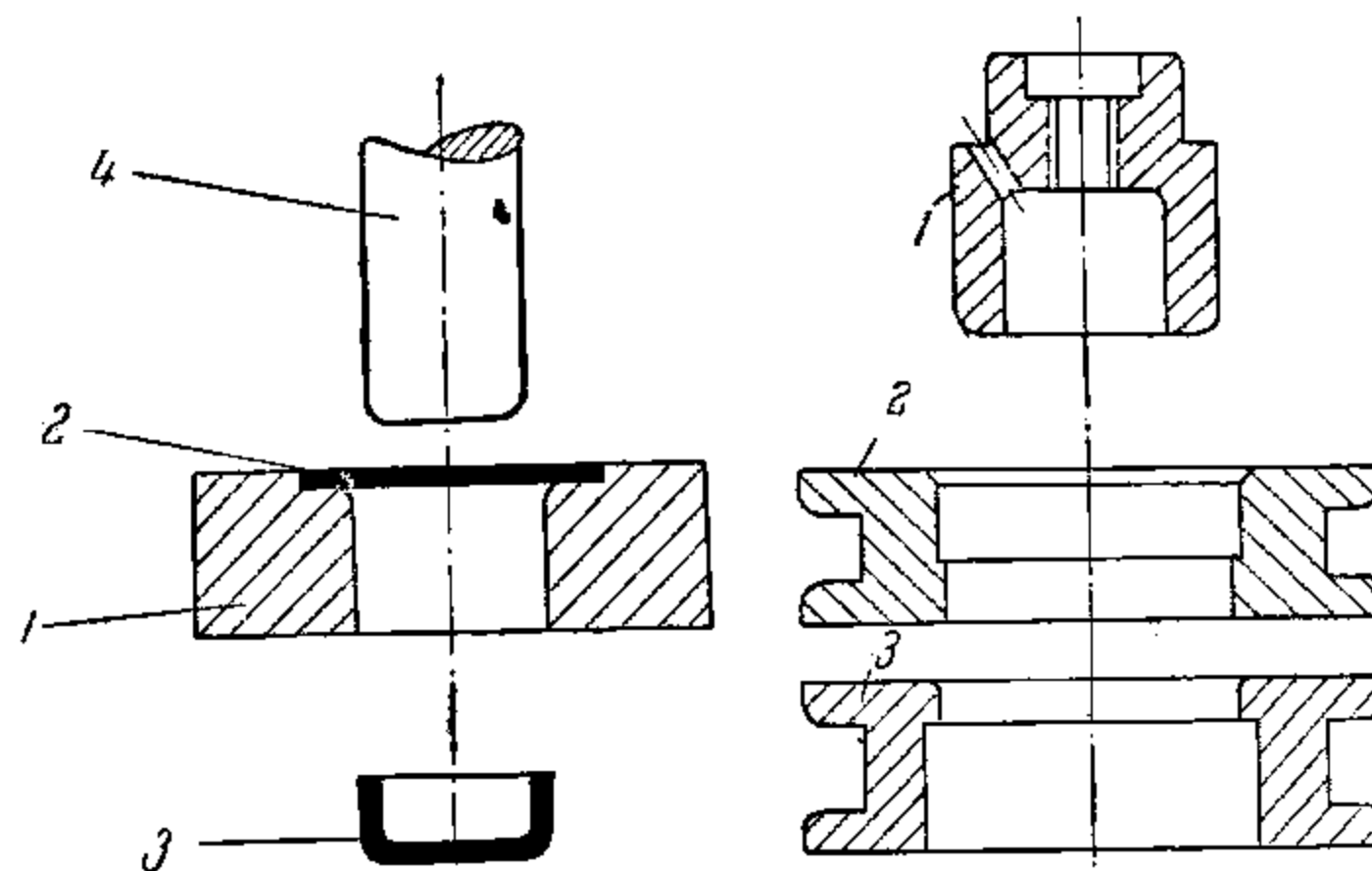


Рис. 79. Вытяжной штамп без прижимного кольца:

1 — матрица; 2 — заготовка для вытяжки; 3 — изделие после вытяжки; 4 — пуансон

Рис. 80. Штамп для первой операции вытяжки:

1 — пуансон; 2 — прижимное кольцо; 3 — матрица

процесса вытяжки оно бывает максимальным, что часто вызывает разрыв изделий. Прижимное устройство простой конструкции приведено на рис. 81.

По ходу вытяжки желательно было бы иметь переменный прижим заготовки при опускании пуансона, т. е. вначале максимальный, а затем снижающийся, но пока такой конструкции прижима нет.

Удовлетворительные результаты дает жесткий прижим с установкой постоянного зазора.

В случае отклонения от номинальной толщины заготовки степень прижима меняется. В случае толстой заготовки прижим будет слишком велик, а для тонкой недостаточный. Чрезмерно большой прижим приводит к разрыву изделий, а малый способствует появлению складок на вытягиваемом изделии.

Этот недостаток устраняется при пневматическом и гидравлическом прижимах, в которых давление регули-

руется при вытяжке по показанию манометра, находящегося у пресса.

Пневматические и гидравлические прижимы часто соединяются с приспособлением для выталкивания изделий из матрицы после подъема пуансона.

В конструкции обычных вытяжных штампов изделия из матрицы могут удаляться несколькими способами. Наиболее распространенными из них являются: рычажные выталкиватели, крючковые сбрасыватели, специальные съемные кольца, кольцевые сегменты и т. д. Выбор того или иного способа удаления деталей из штампа зависит от вида работ, типа пресса, конструкции штампа и т. д.

В пуансоне вытяжного штампа должно быть сделано отверстие для отвода воздуха из вытягиваемого изделия; это необходимо для облегчения съема изделия с пуансона после вытяжки.

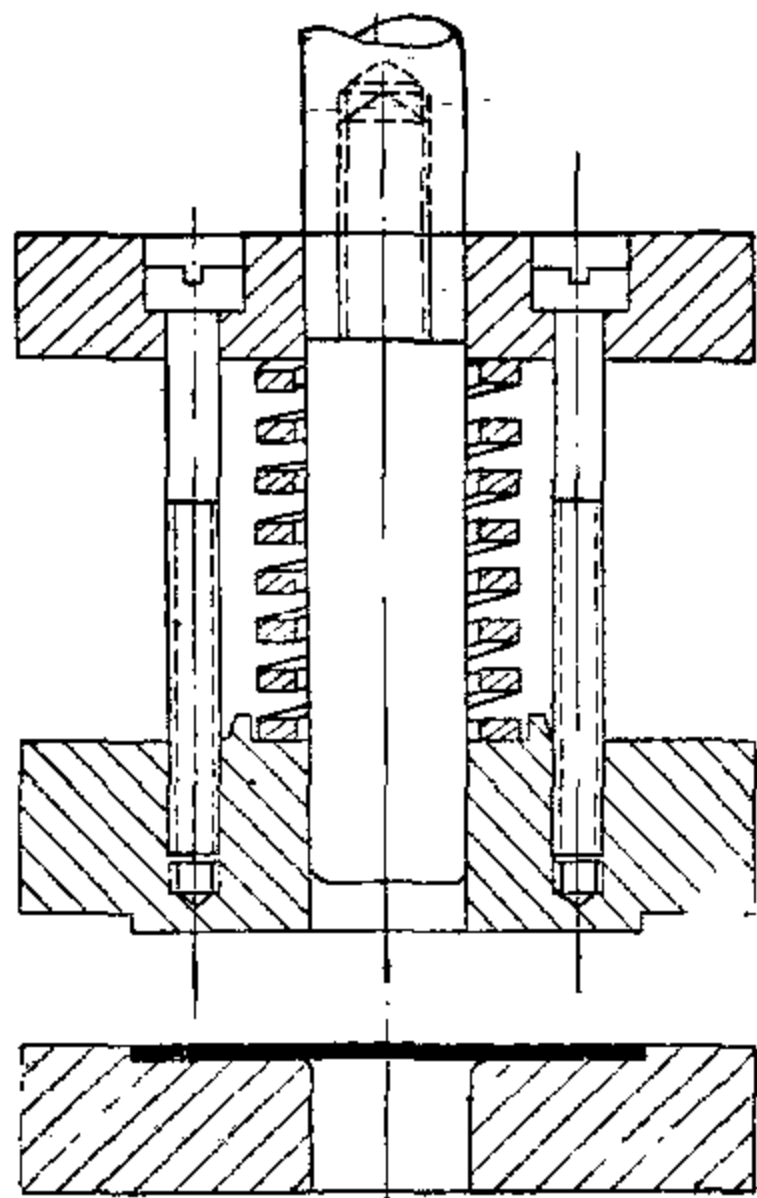


Рис. 81. Вытяжной штамп с пружинным прижимным кольцом

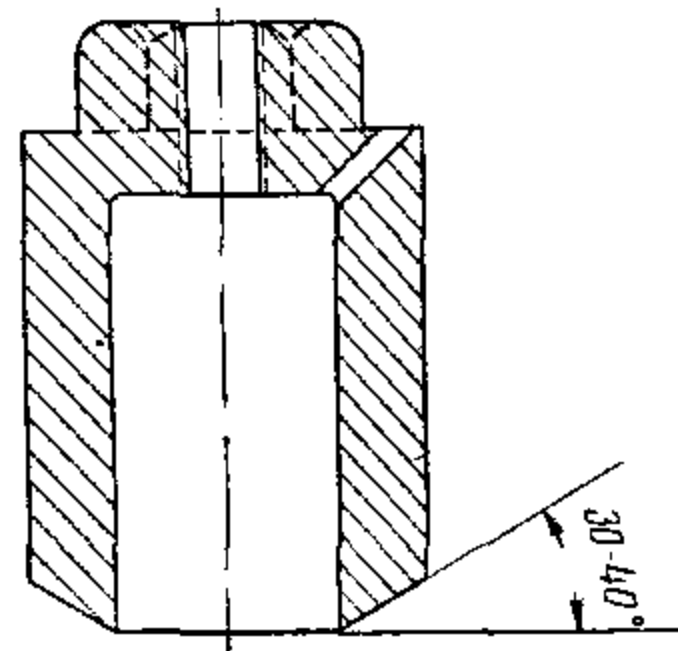


Рис. 82. Пуансон вытяжного штампа со скосом в торцевой части

Для фиксирования заготовки на матрице перед вытяжкой делаются специальные выточки, установочные кольца и фиксирующие шпильки.

С целью облегчения съема изделий с пуансона после вытяжки внизу матрицы часто делают специальную выточку (при работе на провал изделий).

Для облегчения условий вытяжки пуансон первой операции делают внизу со скосом в $30-40^\circ$ (рис. 82); это также улучшает прижим заготовки при следующей вытяжке и облегчает перемещение материала в штамп. Нижний диаметр усеченного конуса на конце пуансона должен быть равен диаметру пуансона следующей операции.

У штампа, работающего без складкодержателя, рабочая часть вытяжной матрицы делается либо с закругленной кромкой, либо конической. Конические матрицы проще в изготовлении, но качество изделий после вытяжки получается хуже, чем на матрице с закругленными рабочими кромками.

Высота рабочей части отверстия вытяжной матрицы берется в зависимости от диаметра вытягиваемого изделия: при диаметре до 20 мм высота $h = 0,4 d$; при d , равном 20—50 мм, $h = 0,3 d$ и при диаметре более 50 мм высота $h = 0,2 d$.

Вытяжные штампы для последующих операций

Вытяжной штамп для второй и последующих операций также может быть со складкодержателем и без складкодержателя. Наиболее прост для последующих операций штамп без складкодержателя, который отличается от вытяжного штампа для первой операции только формой приемника (фиксатора), имеющего выемку не для плоского круга, а для предварительно вытянутого изделия (рис. 83).

Вытяжные штампы для последующих операций без складкодержателя применяют для небольшого уменьшения диаметра, а также для невысоких изделий, изготавливаемых из толстого материала.

В большинстве же случаев применяются штампы для последующих операций со складкодержателем, что обеспечивает повышенное качество штампованных изделий. В этих штампах складкодержатель должен иметь форму

пуансона предыдущей операции, так как во время прижима он должен входить внутрь заготовки, которая имеет уже полу форму (рис. 84).

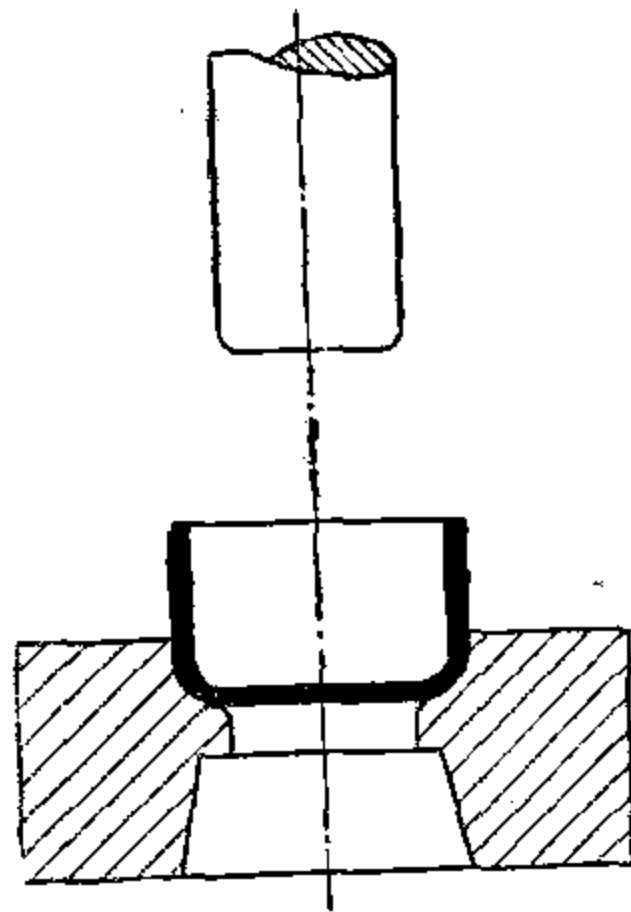


Рис. 83. Вытяжной штамп для последующей операции без прижимного кольца

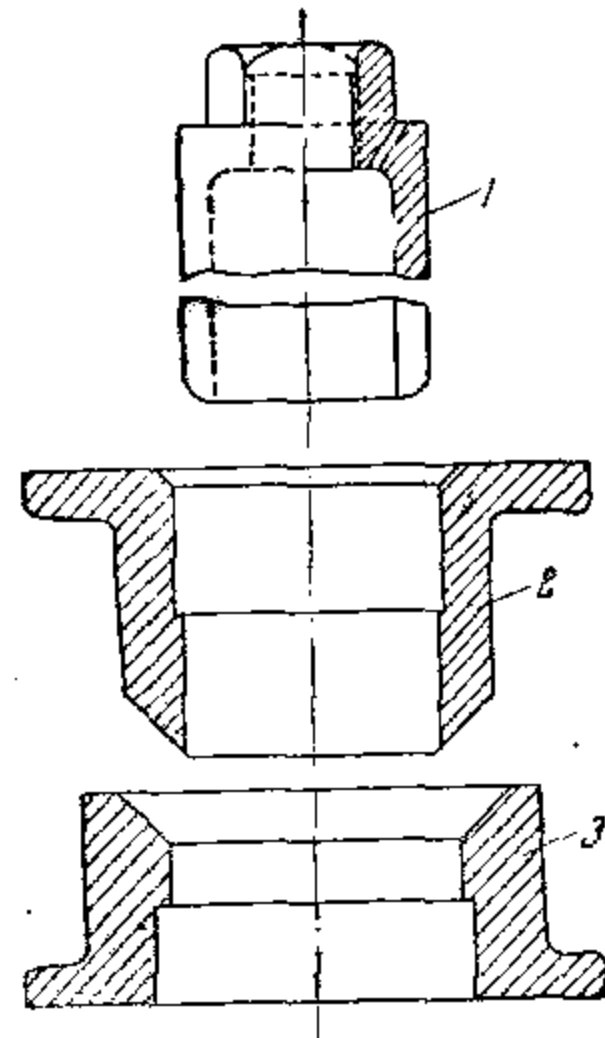


Рис. 84. Штамп для последующей вытяжки с прижимным кольцом:
1 — пуансон; 2 — прижимное кольцо; 3 — матрица

Высота складкодержателя вытяжного штампа для последующих операций должна быть выбрана в зависимости от высоты изделия, получающегося на предыдущей операции. Например, высота складкодержателя для второй вытяжки должна быть обязательно больше высоты изделия, полученного после первой вытяжки, в противном случае нельзя будет осуществить прижим заготовки при второй вытяжке.

При вытяжке высоких изделий на прессе, имеющем длину хода меньше $2h$ (где h — высота изделия), устраиваются откидные (поворотные) пуансоны, которые вполне себя оправдали в работе.

Штампы совмещенного действия

В группе комбинированных штампов большое место занимают штампы совмещенного действия, в которых объединяются несколько операций, выполняемых за один ход пресса, например вырубка и вытяжка, вытяжка и обрубка и т. п.

При сопоставлении работы штампов совмещенного и последовательного действий следует указать, что каждый из этих штампов имеет свои преимущества и недостатки.

Штампы совмещенного действия применяются для вытяжки изделий большего диаметра (свыше 250 мм); они обеспечивают получение изделий повышенного качества и большой точности изготовления. На совмещенных штампах изделия изготавливаются по 3—5-му классу точности, а на последовательных — по 7—9-му классу.

Для ознакомления с работой штампа совмещенного действия рассмотрим один из наиболее распространенных штампов, производящих одновременно вырубку и вытяжку.

Штамп совмещенного действия имеет главные детали вырубного и вытяжного штампов. Штамп совмещенного действия стоит дороже, чем стоят вместе вырубной и вытяжной штампы, но затраты на его изготовление быстро окупаются, благодаря его высокой производительности. Штампы совмещенного действия могут быть установлены как на одноходовом прессе, так и на прессе двойного действия.

На одноходовых прессах применяются штампы, состоящие из трех основных деталей (рис. 85): вырубной матрицы 1, вырубного пуансона 2, который служит также матрицей для вытяжного пуансона 3. Прижим заготовки на штампах совмещенного действия производится с помощью буферных пружин, резиновых буферов или пневматического приспособления.

Для выталкивания готового изделия из матрицы совмещенный штамп имеет пружину 4.

Штамп совмещенного действия на двухходовом прессе состоит из: вырубного пуансона, вытяжного пуансона, входящего внутрь вырубного, вырубной матрицы и вытяжной матрицы.

Во время работы пресса сначала опускается вырубной пуансон, который производит вырубку заготовки и,

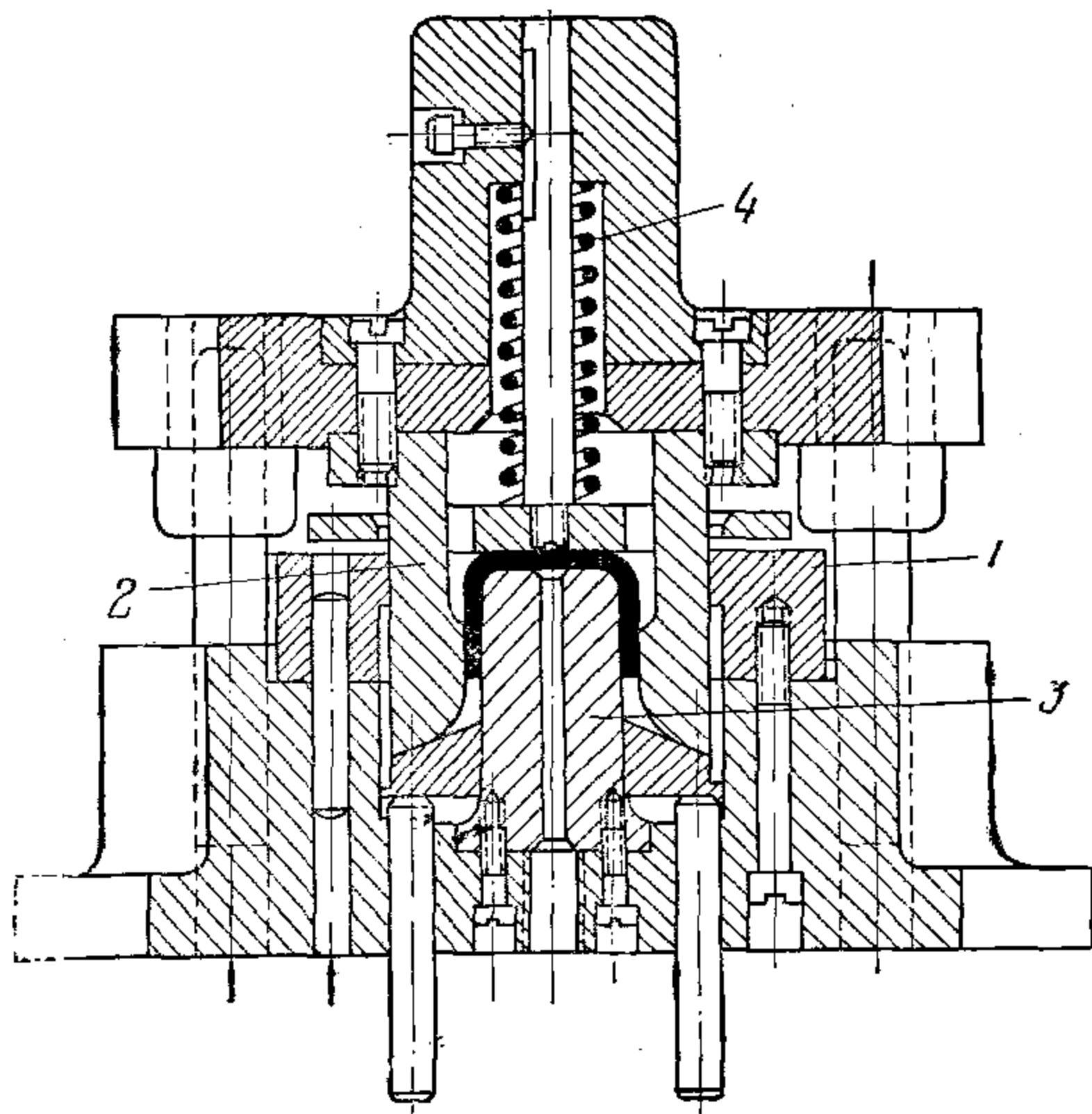


Рис. 85. Штамп совмещенного действия

опускаясь далее вниз, прижимает заготовку к вытяжной матрице. Длина хода вырубного пуансона небольшая. Опусканием вытяжного пуансона производится вытяжка изделия.

При работе с совмещенным штампом пресс должен быть отрегулирован так, чтобы вырубной пуансон опускался на определенную высоту, иначе прижим заготовки

будет плохой и при вытяжке получится большое количество брака (слабый прижим дает складки, сильный прижим способствует разрыву изделия).

Несмотря на большие преимущества штампов совмещенного действия, их рекомендуется применять только после тщательного анализа экономичности их и производственных возможностей.

На штампах совмещенного действия нельзя производить глубокую вытяжку, нельзя работать на быстрых прессах, так как при работе на них не успеют удалиться изделия и отходы со штампа.

При наличии очень тонких стенок между наружным и внутренним контуром изделия нецелесообразно изготовлять штамп совмещенного действия, так как пуансономатрица будет иметь тонкие стенки и, следовательно, недостаточную прочность и стойкость.

Уход за штампом совмещенного действия должен быть весьма тщательный и работа прижимных буферов должна часто контролироваться.

Штампы совмещенного действия применяются также на прессах тройного действия. В этих случаях производится объединение двух вытяжек на одном прессе.

Регулировка штампов совмещенного действия является сложной операцией.

Штампы последовательного действия

Штамп последовательного действия также относится к комбинированным штампам.

На штампе последовательного действия изделия изготавливаются за несколько переходов под пуансонами, расположенными один за другим по линии перемещения заготовки.

На рис. 86 приводится изменение формы изделия по операциям при вытяжке на штампе последовательного действия. Эти штампы имеют следующие преимущества перед штампами совмещенного действия.

1. Дают высокую производительность при изготовлении мелких изделий. Один пресс при работе с последовательным штампом заменяет несколько прессов, работающих на простых штампах.

Особенно широко применяются штампы последовательного действия при массовом производстве.

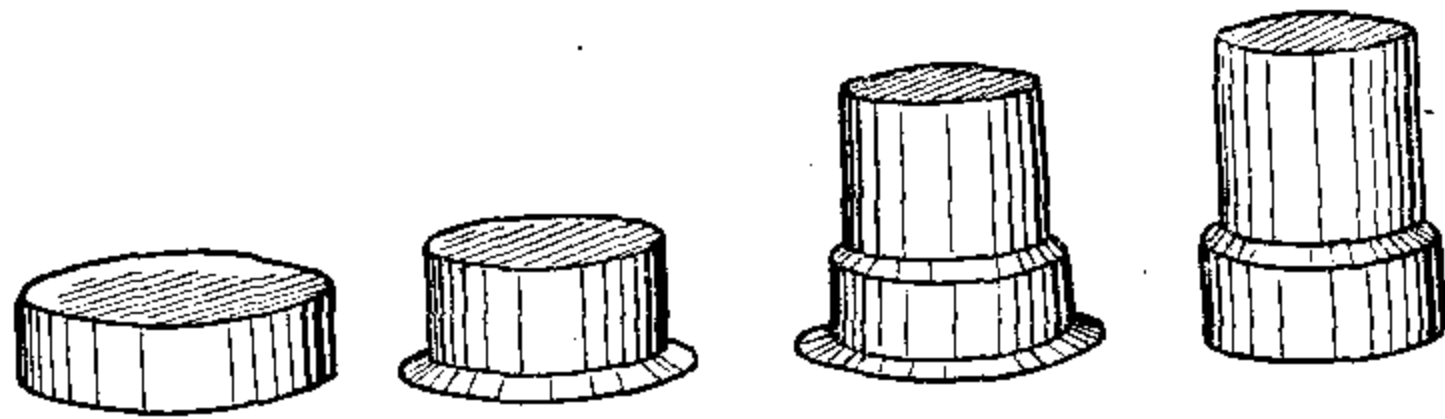


Рис. 86. Изменение формы изделия при вытяжке на штампе последовательного действия

2. Хорошо работают на быстроходных прессах.

3. Для изделий простой конфигурации стоимость последовательного штампа значительно ниже, чем стоимость штампа совмещенного действия для таких же изделий.

4. Дают возможность применения механизации и автоматизации подачи и удаления изделий со штампа.

Штампы последовательного действия устанавливаются на многопуансонных прессах (см. рис. 35), на которых заготовка от одного пуансона передается к другому специальным механизмом.

Число пуансонов и соответственно матриц на штампе последовательного действия достигает 10 и более.

К недостаткам работы штампов последовательного действия следует отнести:

1) пониженную точность изготавливаемых изделий, зависящую от погрешности передачи заготовки от пуансона к пуансону;

2) при выходе из строя одного пуансона или матрицы полностью останавливается работа высокопроизводительного пресса.

Штампы для фасонной вытяжки

С помощью штампов данной конструкции изменяется конфигурация изделия, например получение граней на боковой поверхности цилиндра, рифление дна изделия и т. п.

Штампы для изменения формы делаются с прижимным кольцом и без него. Штампы без прижимного коль-

ца в большинстве случаев применяются при работе в упор. Кроме того, на фасонных штампах производят отбортовку и заштамповку фланца, обжим, механическое и гидравлическое выпучивание и т. п.

При вытяжке изделий неправильной формы в зонах свободного перехода металла во избежание образования складок из-за избытка металла делают специальные тормозящие буртики (выступы) подобно ранее указанным на рис. 75. В зонах сильной деформации облегчают перемещение металла путем увеличения радиусов закругления рабочих граней матрицы, а также полировки поверхностей матрицы на этих участках.

Некоторые заводы при вытяжке полусфер производят дополнительную операцию. Вначале при вытяжке из плоской заготовки получают полуфабрикат особой формы (рис. 87), поверхность которого равна поверхности готового изделия. Из полученного полуфабриката без особых затруднений при следующей операции получается полусферическое изделие. Указанные два перехода вытяжки предохраняют от образования складок.

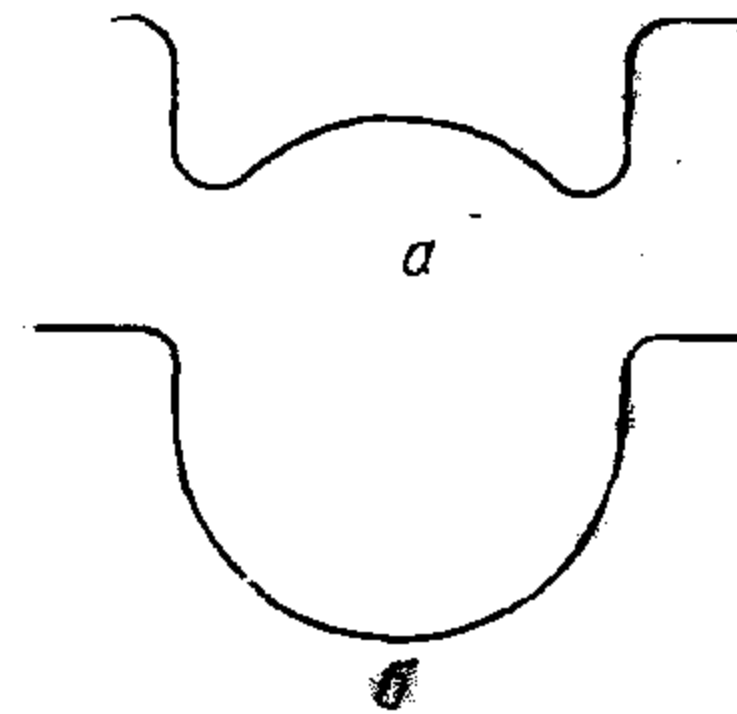


Рис. 87. Подготовительная форма изделия а для получения полусферического изделия б

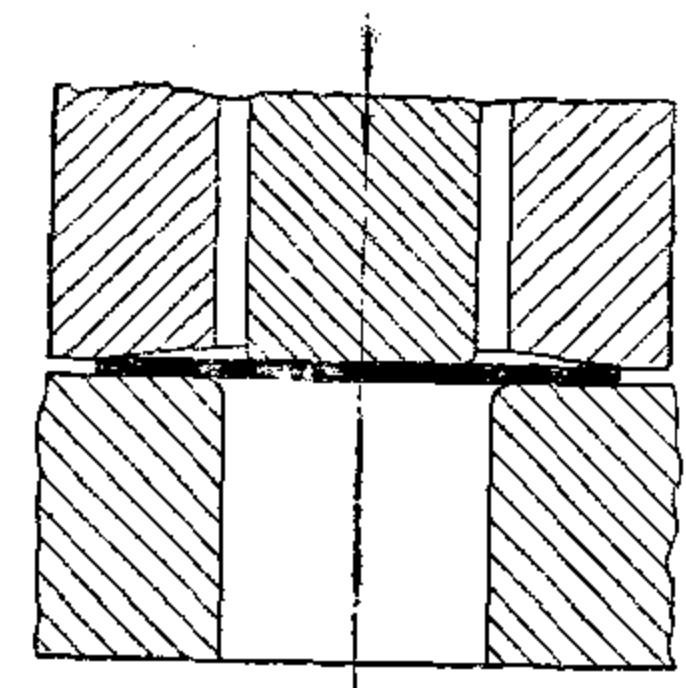


Рис. 88. Прижимное кольцо со скошенной кромкой

При глубокой вытяжке изделий из толстой заготовки прижимное кольцо иногда делают со скошенными к середине кромками (рис. 88), что облегчает условия вытяж-

ки, так как при опускании пуансона толщина края заготовки увеличивается. Указанное прижимное кольцо в изготовлении сложнее, чем плоское, но в работе оно вполне оправдывает себя. На некоторых заводах вместо прижимного кольца со скошенными кромками делают конусное прижимное кольцо, которое проще изготавливается.

В последние годы В. Е. Недорезовым был опробован новый оригинальный способ глубокой вытяжки с одновременным вращением заготовки. При данном способе глубокой вытяжки устраняется складкообразование, поэтому степень деформации при вытяжке может быть увеличена. Заготовке, зажатой между торцом пуансона и выталкивателем, на поверхности которой нанесены неглубокие насечки, придается вращательное движение. Скорость вращения изделия при вытяжке применялась 1500 об/мин. Были получены хорошие результаты.

§ 9. Точность при вытяжке

В соответствии с техническими требованиями, предъявляемыми к готовым отштампованным изделиям, приходится подбирать особые условия вытяжки.

На точность при вытяжке влияют в основном следующие факторы:

- а) точность изготовления рабочих деталей штампа,
- б) правильный расчет величины распружинивания изделий после выхода из штампа,
- в) степень износа штампа.

Допуски на изготовление вытяжных пуансонов и матриц зависят от допусков на толщину материала и требуемой величины зазора. Кроме того, учитывается, какой размер готового изделия должен быть выдержан более точно — внутренний или наружный. Допуск на изготовление пуансона и матрицы обычно устанавливается по 2—3-му классу точности.

Величина распружинивания детали после выхода из штампа зависит от механических свойств и толщины материала, от коэффициента перехода, от зазора между пуансоном и матрицей и т. п.

При вытяжке без утонения стенки за счет распружинивания увеличивается диаметр у верхней кромки изделий.

При коэффициенте вытяжки 0,5 у латунных изделий получается величина распружинивания порядка $0,005$ диаметра заготовки.

Величину распружинивания приходится учитывать при проектировании вытяжных штампов. Например при диаметре заготовки 600 мм, толщине заготовки 4 мм и вытяжке на 300 мм величина распружинивания будет: $0,005 \cdot 600 = 3$ мм.

С уменьшением степени деформации при вытяжке величина распружинивания уменьшается. Алюминиевые и медные изделия при вытяжке имеют меньшее распружинивание, чем латунные.

§ 10. Материал для вытяжных штампов

Матрицы и пуансоны вытяжных штампов работают на истирание и частично на удар, поэтому при выборе материала для штампа необходимо предъявлять требования не только в части твердости, но и прочности.

От качества материала вытяжного штампа зависит стойкость его в работе, а также качество поверхности изготавливаемых изделий.

При выборе материала для вытяжного штампа учитываются:

- а) сложность конфигурации вытягиваемого изделия,
- б) механические свойства материала, идущего для вытяжки,
- в) глубина вытяжки,
- г) класс точности штампуемых изделий,
- д) массовость заказа и т. п.

Вытяжные штампы делаются из стали и чугуна.

Для вытяжки ответственных деталей штампы в большинстве случаев изготавливают из стали. При этом для изделий сложной конфигурации, а также штампы больших размеров делают составными, что облегчает их изготовление, а также смену отдельных частей в случае износа. Простые вытяжные штампы изготавливают из инструментальной углеродистой стали марок У8А и У10А.

Складкодержатели в большинстве случаев делают также из инструментальной стали марки У8А и лишь для вытяжки твердых металлов применяют сталь марки У10А. Для ответственных штампов применяют стали, легированные хромом (0,5—0,7%).

Штампы, выполняющие тяжелые работы, а также работающие на удар, изготавливают из стали марки Х12М.

Штампы, изготовленные из легированных сталей и особенно из Х12М, мало изменяют свои размеры при закалке, что является весьма ценным при изготовлении штампов сложной конфигурации. Кроме того, на некоторых заводах изготавливают вытяжные штампы из сталей марок Х12, ХВГ, 9ХС и т. п.

Иногда при массовом выпуске изделий применяются победитовые матрицы, которые выдерживают до 800 000 и более вытяжек. Победитовые матрицы вделывают в специальные обоймы. При работе на победитовых матрицах отсутствует налипание вязких металлов на рабочую поверхность, что является большим преимуществом этих матриц.

Для повышения твердости и износостойкости вытяжных штампов, изготовленных из углеродистой стали, их рабочие поверхности покрывают электролитическим слоем хрома толщиной около 0,05 мм.

Нашел широкое распространение также способ электроискрового нанесения поверхностного слоя из твердых сплавов на рабочие части вытяжного штампа.

Твердость вытяжных штампов (матриц и пуансонов) рекомендуется $R_c = 57—62$. При твердости R_c выше 62 штамп выкрашивается. При твердости R_c ниже 57 снижается стойкость штампа в работе.

Для снижения коэффициента трения при вытяжке и улучшения качества штампуемых изделий рабочие поверхности вытяжного штампа шлифуют и полируют.

Для вытяжки крупных изделий, а также для глубокой вытяжки алюминия и алюминиевых сплавов часто применяют чугунные штампы, которые вполне себя оправдали в работе. Коэффициент трения при работе на чугунных штампах небольшой, и истирание их при работе незначительное. Чугун для вытяжных штампов должен быть качественным, без раковин, шлаковых вклю-

чений и других дефектов. Стоимость чугунных штампов значительно ниже стоимости стальных штампов.

Для изготовления штампов ответственного назначения часто применяется легированный чугун (с добавкой никеля, хрома и т. п.).

При вытяжке обычно матрицы изнашиваются больше пуансонов, поэтому материал для матриц выбирают более твердый, чем для пуансонов.

Стойкость вытяжных штампов зависит от правильной эксплуатации и хранения их. Перед укладкой штампов в кладовую на стеллаж их следует смазывать нейтральным маслом, чтобы при хранении на них не появилась ржавчина.

При появлении на вытяжном штампе риск или налипания металла штамп следует шлифовать.

Круг для шлифовки следует выбирать с мелким зерном и давать большее число оборотов, что улучшает качество шлифовки штампа.

Матрицы сложной конфигурации на некоторых заводах изготавливают электроискровым способом с помощью специального станка, разработанного Б. Р. Лазаренко. При электроискровом способе изготовления матриц стальную заготовку погружают в масляную ванну и соединяют с положительным полюсом электрической установки. Инструментом служит латунный стержень, профиль которого соответствует профилю отверстия или профилю отдельного участка матрицы. Инструмент соединяют с отрицательным полюсом электрической установки. При работе станка один за другим следуют электрические разряды, под действием которых происходит отрыв частиц металла от заготовки и образование углубления или отверстия, точно отвечающего форме инструмента. Электроискровым способом можно изготавливать матрицы из твердых (закаленных) материалов, и при этом твердость их не снижается.

Чистовую обработку (доводка) рабочих поверхностей матрицы производят на станке или с помощью передвижной бормашинны.

В штамповочном производстве, наряду с массовым серийным выпуском, иногда требуется изготовить неболь-

шие серии изделий, для которых экономически невыгодно делать дорогостоящие штампы. В этом случае прибегают к изготовлению упрощенных штампов:

- а) литых (свинцово-цинковых),
- б) стальных пластинчатых,
- в) деревянных, обшитых листовой сталью.

Указанные штампы можно легко и быстро изготовить, и стоимость их небольшая.

Упрощенные штампы особенно выгодны для изготовления изделий больших габаритов. К типу упрощенных вытяжных штампов также относятся штампы с резиновыми деталями, например прижим заготовки осуществляется резиновым буфером. Резина также применяется для изготовления пуансонов вытяжных штампов. На штампах упрощенного типа производят вытяжку металла толщиной не более 1,5 мм при использовании ручных прессов, фрикционных и гидравлических, небольшой мощности.

§ 11. Основные виды брака при вытяжке

При отклонениях от нормальных условий вытяжки может получаться большое количество разных видов брака. Остановимся лишь на описании основных видов брака при вытяжке, которые часто встречаются в штамповочном производстве, а также укажем меры борьбы с браком.

Складки на боковой поверхности изделия. Складки могут быть по всей боковой поверхности или на одной стороне боковой поверхности изделия.

Складки по всей боковой поверхности изделия (рис. 89) могут возникнуть из-за:

1) слабого давления прижимного кольца при вытяжке; для изжития брака необходимо увеличить давление прижимного кольца;

2) недостаточной толщины заготовки (тоньше минимально допустимой толщины); такую заготовку нельзя пускать в работу на штампах с зазором, рассчитанным на нормальную толщину заготовки;

3) большого зазора между пуансоном и матрицей;

следует заменить пуансон или матрицу для уменьшения зазора;

4) слишком большого радиуса закругления матрицы; складки будут расположены вверху изделия; для изжития этого брака следует переделать матрицу.

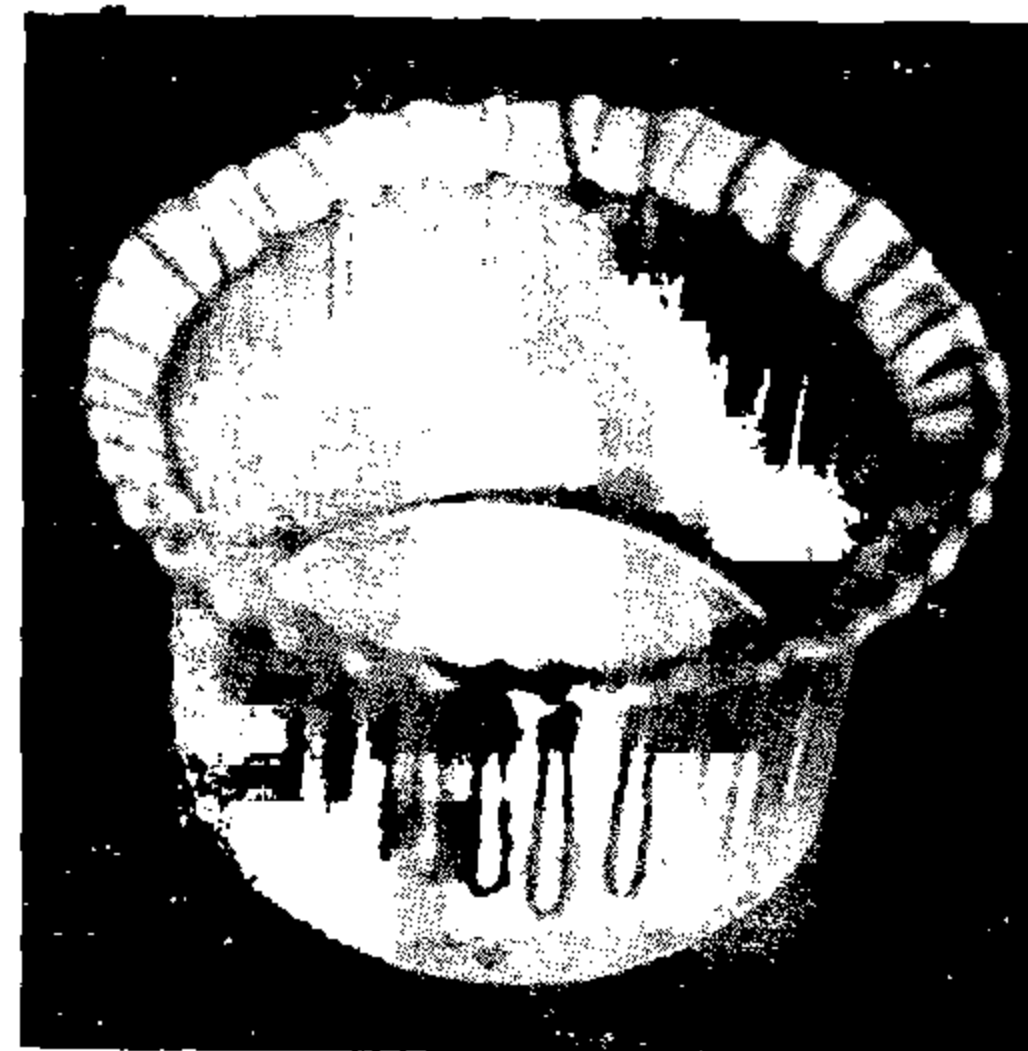


Рис. 89. Складки по всей боковой поверхности изделия

Складки на одной стороне боковой поверхности изделия (рис. 90) могут быть вызваны следующими причинами.

1. Заготовка перед вытяжкой имела разную толщину в отдельных участках вследствие плохой прокатки полос или заготовка была вырублена из утоненного конца полосы. Изделия со складками являются окончательным браком и в дальнейшую обработку не допускаются. Мерой борьбы с этим браком является отбраковка заготовок, имеющих колебания в толщине более 8% в разных точках. Такие заготовки на вытяжку брать не следует.

2. При установке вытяжного штампа матрица была установлена эксцентрично по отношению к пуансону (за-

зор с одной стороны матрицы был больше, чем с другой). При появлении такого брака необходимо остановить пресс и устранить выявленный недостаток.

3. Неравномерность прижима заготовки складкодержателем по диаметру, т. е. с одной стороны прижим слабее, чем с другой. Для ликвидации брака следует отрегулировать установку штампа, добиваясь равномерности прижима заготовки складкодержателем по всей окружности.

Чтобы выяснить, является ли причиной брака неправильная установка штампа или разная толщина заготовки, необходимо определить, в одном ли месте штампа появляются складки или в разных. Если складки будут в одном месте штампа, то причиной брака является неправильная установка штампа. Если складки при вытяжке будут в разных участках штампа, то причиной брака является разнотол-

Рис. 90. Складки на одной боковой поверхности изделия

щинность заготовки. Следует перебраковать заготовку.

Обрыв дна изделия (рис. 91). Основными причинами этого брака могут быть.

1. Жесткий металл (недостаточно отожженный). Для устранения этого брака необходимо заготовку вторично отжечь при соответствующей температуре.

2. Перегретая заготовка (металл с крупнозернистой структурой имеет пониженную прочность). Такую заготовку исправить нельзя, следует ее переплавить.

3. Чрезмерно большое давление прижимного кольца. Для устранения этого брака следует ослабить давление прижимного кольца.



4. Слишком большая степень деформации при вытяжке, т. е. коэффициент перехода взят слишком малый и металл не выдерживает данного формоизменения. Следует пересмотреть ступени переходов при вытяжке, т. е. добавить операцию.

5. Малые радиусы закругления или малый зазор между пуансоном и матрицей. Необходимо снять штамп с пресса и передать в переделку.

6. Толстая заготовка (выше верхнего предела толщины, указанной в технических условиях).

Кроме того брак по разрыву изделий может быть из-за плохой смазки, неровной рабочей поверхности штампа, большой скорости вытяжки или внутренних дефектов заготовки (раковины, расслоения и т. п.).



Рис. 91. Обрыв дна изделия при вытяжке

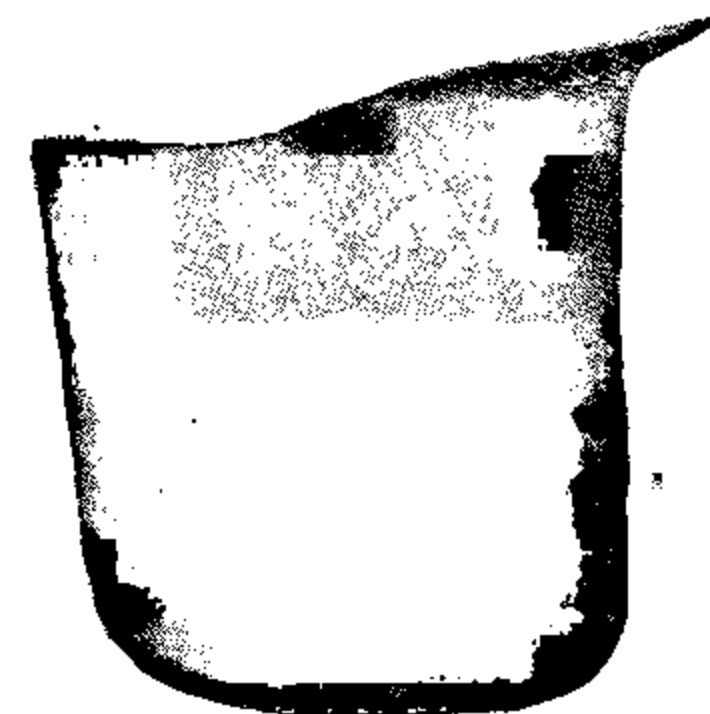


Рис. 92. Козырьки на отштампованном изделии

Козырьки (косые, однобокие) (рис. 92). Причины брака могут быть следующие.

1. При укладке круга на матрицу заготовка была расположена эксцентрично (не в центре) по отношению к матрице. Брак может получиться вследствие невнимательности штамповщика, укладывающего заготовку на матрицу, или вследствие неправильного расположения упорных шпилек на матрице. Следует тщательно проверить расположение упорных шпилек и укладывать заготовку плотно до упорных шпилек.

2. Матрица при установке на прессе была перекошена (оси пуансона и матрицы не совпадают). Для устранения брака следует выровнять матрицу на столе пресса.

Малая высота изделия. Этот брак может быть вызван следующим.

1. Недостаточный размер выбранной заготовки. Необходимо увеличить размер заготовки.

2. Чрезмерно большой зазор между пуансоном и матрицей, образовавшийся вследствие неправильного изготовления или большого износа штампа. Для устранения этого брака следует отремонтировать штамп.

3. Жесткая заготовка (недостаточная пластичность материала). Необходимо вторично отжечь заготовку.

4. Слабое давление прижимного кольца. Необходимо увеличить давление прижимного кольца.

Большая высота изделий (излишние отходы металла при обрезке). Причинами этого брака могут быть:

- 1) завышенный размер заготовки,
- 2) малый зазор между пуансоном и матрицей,
- 3) повышенное давление складкодержателя.

Следы переходов на боковой поверхности изделия (кольцевые линии). Получаются при вытяжках в несколько операций. Брак может быть вызван следующим

Радиусы закругления на матрице и особенно на пуансоне были слишком малы, вследствие чего на изделии появились горизонтальные линии (местное утонение) по всей окружности. Необходимо исправить штамп, увеличив радиусы закругления его рабочих кромок.

Риски (вертикальные царапины на боковой поверхности изделия). Брак может появиться в результате следующего.

1. На матрице или пуансоне были острые забоины. Необходимо зачистить штамп и удалить забоины.

2. В смазку или на штамп попали посторонние твердые частицы. Необходимо сменить грязную смазку, протереть штамп и не допускать попадания посторонних частиц на штамп во время вытяжки.

Черновины. Причина брака: во время вытяжки вдавлились в металл посторонние частицы. Необходимо тщательно следить за чистотой пресса и не допускать попа-

дания посторонних частиц на штамп. Кроме того, причиной черновин часто бывают внутренние загрязнения металла, встречающиеся при вытяжке алюминиевых сплавов.

Надиры. Причиной брака служат:

- 1) неровности рабочих поверхностей штампа,
- 2) слишком малый зазор между пуансоном и матрицей,
- 3) плохая смазка или отсутствие смазки,
- 4) большое налипание металла на штамп.

Отпечатки, вмятины и другие механические повреждения изделий. Причиной брака может быть небрежное обращение с заготовкой и изделиями во время транспортировки и обработки. Необходимо бережно обращаться с металлом.

§ 12. Глубокая вытяжка на одноходовых прессах

Вытяжка изделий большой высоты, как правило, производится на двухходовых прессах, на которых складкообразованию препятствует применение прижимного кольца. Не во всех цехах имеются двухходовые прессы, поэтому приходится иногда производить глубокую вытяжку на одноходовых прессах, что является сложной операцией. Как указывалось выше, на одноходовых прессах в большинстве случаев производится вытяжка без прижима заготовки или с применением эластичных прижимов (резиновых и пружинных), которые не обеспечивают должного качества высоких изделий. При вытяжке без прижима заготовки складки не образуются лишь в том случае, если высота вытягиваемого изделия не превышает 14 толщин заготовки (по данным проф. Неймайера).

Л. А. Шофман считает, что предел уменьшения диаметра при вытяжке без прижима не должен превышать $D - d \leq 18t$ (толщин заготовки).

Пример. Латунная заготовка толщиной 6 мм с диаметра 400 мм может быть вытянута на диаметр $D - 18t = d$.

Подставляя наши данные, получим: $400 - 18 \times 6 = d$; $d = 400 - 108 = 292$ мм. Значит, с диаметра 400 мм можно вытянуть изделие без прижима заготовки только на

диаметр 292 мм. При большом уменьшении диаметра будут получаться складки на боковой поверхности изделия.

Некоторые авторы считают, что деформация при вытяжке без прижима возможна, если $\frac{t}{D}$ больше 0,02.

На некоторых заводах для вытяжки изделий небольших диаметров (без прижима заготовки) применяются матрицы специальных профилей. Приводим профиль матрицы, применяемой на некоторых заводах (рис. 93).

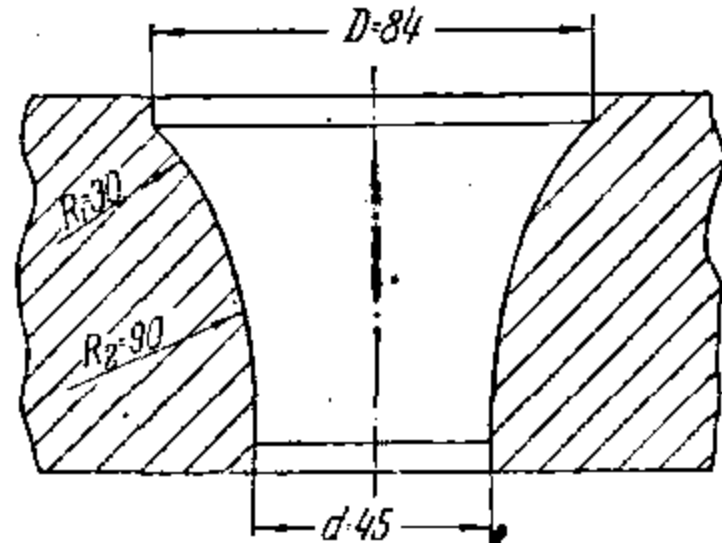


Рис. 93. Матрица для вытяжки без прижимного кольца

При отсутствии двухходового пресса глубокую вытяжку изделий можно производить на одноходовом прессе с применением специального закрепленного прижима («жесткого прижима»).

Прижим заготовки на одноходовом прессе может осуществляться разными способами; наибольшее распространение получили клиновое и болтовое крепления прижимного кольца.

На рис. 94 изображен штамп с клиновым креплением прижимного кольца. К матрице 1 прикрепляется болтами 2 толстый лист 3, имеющий внутри отверстие для свободного прохода пуансона. Зазор между матрицей и прижимным кольцом делается на 8—12% больше максимальной толщины заготовки.

Радиус закругления рабочей кромки матрицы берут равным 2—3 толщине заготовки. Радиус закругления пуансона не менее 1,5 толщин заготовки.

Зазор между пуансоном и матрицей берут 1,2—1,3 толщины заготовки. Крепление прижимного кольца к матрице производят болтами, снабженными клиньями 4. Болты располагают равномерно по всей окружности матрицы. Количество болтов устанавливают в зависимости от потребной силы прижима заготовки. Силу прижима складкодержателя принимают примерно около 10% от усилия вытяжки.

При креплении прижимного кольца к матрице болтами с резьбой может получиться при вытяжке частичное растяжение болтов, что вызовет затруднение при

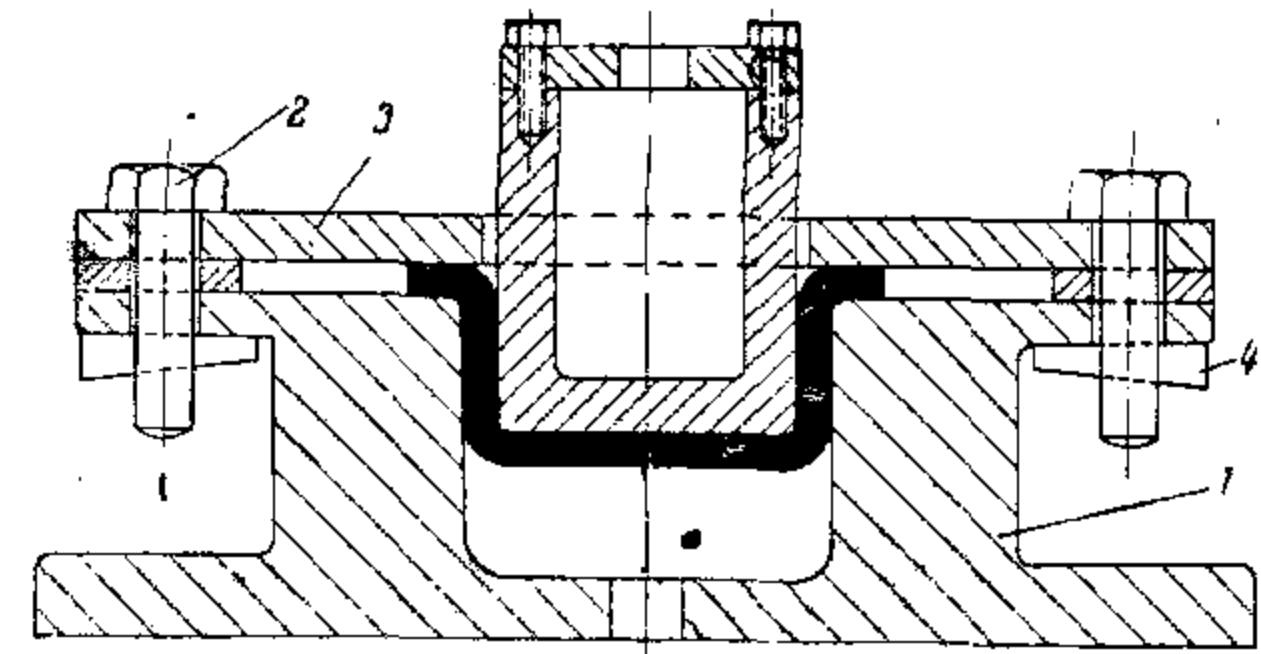


Рис. 94. Штамп с клиновым креплением прижима для глубокой вытяжки на одноходовом прессе

снятии прижимного листа перед закладкой следующей заготовки.

При вытяжке толстых заготовок применяют смазку с порошкообразными наполнителями (графит, тальк, мел и т. п.).

В процессе вытяжки при опускании пуансона края заготовки стремятся подняться и образовать складки; этому препятствует прочно закрепленное прижимное кольцо. На штампе данной конструкции можно произвести глубокую вытяжку изделий на одноходовом прессе без следов складок и других пороков вытяжки. Для точного оформления очертания дна изделия штамповку производят в упор.

§ 13. Упрочнение металла при вытяжке и термическая обработка штампованных изделий

При вытяжке большинство металлов наклепывается (упрочняется), о чем свидетельствует повышение твердости и прочности отштампованных изделий.

Пластические свойства материала в процессе вытяжки снижаются.

Для примера подробно рассмотрим изменение механических свойств алюминия при глубокой вытяжке.

Плоская алюминиевая заготовка, поступающая на вытяжку, обычно имеет следующие механические свойства:

Предел прочности на разрыв 8,0—8,5 кг/мм²
Относительное удлинение 30—35%.

Как указывалось, алюминий выдерживает большую степень деформации без промежуточного отжига.

Например, из алюминиевой заготовки диаметром 480 мм и толщиной 1,0 мм можно произвести вытяжку цилиндрического изделия диаметром 170 мм и высотой 260 мм без промежуточного отжига.

Вытяжка указанных изделий производится в четыре операции с переходами: $d_1 = 350$ мм; $d_2 = 265$ мм; $d_3 = 210$ мм и $d_4 = 170$ мм. Суммарный коэффициент вытяжки, вычисляемый по формуле:

$$m = \frac{d_1}{D} = \frac{170}{480} = 0,35.$$

Для изучения изменения механических свойств алюминия при вытяжке из отштампованных цилиндров были вырезаны прямоугольные образцы размером 25 × 165 мм, которые испытывались на разрыв. Образцы вырезались из боковых стенок по линиям, параллельным основанию изделия (по высоте). Из плоского дна были также вырезаны образцы для испытания на разрыв. Образцы были испытаны на разрывном прессе мощностью 1000 кг, при скорости растяжения 240 мм/мин.

Полученные результаты механических испытаний представлены в виде диаграммы на рис. 95, показывающей, что плоское дно цилиндрического изделия имеет механические свойства, почти одинаковые с заготовкой.

Следовательно, при вытяжке полого цилиндра из круга плоское дно изделия почти не деформируется. Образцы, вырезанные из боковой поверхности отштампованного цилиндра, имеют возрастающую прочность снизу

вверх (от дна изделия). Вверху изделия предел прочности $\sigma_{\text{пр}}$ получается максимальный (возрастает с 8,5 до 13,9 кг/мм²), а относительное удлинение δ минимальное (падает с 35 до 5%).

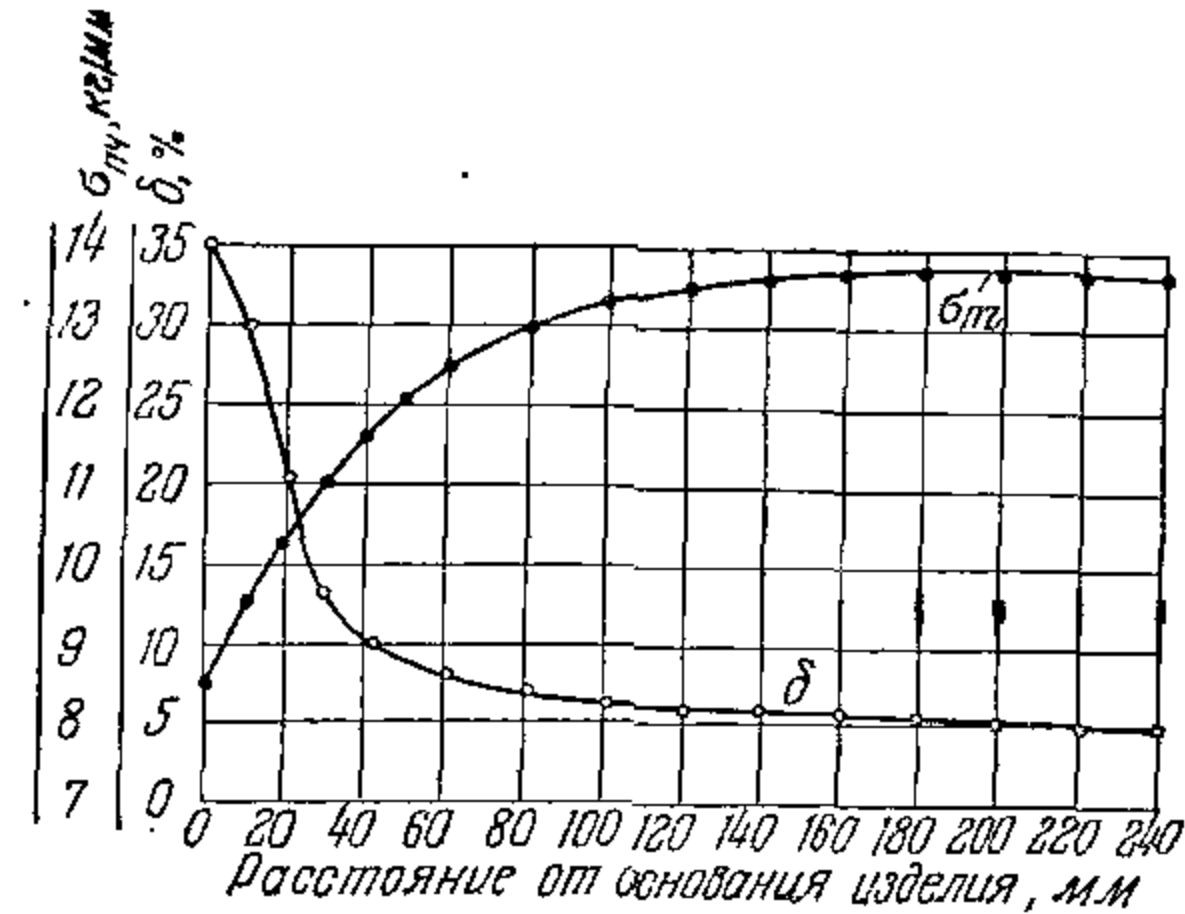


Рис. 95. Диаграмма изменения механических свойств алюминия при глубокой вытяжке полого цилиндра с плоским дном

Резкое изменение механических свойств алюминия происходит в зонах, расположенных ближе к дну изделия; повышение прочности в более высоких зонах происходит медленно, кривые на диаграмме почти выпрямляются.

При вытяжке цилиндрических изделий со сферическим дном характер изменения механических свойств алюминия несколько меняется, особенно в отношении дна изделия. Рассмотрим изменение механических свойств и в этом случае.

Из круга диаметром 280 мм при толщине заготовки 1,15 мм был вытянут цилиндр диаметром 100 мм. Высота сферического дна была 50 мм, высота цилиндрической части 120 мм. Вытяжка производилась за три операции с переходами: $d_1 = 175$ мм, $d_2 = 130$ мм и $d_3 = 100$ мм.

Суммарный коэффициент вытяжки 0,36. Вытяжка производилась без промежуточного отжига.

Из отштампованного цилиндрического изделия также были вырезаны образцы, и испытания производились при аналогичных условиях. Полученные результаты представлены в виде диаграммы на рис. 96.

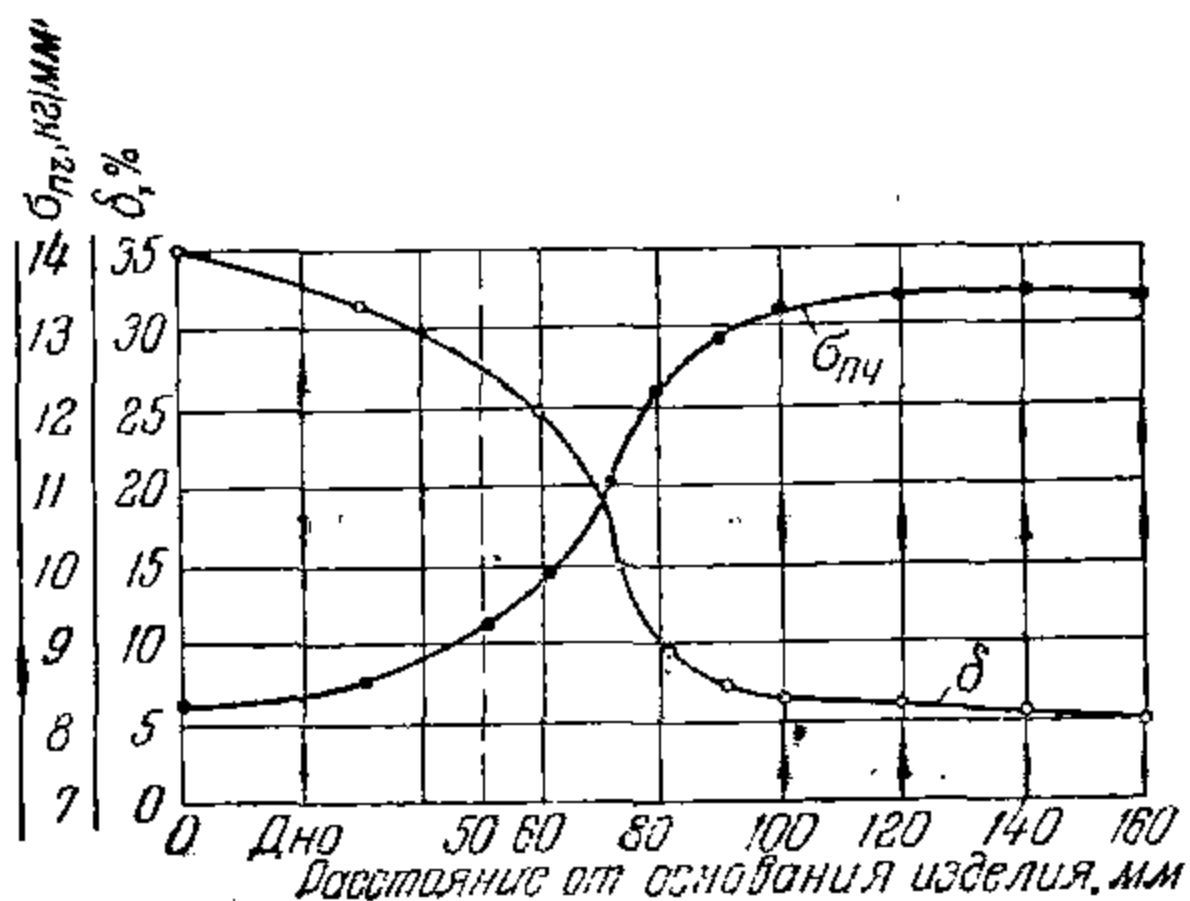


Рис. 96. Диаграмма изменения механических свойств алюминия при глубокой вытяжке полого цилиндра со сферическим дном

Как и в первом случае, прочность алюминия повышается по направлению от основания к верхней части цилиндра. В отличие от первого случая сферическое дно получило небольшую деформацию и механические свойства его отличаются от механических свойств плоского дна. Аналогичное изменение механических свойств происходит при вытяжке и других металлов. Разные металлы по-разному изменяют свои механические свойства, например латуни, бронзы и сталь быстрее упрочняются, чем алюминий и медь.

Таким образом, вытянутые изделия в отличие от прокатанного металла имеют в отдельных зонах различную степень деформации, и, следовательно, режим отжига, применяющийся для алюминия, деформированного путем

прокатки, не может быть использован для отжига алюминиевых изделий, полученных вытяжкой.

Плоская (прокатанная) заготовка толщиной 1—1,5 мм обычно отжигается в муфельных печах при температуре около 340°. Так как все частицы плоской заготовки имеют приблизительно одинаковый наклеп, то отжиг при этой температуре протекает вполне нормально. Отожженная заготовка обычно имеет мелкозернистую структуру и высокие пластические свойства.

Данный режим отжига оказался совершенно неприемлемым для алюминиевых изделий после вытяжки. После отжига цилиндрической заготовки со сферическим дном при температуре 340° получилось изделие, имевшее разную величину зерна по всей поверхности. В зоне сферического дна образовалась крупнозернистая структура (рис. 97), которая при дальнейшей деформации дает шероховатую поверхность.

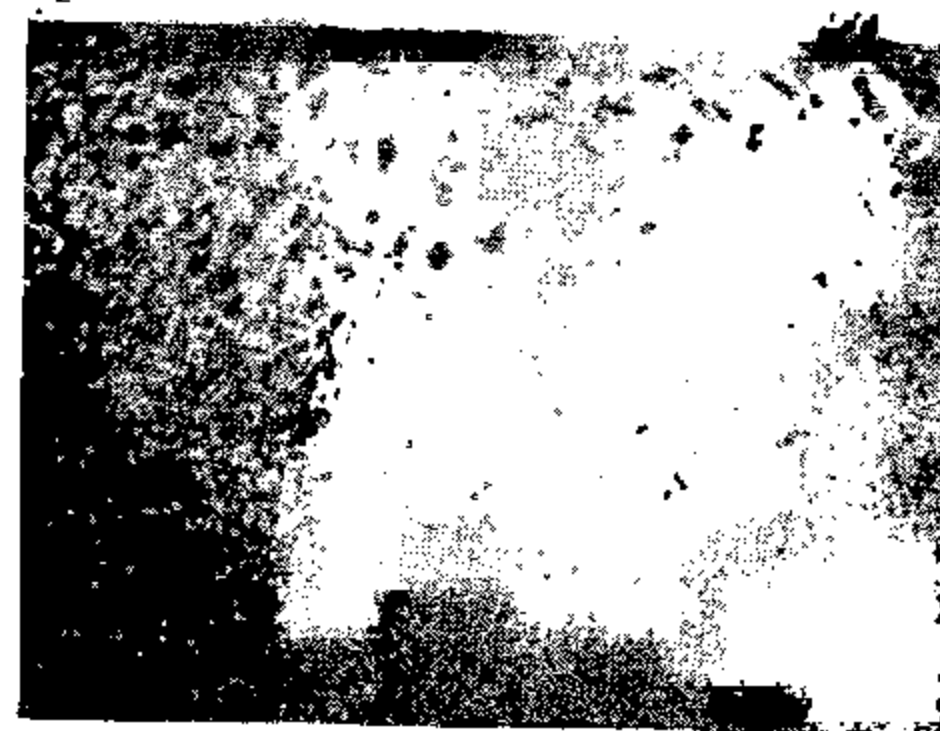


Рис. 97. Крупнозернистое сферическое дно алюминиевого изделия (макроструктура)

Следовательно, при одинаковых условиях отжига различно наклепанного металла получается изделие с различной структурой в отдельных участках. Объясняется это тем, что участки изделия, получившие больший наклеп, начинают рекристаллизоваться во время отжига при более низкой температуре, чем менее наклепанные участки. Кроме того, рекристаллизация более наклепан-

ного металла протекает при отжиге значительно интенсивнее, чем металла, имеющего меньший наклеп. Резкий рост кристаллитов в зоне сферического дна изделия объясняется тем, что этот участок получил критическую степень деформации, которая, как известно, вызывает при отжиге крупнозернистую структуру. Для проведения нормальной рекристаллизации алюминиевых штампованных изделий должен быть установлен особый режим отжига.

Вследствие того, что при дальнейшей обработке наибольшей деформации обычно подвергается верхняя часть вытянутого цилиндрического изделия, при термической обработке следует особое внимание обращать на эту часть.

Сферическое дно при дальнейшей обработке повышает свою жесткость незначительно и потому легко может выдержать дополнительную деформацию без отжига.

Наиболее простым и в то же время удовлетворяющим данным условиям является местный отжиг штампованных изделий.

Местный отжиг можно производить путем погружения наклепанной части изделия в жидкую среду. При местном отжиге механические свойства дна изделия останутся почти без изменения.

Для местного отжига алюминия применяется чаще всего селитровая ванна или свинец, расплавленные и нагретые до температуры 400—500°. При испытаниях был проделан ряд опытов местного отжига при температурах 400, 450 и 500°. Время отжига менялось от 5 сек. до 3 мин. Лучшие результаты по изменению механических свойств и структуры металла имели изделия, отожженные в селитровой ванне при температуре 450° и выдержке 15 сек. Этот режим можно считать для алюминиевых изделий наиболее рациональным.

Однако отжиг в расплавленной селитре имеет следующий недостаток: алюминиевые изделия при опускании в селитровую ванну покрываются слоем соли, для удаления которой необходимо их промывать в горячей воде и затем сушить. Эти дополнительные операции трудоемки и требуют большой площади. Отжиг в расплавленном свинце производится по тому же режиму, что и в

селитровой ванне (температура 450°, время отжига 15 сек.). Расплавленный свинец не приваривается к алюминию, и потому недостатков отжига в селитровой ванне отжиг в свинце не имеет. Отжиг в свинце имеет свои недостатки. При отжиге изделий сложной формы свинец может остаться в каких-нибудь извилинах внутри изделия. Смазка, выгорая при отжиге, дает коксующиеся остатки, которые также могут способствовать задержке свинца. Кроме того, свинец может задержаться при неровной поверхности, а именно: волнистости, шероховатости и т. п. Этот недостаток является весьма существенным, так как наличие свинца и других посторонних частиц в готовых изделиях не допускается, особенно при изготовлении посуды для хранения пищи. Вследствие этого применение свинцовых ванн в последнем случае исключается.

Кроме указанных способов отжига на некоторых заводах применяется местный отжиг изделий с помощью газовых горелок, опускание изделий в нагретый песок, нагрев в электрических печах сопротивления, нагрев путем непосредственного пропускания электрического тока через изделие и т. п.

Одним из лучших способов нагрева при местном отжиге, дающим хорошие результаты, является индукционный нагрев¹. Прибор (рис. 98) для отжига цилиндрических изделий со сферическим дном представляет собой однофазный трансформатор, который отличается от обычного трансформатора следующим.

В ярме имеется кольцевая щель, позволяющая вставлять изделия внутрь прибора. Между изделием, образующим вторичную обмотку, и первичной обмоткой оставлен большой зазор для уменьшения нагрева обмотки.

Индукционный прибор для отжига работает от переменного тока нормальной частоты. Ток, проходящий по катушке прибора, создает магнитный поток. Под действием магнитного потока в изделии возникают токи, нагревающие изделия до нужной температуры. Для создания равномерного отжига штампованных изделий магнитный

¹ Из исследовательской работы, выполненной С. В. Колесниковым, Ф. М. Фаткиным и М. А. Оранской.

поток в индукционном приборе регулируется так, чтобы более наклепанные участки изделия нагревались меньше,

Разрез по АБ

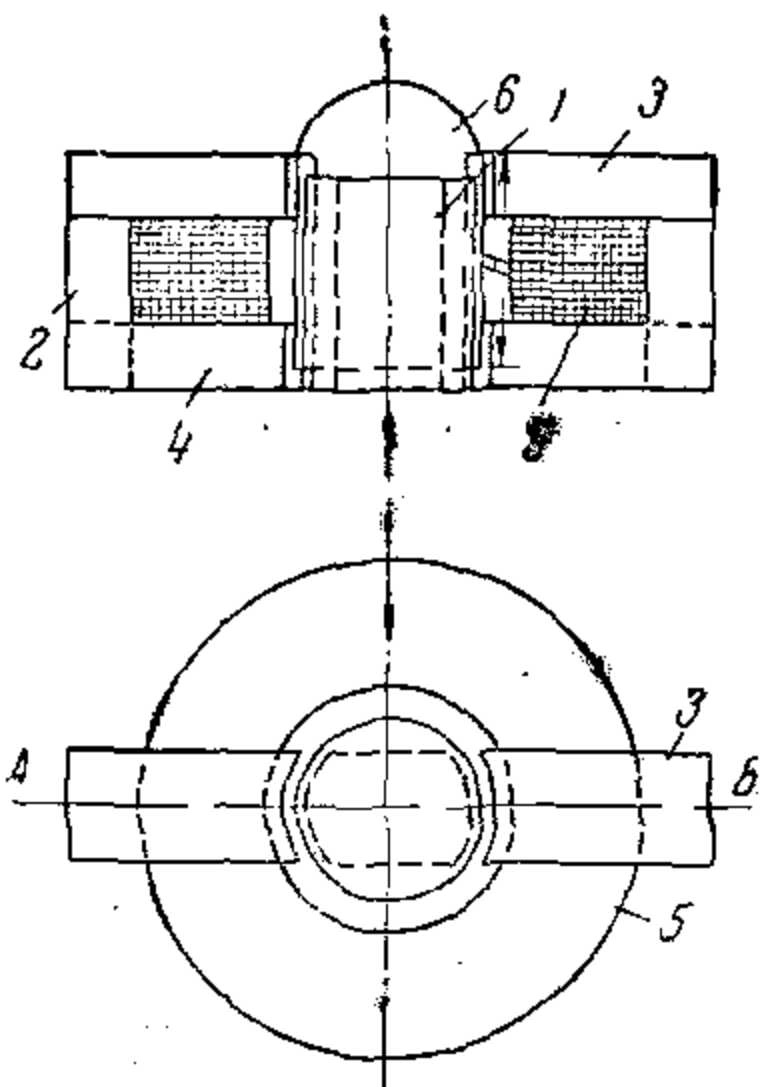


Рис. 98. Схема индукционного прибора для отжига алюминиевых цилиндров:

1 — центральный сердечник; 2 — боковой сердечник; 3 — верхнее ярмо; 4 — нижнее ярмо; 5 — первичная обмотка; 6 — нагреваемое изделие

Кроме местного отжига применяются и другие способы.

Одним из высокопроизводительных способов отжига алюминиевых изделий после вытяжки является низкотемпературный отжиг в электрических печах. Указанный способ отжига основан на следующем.

При пониженной температуре отжига происходит рекристаллизация металла лишь в зонах с повышенным наклепом; слабо деформированные участки изделия, например сферическое дно, не будут подвергаться рекристаллизации или скорость ее будет весьма незначительна. Автором было установлено, что для отжига алюми-

нее менее наклепанные — сильнее. В указанный прибор изделие погружается на требуемую глубину, чтобы произошел отжиг данного участка. Сферическое дно изделия находится вне магнитного потока и поэтому не подвергается нагреву. Отжиг изделия в индукционном приборе производится в течение 40 сек. Отжиг изделий в индукционном приборе дешевле, чем отжиг другими вышеприведенными способами.

Индукционный прибор для отжига является компактным агрегатом, не требующим большой площади цеха, что дает возможность установить его по ходу технологического процесса, улучшив, таким образом, грузопоток изделий в цехе.

ниевых изделий после вытяжки необходимо иметь температуру в металле 230—250°. При этой температуре отжиг алюминиевых изделий производится в течение 40—45 мин.

Для характеристики степени отжига различно наклепанного алюминия при температуре 230—250° приводим табл. 34, в которой указаны механические свойства от-

Таблица 34

Механические свойства различных участков алюминиевого цилиндра до и после отжига при температуре 240° (в металле)

Характеристика металла	Верх		Расстояние от верха, мм					
			40		80		дно	
	предел прочности кг/мм ²	удлинение %	предел прочности кг/мм ²	удлинение %	предел прочности кг/мм ²	удлинение %	предел прочности кг/мм ²	удлинение %
Наклепанный	13,4	5,5	13,2	6,3	12,4	8,2	8,8	33,3
После отжига	8,6	34,6	8,6	34,3	8,7	34,0	8,6	33,8

дельных участков алюминиевого цилиндра (со сферическим дном) до и после отжига.

Как видно из данных таблицы, при отжиге наибольшее изменение механических свойств произошло в верхней части изделия (более наклепанной), где полностью восстановлены пластические свойства алюминия. Механические свойства сферического дна остались почти без изменения (в пределах погрешности испытания). При дальнейшей обработке алюминиевых изделий дно подвергается незначительной деформации, и потому имеющаяся пластичность металла в этом участке вполне достаточна для последующего формоизменения.

В производственных условиях для увеличения производительности электрических печей отжиг (алюминиевых изделий после вытяжки) производится большой садкой в несколько рядов по высоте. При большой садке уве-

личивается время отжига. Если при отжиге в два ряда изделий требуется 40 мин., то для отжига в шесть-восемь рядов потребуется для прогрева около 1,5 час. Для ускорения нагрева всей садки применяют печи с циркуляцией воздуха. Хорошие результаты по отжигу алюминиевых изделий дают шахтные электрические печи.

Промежуточный низкотемпературный отжиг алюминиевых заготовок после вытяжки производится на заводе «Красный Выборжец» в течение ряда лет. Заготовки после отжига получают с мелкозернистой структурой, обеспечивающей высокое качество готовых изделий.

Низкотемпературный отжиг штампованных изделий из других цветных металлов также себя вполне оправдал.

Отжиг медных штампованных изделий рекомендуется производить при температуре около 400°, латунных около 540°. Латунные и медные изделия (в отличие от алюминиевых изделий) при обычном отжиге окисляются, поэтому перед пуском их в дальнейшую обработку необходимо производить травление в водном растворе серной кислоты с последующей промывкой в воде и сушкой.

Оставшаяся окалина на изделиях может при дальнейшей обработке испортить изделия и даже вывести из строя штамп, так как она имеет повышенную твердость по сравнению с основным металлом.

За последние годы на многих заводах широко внедряются печи для безокислительного («светлого») отжига. При светлом отжиге улучшается качество выпускаемых изделий. В безокислительных печах отжиг производится в атмосфере водорода, азота, генераторного газа, смеси углекислого газа и окиси углерода, смеси азота с 2—3% водорода, парах воды и т. п.

§ 14. Вытяжка с утонением стенок изделия

Если на вытяжном штампе сделать зазор меньше толщины заготовки, то при вытяжке произойдет утонение боковой стенки изделия. Чем меньше зазор между пуансоном и матрицей, тем большее утонение стенки произойдет. Характер деформации металла при вытяжке с утонением стенок отличается от деформации при вытяжке без утонения стенок. При вытяжке с утонением стенок

металл деформируется под суммарным воздействием осевых растягивающих и радиальных сжимающих напряжений.

Общее напряжение в металле при вытяжке с утонением стенки изделия будет больше, чем при вытяжке без утонения стенки. При вытяжке с утонением металл значительно упрочняется. Чем большее будет произведено утонение стенок, тем большее упрочнение получит металл.

Вытяжка с утонением стенок позволяет получать высокие изделия при меньшем числе операций по сравнению с вытяжкой без утонения стенки.

Различают два вида вытяжки с утонением стенок, а именно: с уменьшением или без значительного уменьшения диаметра изделия.

Первый вид вытяжки протекает в весьма трудных условиях: суммируются напряжения от вытяжки-свертки и от вытяжки-утонения, что часто влечет за собой разрыв изделия. При вытяжке с утонением стенки не рекомендуется уменьшать диаметр изделия более чем на 10%.

Лучше вначале произвести вытяжку-свертку без утонения стенок, а затем, на последующих операциях, производить утонение стенки изделия с небольшим изменением диаметра изделия. Этот метод вытяжки принят большинством штамповочных цехов.

Рассмотрим подробнее два способа получения тонкостенных высоких цилиндров.

1. Плоская заготовка имеет небольшую толщину (0,5—0,8 мм), но большой диаметр. В этом случае большое количество операций по вытяжке производится без утонения стенок и малое количество операций с утонением стенок.

2. Заготовка имеет повышенную толщину (2—3 мм), но малый диаметр. В этом случае будет небольшое количество вытяжек-сверток, но много вытяжек с утонением стенок.

Для более детального ознакомления с обоими способами вытяжки рассмотрим два примера по получению высоких цилиндрических изделий.

Первый пример — с заготовкой небольшой толщины. Требуется получить цилиндр высотой 280 мм с толщиной

стенки 0,20 мм, при внутреннем диаметре цилиндра 50,5 мм. Заготовка для данных изделий имела толщину 0,50 мм, диаметр круга был 200 мм. Материал — полупак Л80, мягкий.

В этом случае устанавливается следующий технологический процесс.

1. Первая вытяжка с диаметра 200 мм на 140 мм (коэффициент вытяжки 0,70).

2. Вторая вытяжка с диаметра 140 мм на 103 мм (коэффициент вытяжки 0,74).

3. Отжиг полуфабриката при температуре около 550°.

4. Травление в водном растворе серной кислоты с последующей промывкой в воде и сушкой.

5. Третья вытяжка с диаметра 103 мм на 80 мм (коэффициент вытяжки 0,78).

6. Четвертая вытяжка с диаметра 80 мм на 64 мм (коэффициент вытяжки 0,80).

7. Отжиг (см. операцию 3).

8. Травление (см. операцию 4).

9. Пятая вытяжка-калибровка с диаметра 64 мм на 52,5 мм (диаметр пуансона) при одностороннем зазоре 0,50 мм. Калибровка производится для выравнивания толщины боковой стенки цилиндра, так как при вытяжках-свертках получается неровная стенка (вверху с утолщением).

10. Обрезка кромок. Высота обрезки около 10 мм.

11. Отжиг (см. операцию 3).

12. Травление (см. операцию 4).

13. Шестая вытяжка-утонение. Стенка изделия утоняется с 0,50 до 0,34 мм (коэффициент утонения 0,68). Коэффициент утонения (n) подсчитывается по формуле

$$n = \frac{t_n}{t_{n-1}},$$

где t_{n-1} — толщина стенки до утонения;

t_n — толщина стенки после утонения.

Диаметр пуансона 51,7 мм (уменьшение внутреннего диаметра с 52,5 на 51,7 мм, т. е. коэффициент вытяжки 0,98). Диаметр матрицы 52,38 мм.

14. Седьмая вытяжка-утонение. Стенка изделия утоняется с 0,34 до 0,25 мм (коэффициент утонения 0,73). Диаметр пуансона 51,4 мм, диаметр матрицы 51,9 мм.

15. Обрезка кромки для выравнивания края, что облегчает съем изделия с пуансона после вытяжки.

16. Восьмая вытяжка-утонение. Стенка изделия утоняется с 0,25 до 0,20 мм (коэффициент вытяжки 0,80). Диаметр пуансона 50,5 мм. Диаметр матрицы 50,9 мм.

17. Обрезка изделия на готовый размер высотой 280 мм.

Толщина стенки при утонении регулируется величиной зазора между пуансоном и матрицей. Уменьшение диаметра при утонении, которое облегчало надевание изделия на пуансон следующей операции было около 0,8 мм за операцию.

Второй пример — с заготовкой повышенной толщины.

Требуется получить цилиндр высотой 320 мм с толщиной боковой стенки 0,22 мм при внутреннем диаметре 32,96 мм. Заготовка для данных изделий имела толщину 2,0 мм при диаметре круга 86 мм. Материал также полупак Л80, мягкий. Устанавливается следующий технологический процесс.

1. Первая вытяжка (свертка) с диаметра 86 мм на 42,75 мм (коэффициент вытяжки 0,498).

2. Отжиг при температуре около 550°.

3. Травление в водном растворе серной кислоты, промывка и сушка.

4. Вторая вытяжка с диаметра 42,75 мм на 33,48 мм (коэффициент вытяжки 0,78).

Примечание. При первой и второй вытяжках толщина стенки изделия была около 2,0 мм (вытяжка производилась без утонения стенок изделия).

5. Отжиг (см. операцию 2).

6. Травление (см. операцию 3).

7. Третья вытяжка-утонение. Стенка утоняется с 2,0 на 1,10 мм (коэффициент утонения 0,55). Диаметр пуансона 33,37 мм, диаметр матрицы 35,57 мм.

8. Отжиг (см. операцию 2).

9. Травление (см. операцию 3).

10. Четвертая вытяжка-утонение. Стенка утоняется с 1,1 на 0,68 мм (коэффициент утонения 0,62). Диаметр пуансона 33,25 мм, диаметр матрицы 34,61 мм.

11. Обрезка кромки для выравнивания края изделия
12. Отжиг (см. операцию 2).
13. Травление (см. операцию 3).
14. Пятая вытяжка-утонение. Стенка изделия утоняется с 0,68 на 0,40 мм (коэффициент утонения 0,59). Диаметр пуансона 33,12 мм, диаметр матрицы 33,92 мм.
15. Отжиг (см. операцию 2).
16. Травление (см. операцию 3).
17. Шестая вытяжка-утонение. Стенка изделия утоняется с 0,40 на 0,28 мм (коэффициент утонения 0,70). Диаметр пуансона 33,02, диаметр матрицы 33,58 мм.
18. Обрезка кромок.
19. Отжиг (см. операцию 2).
20. Травление (см. операцию 3).
21. Седьмая вытяжка-утонение. Стенка изделия утоняется с 0,28 на 0,22 мм (коэффициент утонения 0,78). Диаметр пуансона 32,96 мм, диаметр матрицы 33,40 мм.
22. Обрезка изделия на высоту 320 мм.

Сопоставляя приведенные две схемы получения тонкостенных высоких трубок, мы видим следующие: первый способ имеет пять вытяжек-сверток и три вытяжки-утонения; второй способ, наоборот, имеет всего лишь две вытяжки-свертки и пять вытяжек-утонений. Опыт работы штамповочных цехов показывает, что вытяжку-свертку тонкостенных заготовок можно производить лишь на прессах двойного действия с прижимным устройством, в то время как вытяжку-утонение можно производить на одноходовом прессе. В этом случае прижим заготовки не производится.

Следовательно, если штамповочный цех имеет ограниченное количество прессов двойного действия, следует предпочесть второй способ, но этот способ потребует прессы с большим ходом пуансона или с откидным пуансоном.

К недостаткам первого способа получения тонкостенных высоких цилиндров относятся также трудности изготовления и настройки штампа для вытяжки-свертки тонкостенных изделий (прижимное кольцо будет иметь малую толщину).

Второй способ дает возможность первую вытяжку-свертку объединить с вырубкой, используя для этой

работы комбинированный штамп, что делается в настоящее время на большинстве заводов.

К недостаткам второго способа получения высоких тонкостенных цилиндров относится большая разница в толщине дна и боковых стенок изделия при малом радиусе закругления пуансона. Дно изделия при данной вытяжке-утонении мало изменяет свою толщину, что влечет за собой повышенный расход металла.

Для вытяжки изделий с утонением стенок берутся следующие металлы: медь и ее сплавы (латунь, бронза), алюминий и его сплавы, мельхиор, нейзильбер, сталь мягкая и т. п.

Коэффициент утонения при вытяжке берут с учетом механических свойств поступающего материала. Из опыта ряда заводов установлены предельные значения коэффициентов утонения следующих металлов:

Для латуни	0,55
• мельхиора	0,58
• алюминия	0,60
• мягкой стали	0,65
• стали средней твердости	0,75

При вытяжке с утонением стенки изделия получается более высококачественный материал, чем после вытяжки-свертки (без утонения стенок изделия). Объясняется это тем, что при нескольких утонениях, чередующихся с отжигами, структура металла делается более мелкой. Отжиг изделий после утонения протекает в лучших условиях, чем отжиг после вытяжки-свертки, так как при утонении боковых стенок наклеп получается одинаковый по всей высоте изделия, следовательно, и рекристаллизация при отжиге протекает более равномерно. При нормальном отжиге происходит улучшение структуры и механических свойств изделий.

Следовательно, изделия, полученные способом вытяжки с утонением, будут лучшего качества, чем изделия, полученные вытяжкой без утонения стенки. Исходя из этого, тонкостенные цилиндры ответственного назначения изготавливаются только путем вытяжки с утонением стенки, например термостатные трубки, авиатерморегуляторы и т. п.

Вытяжка-утонение изделий производится только на штампах, изготовленных из высококачественных марок стали. Для вытяжки цилиндрических изделий с толщиной стенки около 2,0 мм применяются матрицы из стали 3ХВ8; матрицы, изготовленные из данной марки стали, после закалки стойки в работе. Форма матриц для вытяжки с утонением стенок приведена на рис. 99. Наибольшему износу при утонении подвергается матрица, которая после штамповки 200—300 изделий увеличивает свой внутренний диаметр на 0,02—0,04 мм. Износ пуансона при вытяжке с утонением бывает в несколько раз меньше, чем матрицы.

Для повышения твердости и сопротивляемости износу рабочие поверхности штампа на некоторых заводах покрывают слоем хрома. Для матриц толщину хрома берут около 0,1 мм, для пуансонов 0,05 мм; в этом случае хорошо ведет себя сталь марки У10А.

Хромирование штампов производят электролитическим способом. Рабочую поверхность штампа перед хромированием подвергают тщательной полировке. Для лучшего сохранения хромированных поверхностей штампа не следует допускать ударов при работе, так как хром отслаивается и штамп выходит из строя. Матрицу для утонения часто делают небольших размеров — толщиной 10—20 мм при наружном диаметре 75—150 мм (рис. 100). Это дает большую экономию стали. Матрицы для утонения укрепляют в специальных подушках, что облегчает и ускоряет смену их при работе.

Величина радиуса закругления пуансона влияет на степень утонения дна цилиндрического изделия. Чем больше радиус закругления пуансона, тем больше утонение дна изделия.

При вытяжке с утонением изделий диаметром 30—50 мм лучшим радиусом закругления пуансона является $r = 6$ мм. В этом случае при утонении боковой стенки изделия с 2 на 0,30 мм (в 4—5 операций) дно получит утонение с 2,0 на 1,1—1,0 мм, что гарантирует достаточную прочность изделия.

При большем радиусе закругления пуансона получится большое удлинение дна изделия, что может вызвать ослабление и разрыв дна при вытяжке.

При радиусе закругления пуансона меньше 6 мм получается местное утонение боковой стенки у дна изделия,

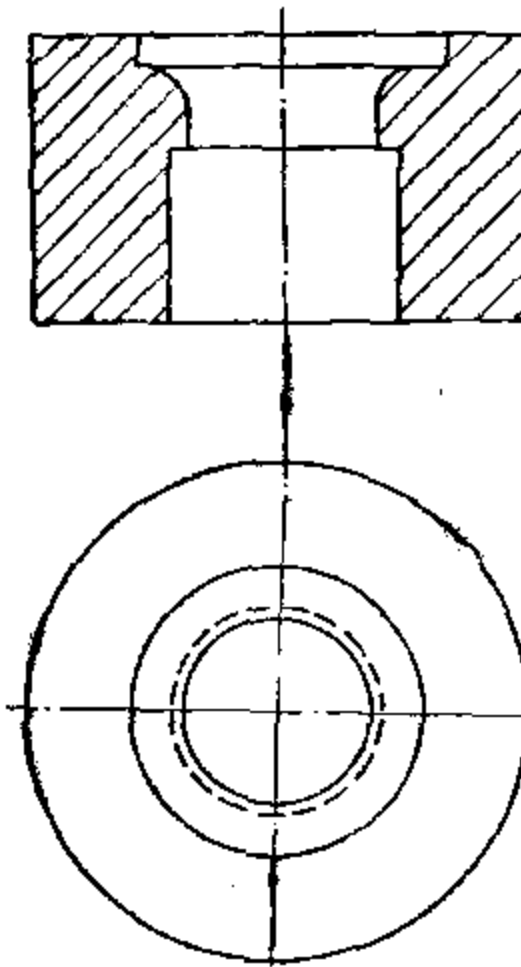


Рис. 99. Матрица для вытяжки с утонением стенки

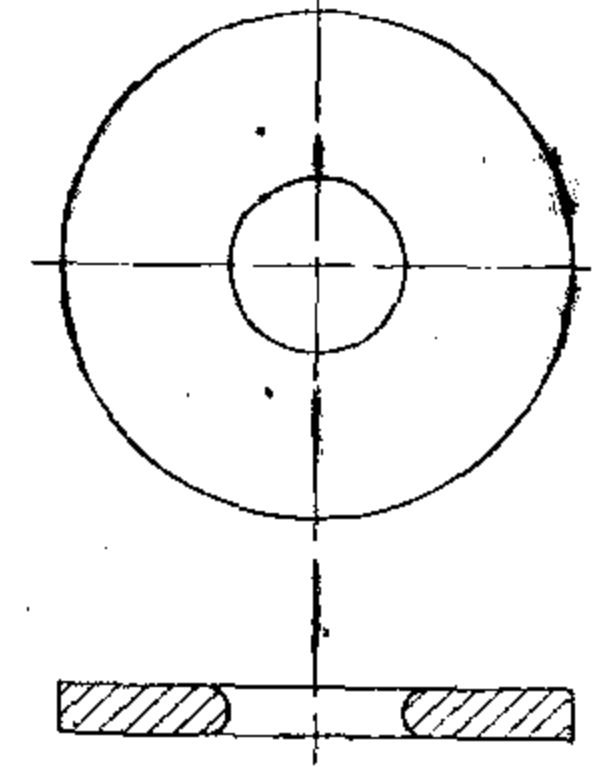


Рис. 100. Матрица для получения тонкостенных цилиндров с утонением стенки

что также может вызвать появление брака (обрыв дна изделия).

Пуансоны на штампах для утонения делаются с небольшим конусом для облегчения съема изделий с пуан-

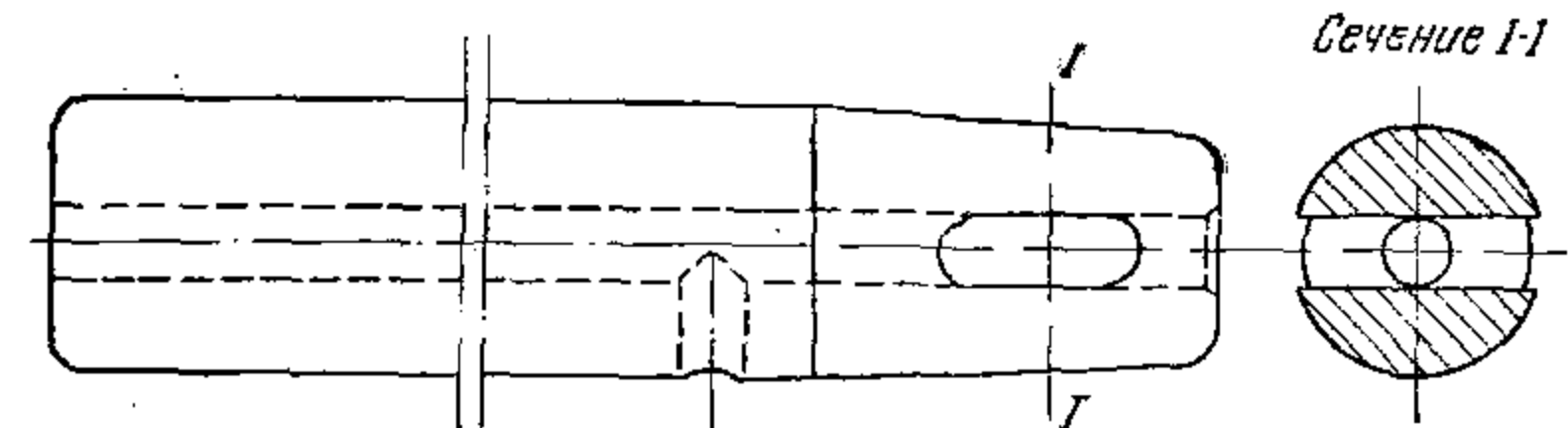


Рис. 101. Пуансон для получения тонкостенных цилиндров с утонением

сона. (рис. 101). Конусность пуансона для первых утонений берется около 0,08 мм (при диаметре пуансона 33,0 мм и рабочей длине около 300 мм).

На пуансонах для последующих утонений конусность уменьшается в последних операциях до 0,02 мм при рабочей длине пуансона 500 мм. Объясняется это тем, что при большой конусности пуансона на последних операциях готовый цилиндр будет иметь большую разницу в толщине стенки по высоте, что не допускается по техническим условиям на тонкостенные трубки ответственного назначения.

Для удобства и быстрой смены пуансонов во время работы конец его сделан на конус, который входит в специальную цапфу и закрепляется шпонкой. Внутри пуансона делается отверстие для отвода воздуха.

При утонении применяется смазка — мыльная эмульсия (для латуни, бронзы, мельхиора и т. п.). Смазка при утонении не только снижает коэффициент трения, но и способствует охлаждению штампа, который обычно сильно нагревается при большом утонении изделия.

При вытяжке с утонением стенок за счет упругих свойств металла увеличивается диаметр цилиндра в зоне, расположенной ближе к дну изделия, особенно у изделий, имеющих внизу стенку более толстую, чем вверху. Увеличение диаметра изделия за счет распружинивания достигает 6% от толщины стенки.

Одной из мер борьбы с разностенностью изделий, полученных при вытяжке с утонением, является применение подвижной («плавающей») матрицы, которая перемещается в горизонтальной плоскости. Пуансон, опускаясь с изделием, центрирует матрицу и тем самым выравнивает стенку изделия. Перемещение матрицы в горизонтальной плоскости допускается в пределах 0,5—1,0 мм.

Верх изделия обычно имеет утонение по сравнению с остальной стенкой вследствие оттяжки конца цилиндра. Для выравнивания толщины стенки утоненный конец изделия обрезают; высота обрезки составляет 10—15 мм.

При вытяжке с утонением стенок работа производится с выходом изделий под матрицу («на провал»).

Для толстостенных изделий съемником служит нижняя часть матрицы.

При вытяжке изделий меньшей толщины и большого диаметра применяются специальные съемники, находящиеся ниже матрицы. Съемники бывают крючковые, кольце-

вые (рис. 102) и секторные (рис. 103), стянутые специальной пружиной. При подъеме пуансона съемник удаляет изделие с пуансона. Для предотвращения бол-

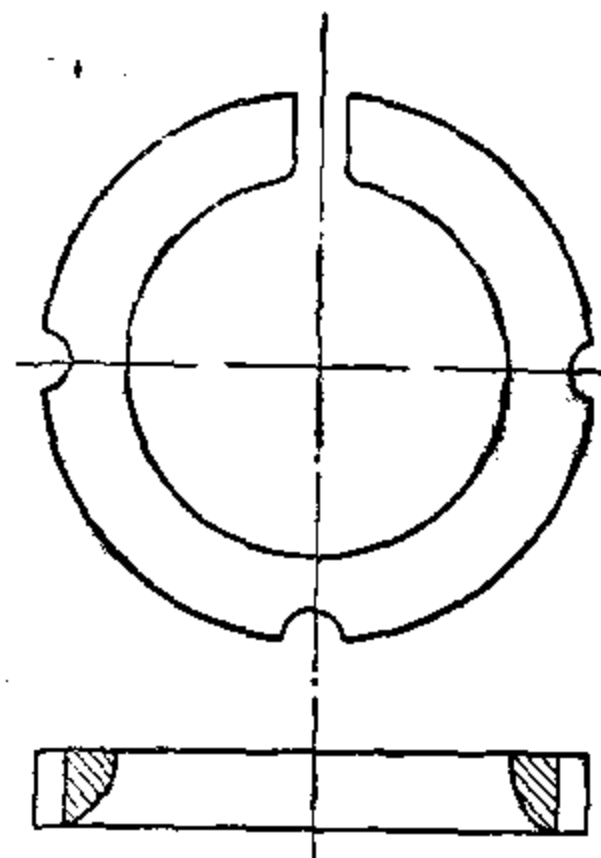


Рис. 102. Съемное кольцо для снятия с пуансона тонкостенных цилиндров после утонения

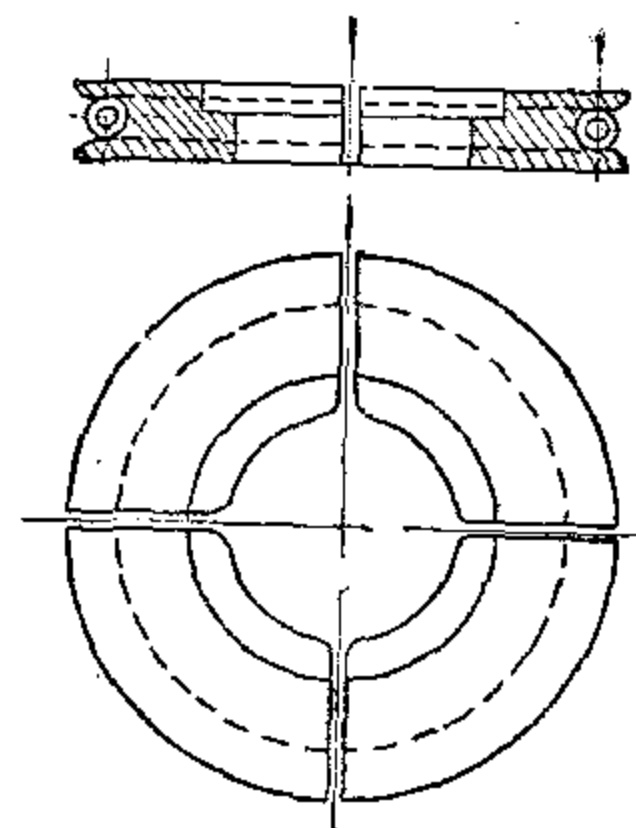


Рис. 103. Секторное съемное кольцо для тонкостенных изделий

шого сминания конца изделия не рекомендуется глубоко опускать пуансон под матрицу, так как в этом случае изделие опускается значительно ниже съемного устройства и при подъеме пуансона получается удар изделия о съемник, вследствие чего верх изделия сминается (образуется гофр).

Съемное кольцо (рис. 102) имеет разрез шириной около 1,5 мм. Боковые закругленные выточки делаются на съемном кольце для уменьшения сопротивляемости съемника при разжатии.

Внутренний диаметр съемного кольца делается обычно меньше внутреннего диаметра матрицы на 0,3—0,7 мм. Для штампа, на котором вытягиваются толстостенные изделия, внутренний диаметр съемного кольца берут меньше внутреннего диаметра матрицы на 0,7 мм, при тонкостенных изделиях разницу в диаметрах берут всего лишь 0,3 мм.

Внутренний диаметр съемного кольца берут больше диаметра пуансона на 1,5 мм при утонении толстостенных изделий и 0,20—0,15 мм при утонении тонкостенных изделий. Установление таких размеров съемного кольца облегчает съем изделий с пуансона при его подъеме и дает минимальный износ штампа.

Перед утонением тонкостенные высокие цилиндрические заготовки надевают на пуансон вручную. При таком способе работы изделия получаются хорошего качества. Цилиндры после отжига должны быть тщательно протравлены и промыты, так как незначительные остатки окислов и кислоты портят штамп и увеличивается брак изделий.

Для получения максимальной степени утонения изделия за один ход пресса на некоторых заводах производят вытяжку изделий через несколько матриц, расположенных одна за другой по ходу пуансона. В этом случае ускоряется процесс производства, растет выпуск изделий при одинаковом количестве прессов.

Усилие, необходимое для утонения при работе через несколько матриц, выше по сравнению с вытяжкой через одну матрицу.

За последние годы на некоторых заводах внедряется способ получения высоких тонкостенных цилиндров посредством выдавливания или высадки.

Описание этого способа будет приведено ниже, в особом разделе. Получение тонкостенных изделий способом выдавливания частично заменяет способ вытяжки с утонением стенок, но широкого распространения он пока не получил из-за отсутствия специальных прессов (с большой скоростью хода пуансона и с большой мощностью).

§ 15. Вытяжка многослойных изделий

Некоторые машиностроительные заводы нуждаются в двухслойных, трехслойных цилиндрических изделиях, изготовление которых требует разработки особой технологии.

Многослойные цилиндрические заготовки употребляются для изготовления гармониковых мембран, мехов, термостатных трубок и т. п.

Многослойные изделия по сравнению с однослойными обладают более высокими механическими свойствами и большей эластичностью.

Кроме того, местные дефекты одного слоя почти никогда не совпадают с такими же дефектами другого слоя; это гарантирует прочность многослойных готовых изделий.

Ввиду ответственного назначения многослойных изделий заготовка для их изготовления должна быть высокого качества, т. е. иметь высокую пластичность и мелкозернистую структуру.

Лучшим материалом для изготовления многослойных изделий является полутомпак (Л80), затем томпак (Л90); иногда применяется латунь марки Л68.

Для изыскания рационального технологического процесса получения многослойных тонкостенных цилиндрических изделий автором были опробованы два способа штамповки:

Первый способ. Наружные и внутренние цилиндры изготавливались отдельно до требуемой толщины. Разница между внутренним диаметром наружного цилиндра и наружным диаметром внутреннего цилиндра бралась 0,2—0,3 мм. Внутренний цилиндр вставлялся в наружный, и производилась совместная вытяжка с небольшим изменением диаметров обоих цилиндров. Перед сдвиганием цилиндров в дне внутреннего цилиндра прокалывалось отверстие для выхода воздуха.

Второй способ. Наружные и внутренние цилиндры спаривались при двойной толщине стенки по сравнению с готовой толщиной каждого слоя. Утонение обоих цилиндров производилось одновременно. Например, для получения двухслойного цилиндрического изделия диаметром $28 \times 26,8$ мм (толщина каждого слоя 0,30 мм) брались цилиндрические изделия с толщиной стенки 0,60 мм.

В результате опытов по получению двухслойных цилиндрических изделий обоими способами было установлено, что первым способом (сдвигание цилиндров с готовой толщиной стенки) получают изделия более высокого качества, чем вторым способом (одновременное сдвигание и утонение стенок).

К недостаткам первого способа получения сдвоенных

цилиндрических изделий следует отнести: при сдваивании отожженных (мягких) цилиндров металл получает малую степень деформации (близкую к критической), что при последующем отжиге дает большой рост кристаллитов. Крупнозернистый металл имеет пониженную прочность по сравнению с прочностью мелкозернистого металла. Для устранения этого явления рекомендуется брать в работу не отожженные цилиндры, а частично наклепанные (степень утонения около 0,84), тогда рекристаллизация готовых изделий протекает нормально.

При одновременном сдваивании и утонении цилиндрических изделий внутренний и наружный цилиндры при вытяжке получают различное утонение. Наружный цилиндр утоняется при вытяжке с 0,60 на 0,30 мм, в то время как внутренний цилиндр получает утонение всего лишь с 0,60 на 0,50 мм. Следовательно, наружные цилиндры утоняются значительно больше, чем внутренние, что объясняется повышенным трением между внутренним цилиндром и пуансоном по сравнению с трением между матрицей и наружным цилиндром. Утонение внутренних и наружных цилиндров при втором способе изготовления может колебаться в большом диапазоне, так как кроме различного коэффициента трения оказывают влияние и другие факторы: механические свойства материала, смазка, степень деформации и т. п.

Ввиду того, что слои, имеющие разный наклеп, будут по-разному отжигаться, структура разных слоев получится различная и они будут обладать различными механическими свойствами, поэтому изделие получится неполноценным.

По результатам указанных опытов было установлено, что второй способ получения двухслойных изделий (одновременное сдваивание и утонение обоих цилиндров) дает неудовлетворительные результаты, поэтому он не был принят для производства многослойных изделий.

Способ получения двухслойных изделий из цилиндров, имеющих толщину, близкую к толщине слоев готового изделия, применяется на ряде заводов.

При дальнейшем усовершенствовании этого способа было внесено следующее изменение. Внутренний цилиндр перед спариванием имел толщину, равную толщине гото-

вого изделия, и его пускали в спаривание в жестком (наклепанном) состоянии. Наружный цилиндр брали для спаривания в отожженном состоянии с толщиной стенки большей, чем толщина стенки внутреннего цилиндра. При спаренной вытяжке наружный цилиндр получает степень деформации (наклеп), равную по величине той, которую уже получил заранее внутренний цилиндр.

При вытяжке-сдваивании толщина стенки внутреннего цилиндра почти не изменяется, поэтому в готовом изделии оба слоя имеют одинаковый наклеп и, следовательно, после отжига будут иметь одинаковую структу-

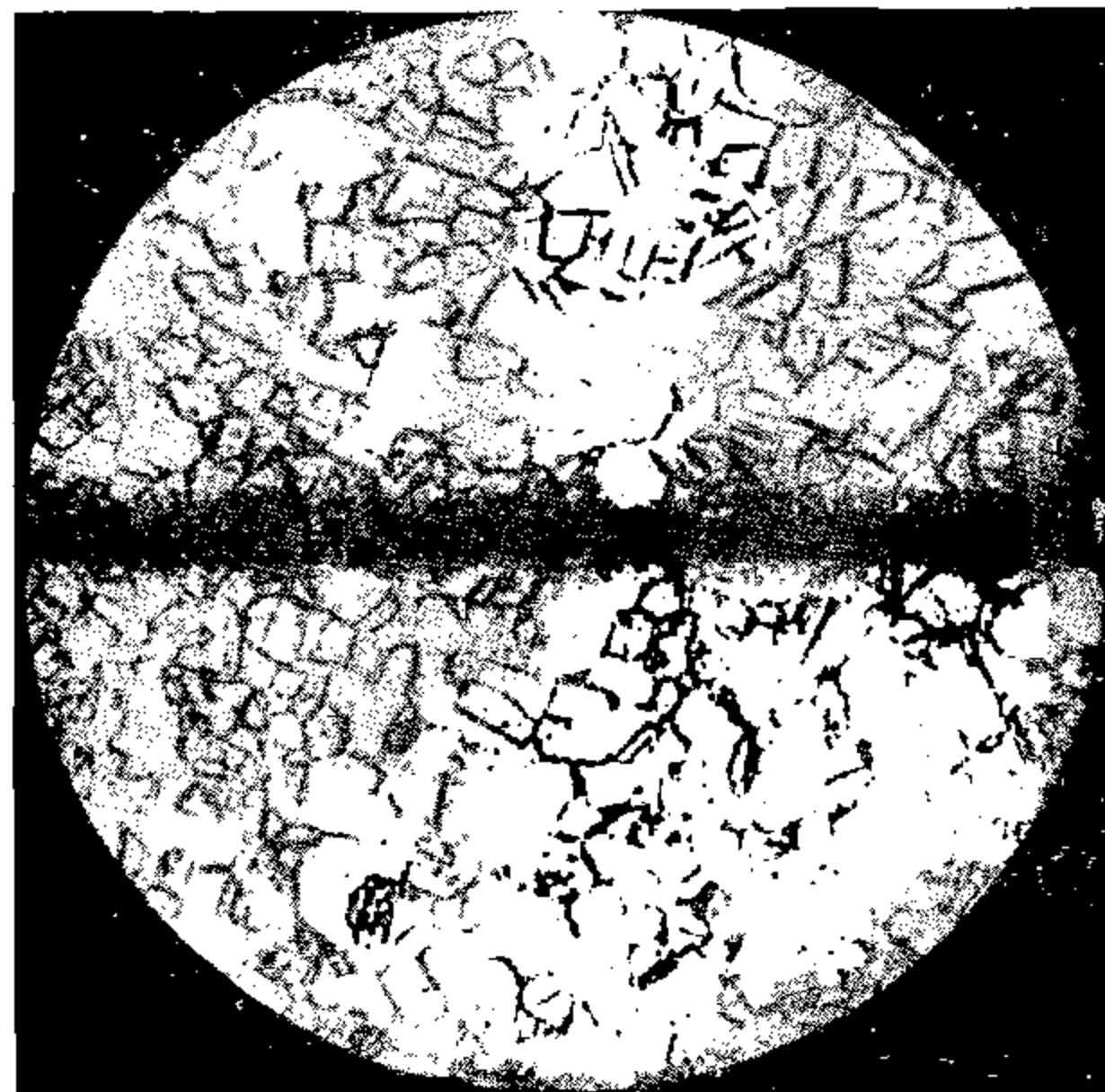


Рис. 104. Микроструктура двухслойной трубки из латуни марки Л90

ру и одинаковые механические свойства, что весьма ценно для их дальнейшей работы.

Зазор между разными слоями при этом способе вытяжки получается минимальный (рис. 104), что повышает прочность готовых изделий.

Размер зерен обоих слоев отожженного двухслойного изделия одинаков (см. рис. 104).

Цилиндрические заготовки для наружных и внутренних цилиндров утоняются на одних и тех же штампах, благодаря чему требуется минимальное количество штампов.

После ряда предварительных опытов была установлена окончательная схема технологического процесса изготовления двухслойных полутомпаковых трубок диаметром $28 \times 26,8$ мм, длиной 250 мм (табл. 35).

Полосовая заготовка, поступающая в штамповочный цех, имела толщину 2,0 мм и ширину 92 мм.

Приведенная технологическая схема изготовления двухслойных цилиндрических изделий была проверена в производственных условиях и дала хорошие результаты.

При изготовлении трехслойных тонкостенных высоких изделий вытяжки-свертки и утонения производятся по такой же технологической схеме, за исключением последних операций изготовления наружного и среднего цилиндров. Внутренний цилиндр поступает в операцию строенной вытяжки в жестком (наклепанном) состоянии с отверстием в дне изделия (как в табл. 35). Средний цилиндр поступает в операцию строенной вытяжки также в жестком состоянии с готовой толщиной стенки (0,30 мм) и имеет в дне отверстие диаметром 4 мм. Внутренний диаметр среднего цилиндра отличается от наружного диаметра внутреннего цилиндра на 0,15—0,20 мм. Наружный цилиндр поступает в операцию строенной вытяжки в отожженном (мягком) состоянии с толщиной стенки 0,36 мм. Внутренний диаметр наружного цилиндра отличается от наружного диаметра среднего цилиндра на 0,20—0,30 мм.

Следовательно, перед операцией строенной вытяжки:

внутренний цилиндр имеет размеры	27,5	×	26,9	мм,
средний	»	»	»	28,3 × 27,7
наружный	»	»	»	29,32 × 28,6

Диаметр пуансона при строенной вытяжке равен 26,8 мм, диаметр матрицы 28,0 мм. Размер готового трехслойного цилиндра будет $28,6 \times 26,8 \times 250$ мм. Указанный

Таблица 35

Схема технологического процесса изготовления двухслойных полутомпаковых трубок размером $28 \times 26,8 \times 250$ мм

№ по пор.	Наименование операции	Механизм для обработки	Толщина стенки после операции мм	Дополнительные технологические данные
1	Комбинированная штамповка (вырубка и первая свертка)	Эксцентриковый пресс	2,0	Диаметр сверточного пуансона 42,75 мм
2	Отжиг при температуре 560°, время отжига 2 часа	Муфельная печь	2,0	С замочкой в воде после отжига
3	Травление в водном растворе серной кислоты концентрацией около 12%	Баки для травления	2,0	С промывкой в воде и сушкой
4	Вытяжка свертка вторая	Протяжной пресс	2,0	Диаметр пуансона 33,5 мм
5	Отжиг			См. п. 2
6	Травление			См. п. 3
7	Вытяжка-свертка третья	Протяжной пресс	2,0	Протяжка с калибровкой боковой стенки
8	Проколка отверстия диаметром 4 мм	Эксцентриковый пресс	2,0	Для внутренних изделий, т. е. 50% всех трубок
9	Отжиг			См. п. 2
10	Травление			См. п. 3
11	Утонение первое	Протяжной пресс	1,10	Диаметр пуансона 28,2 мм, диаметр матрицы 30,4 мм
12	Отжиг при температуре 540°, время отжига 2 часа	Муфельная печь	1,10	С замочкой в воде после отжига
13	Травление			См. п. 3
14	Утонение второе	Протяжной пресс	0,60	Диаметр пуансона 28,0 мм, диаметр матрицы 29,2 мм

Продолжение

№ по пор.	Наименование операции	Механизм для обработки	Толщина стенки после операции мм	Дополнительные технологические данные
15	Обрезка верхней кромки изделия	Специальный станок	0,60	Длина цилиндра 160 мм
16	Отжиг			См. п. 2
17	Травление			См. п. 3
18	Утонение третье	Протяжной пресс	0,36	Диаметр пуансона 27,8 мм, диаметр матрицы 28,52 мм
19	Отжиг при температуре 520°, время отжига 2 часа	Муфельная печь	0,36	С замочкой в воде после отжига
20	Травление особо тщательное в водном растворе серной кислоты концентрацией около 12%	Баки для травления	0,36	С тщательной промывкой в воде и сушкой
21	Межоперационная разбраковка	Ручная	0,36	—
22	Утонение четвертое (протяжка 50% заготовок для внутренних цилиндров, имеющих отверстие в дне)	Протяжной пресс	0,30	Диаметр пуансона 26,9 мм, диаметр матрицы 27,5 мм
23	Межоперационная браковка внутренних заготовок	Ручная	0,30	—
24	Обрезка заготовок	Специальный станок	0,36 и 0,30	Длина заготовок 280 мм для внутренних цилиндров и 285 мм для наружных
25	Сдвигание заготовок	Ручное	0,36 и 0,30	Внутренние с отверстием в дне
26	Сдвоенная вытяжка с утонением наружного цилиндра	Протяжной пресс	Толщина двух слоев 0,6 мм	Диаметр пуансона 26,8 мм, диаметр матрицы 28,0 мм

Продолжение

№ по пор.	Наименование операции	Механизм для обработки	Толщина стенки после операции мм	Дополнительные технологические данные
27	Обрезка двухслойных цилиндрических изделий	Специальный станок	Толщина двух слоев 0,6 мм	Длина цилиндра 250 мм
28	Межоперационная браковка	Ручная	»	По внешнему виду с промером размеров
29	Отжиг при температуре 500—520°, время отжига 2 часа	Муфельная печь	»	Под наблюдением пирометров. Замочка в воде после отжига
30	Травление особо тщательное в водном растворе серной кислоты концентрацией около 12%	Баки для травления	»	С промывкой тряпками и последующей тщательной сушкой
31	Разбраковка ОТК	Ручная	»	По техническим условиям

способ получения трехслойных высоких тонкостенных цилиндрических изделий также был проверен в производственных условиях и дал хорошие результаты.

Условия проведения подготовительных операций получения цилиндрических заготовок перед сдвоенной и строенной вытяжками были указаны раньше в разделе «Вытяжка с утонением стенок изделия» и целиком относятся к данному технологическому процессу.

Специфические особенности многослойной вытяжки заключаются в следующем.

1. При обрезке перед спариванием наружные цилиндры должны иметь высоту на 3—5 мм больше высоты внутренних цилиндров, с тем чтобы после спаренной вытяжки наружный цилиндр имел высоту больше высоты внутреннего цилиндра или равную ей. Если высота наружного цилиндра после сдвоенной вытяжки будет мень-

ше высоты внутреннего цилиндра, то при подъеме пуансона после вытяжки съемное кольцо будет стаскивать наружный цилиндр с внутреннего или частично разорвет его, что является окончательным браком.

2. Цилиндрические заготовки перед спаренной вытяжкой должны быть чистыми и не иметь следов окисления, кислоты и других загрязнений, так как они испортят готовые изделия.

3. Перед спариванием цилиндрических заготовок внутренний диаметр наружного цилиндра должен быть больше наружного диаметра внутреннего цилиндра на 0,2 мм. При наличии зазора между цилиндрическими заготовками больше 0,2 мм наружный цилиндр сползает с внутреннего при подъеме пуансона, что очень затрудняет работу. При зазоре между цилиндрами меньше 0,2 мм затрудняется ручное сдвигание (сборка) перед вытяжкой.

4. При проколке отверстий в дне внутренних цилиндрических заготовок с диаметром больше 5 мм получается ослабление дна изделия, что часто приводит к разрыву дна при утонении. В случае проколки отверстий диаметром меньше 3 мм часто ломаются проколочные пуансоны.

5. Разностенность цилиндрических заготовок перед спаренной вытяжкой должна быть минимальная (не более $\pm 5,0\%$ от толщины стенки), иначе трудно будет получить качественные изделия.

Для уменьшения разностенности цилиндрических изделий при последних операциях утонения следует давать небольшие степени утонения (порядка 0,80—0,86), но не допускать степени деформации, близкой к критической. Критическая степень утонения для полутомпака находится в зоне 0,92—0,96.

Утонение высоких тонкостенных цилиндрических изделий рекомендуется производить на одноходовых протяжных прессах (с длинным ходом пуансона), так как двухходовые прессы обычно дают большой люфт, который вызывает повышенную разностенность изделий.

6. При операции вытяжки-сдвигания съемное кольцо должно иметь строго определенный размер. Лучшие результаты по съему цилиндрических двухслойных изделий с пуансона после вытяжки дает съемное кольцо,

имеющее внутренний диаметр на 0,8 мм больше диаметра пуансона при общей толщине стенок двухслойного цилиндра 0,6 мм и на 1,2 мм больше диаметра пуансона при общей толщине стенок трехслойного цилиндра 0,9 мм.

При большем внутреннем диаметре съемного кольца ухудшаются условия съема изделий с пуансона. При меньшем внутреннем диаметре съемного кольца увеличивается износ пуансона.

§ 16. Штамповка выдавливанием

Процесс штамповки выдавливанием часто называют ударным выдавливанием, или ударной высадкой. Это объясняется тем, что сам процесс происходит почти мгновенно (ударом) в течение долей секунды (0,02—0,05 сек.).

При выдавливании материал находится в условиях всестороннего сжатия, что дает большие возможности в части формоизменения, чем при обычной вытяжке.

Истечение металла под динамическим воздействием пуансона начинается в тот момент, когда возникающие напряжения превысят предел текучести металла.

Металл, перемещаясь, заполняет зазор между пуансоном и матрицей и образует изделие заданной формы.

Процесс выдавливания известен давно, но раньше он имел весьма малое распространение и применялся лишь для изготовления из свинца, олова и свинцовооловянистых сплавов и цинка труб, прутков, проволоки и тому подобных изделий. Кроме того, способ выдавливания применялся для изготовления тубиков, коробок разной формы, трубочек и других изделий из металлов, имеющих невысокое давление истечения.

После получения штамповочными цехами более совершенных быстроходных и мощных кривошипных пресов началось интенсивное внедрение способа выдавливания разных изделий из более прочных металлов, в том числе цветных — алюминия, дуралюмина, меди, томпака, латуни, бронзы, а также частично из малоуглеродистой стали.

Процесс выдавливания из черных металлов применяют значительно реже, так как при этом получается

большой износ штампов и требуются прессы очень большой мощности. Штамповка выдавливанием завоевывает с каждым годом все более широкое распространение благодаря ряду существенных преимуществ, к которым следует отнести:

1) резкое снижение трудоемкости при изготовлении тонкостенных высоких изделий: вместо 4—8 операций вытяжек с утонением стенок при способе выдавливания изделие получается за одну-две операции;

2) значительное сокращение производственного цикла изготовления изделий: обычный процесс вытяжки тонкостенных изделий производится с промежуточными отжигами и травлениями и занимает несколько дней, способом же выдавливания изделия получают в течение более короткого периода времени;

3) снижение себестоимости изготовления изделий за счет высокой производительности, удешевления стоимости изготовления штампов (при резком уменьшении количества штампов) и т. п.;

4) сокращение потерь металла за счет уменьшения количества обрезок;

5) возможность получения изделий большой высоты. Более широкому распространению штамповки выдавливанием препятствует недостаточное число мощных быстроходных кривошипных и других типов прессов.

Способом выдавливания можно получать изделия диаметром от 3 до 100 мм, с минимальной толщиной стенки до 0,05 мм.

Холодное выдавливание производится прямым, обратным и комбинированным способами.

Прямой способ, когда материал течет в направлении рабочего движения пуансона (рис. 105).

Этим способом обычно изготавливаются гильзы и высокие трубки разного сечения (цилиндрические, овальные, прямоугольные и т. п.).

В качестве заготовки может быть использована толстостенная полая деталь 1 (см. рис. 105), из которой получается тонкостенный высокий цилиндр с дном 2, а также полая цилиндрическая заготовка 1 (рис. 106), из которой получается трубка 2 малого диаметра с толщиной стенки 0,09—0,2 мм.

Обычно соотношение между толщиной заготовки и толщиной стенок готового изделия составляет от 4:1 до 25:1, что соответствует степени деформации от 75 до 96%.

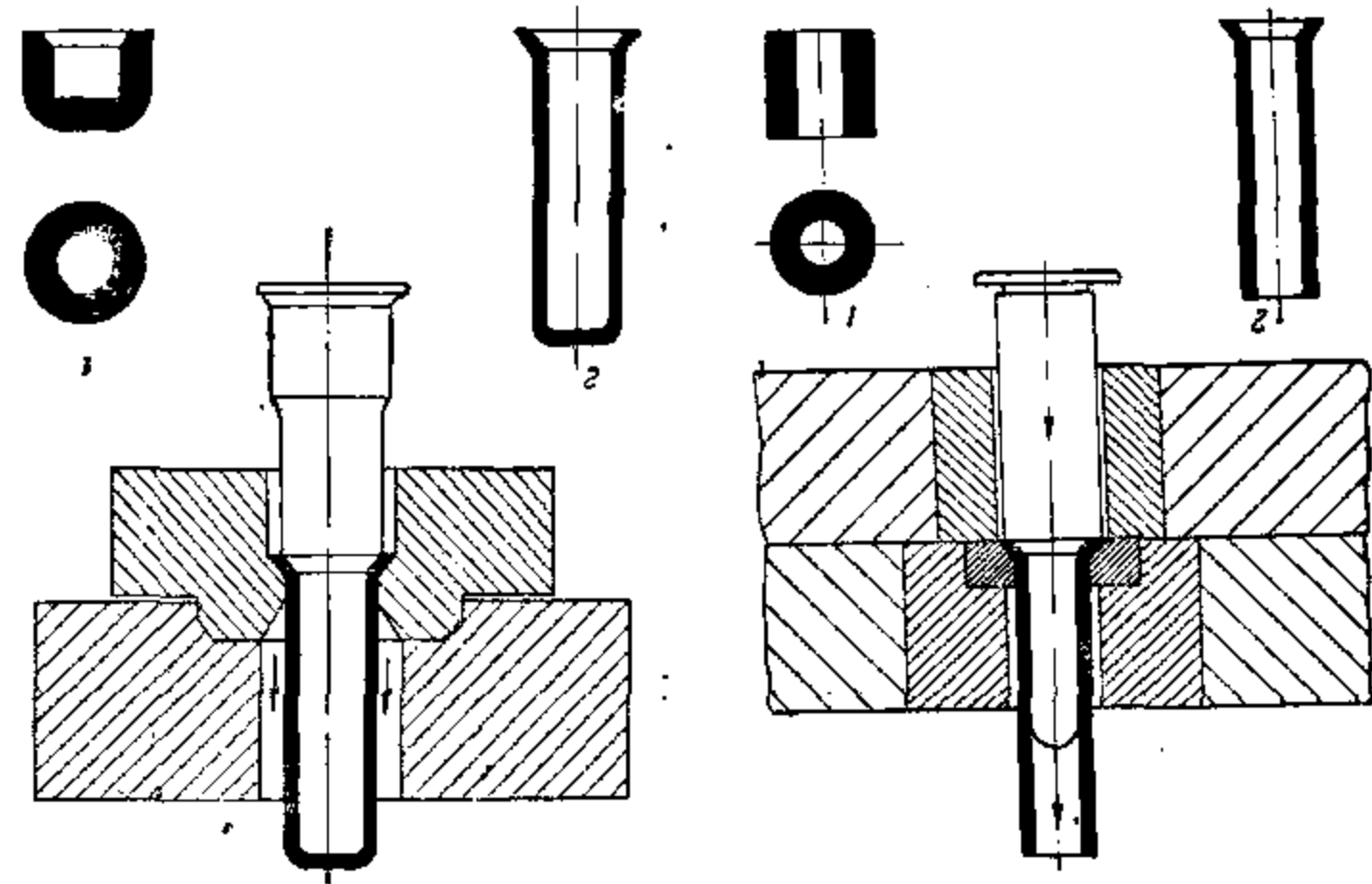


Рис. 105. Прямой способ выдавливания из полой толстостенной заготовки 1 цилиндрического изделия 2

Рис. 106. Прямой способ выдавливания из полой цилиндрической заготовки 1 трубки 2 с тонкой стенкой

При прямом способе выдавливания наибольшее удельное давление воспринимается матрицей, поэтому она должна иметь высокую прочность.

Для повышения прочности матрицы обычно увеличивают ее габариты и для ее изготовления применяют высококачественную сталь.

Скорость истечения металла достигает порядка 500—700 м/мин, и процесс протекает в течение долей секунды.

Для выдавливания мелких изделий применяются прессы с числом ходов в минуту от 100 до 300.

Прямой способ выдавливания имеет ряд преимуществ перед другими способами:

а) повышенная прочность пуансона; длина пуансона не зависит от высоты выдавливаемых изделий;

б) облегченные условия получения длинных изделий и изделий с фланцем;

в) возможность совмещения в одном штампе двух операций вырубki и выдавливания.

Указанные преимущества не исключают применения обратного способа, который также широко применяется, особенно для изготовления тонкостенных изделий большого диаметра и малой высоты.

Обратный способ, когда материал течет в направлении, обратном рабочему ходу пуансона (рис. 107).

Обратный способ выдавливания применяется для получения полых призматических, цилиндрических, а также изделий более сложной конфигурации. При обратном способе выдавливания поперечное сечение изделия по всей высоте получается одинаковым.

При изготовлении изделий малого диаметра максимальная длина не должна превышать восьмикратную величину диаметра готового изделия, иначе будет ослаблена прочность пуансона и затруднен процесс. Толщина стенки изделий, полученных обратным способом, бывает от 0,1 до 1,5 мм.

Сопротивление деформированию при обратном способе выдавливания изделий бывает всегда выше, чем при прямом способе выдавливания, поэтому для обратного способа применяют более мощные прессы, делающие 40—90 ударов в минуту.

Для обратного способа выдавливания применяют кривошипные и шарнирно-рычажные прессы.

Обратный способ выдавливания позволяет получать изделия с разной толщиной дна (по заранее заданной величине).

При выдавливании изделий обратным способом облегчается удаление изделий с помощью простого съемника. Съем изделий с пуансона производится при его подъеме (см. рис. 107, 3) с помощью воздушного потока, проходящего по каналу внутри пуансона.

Для уменьшения трения стенок изделия о пуансон последний делается с небольшим обратным конусом.

Торец пуансона при обратном способе выдавливания делают со скосом и с матовой поверхностью, для того

чтобы трением задерживать наружный окисленный слой металла.

Обратный способ выдавливания дает возможность более легко осуществить автоматическую подачу заготовки в матрицу.

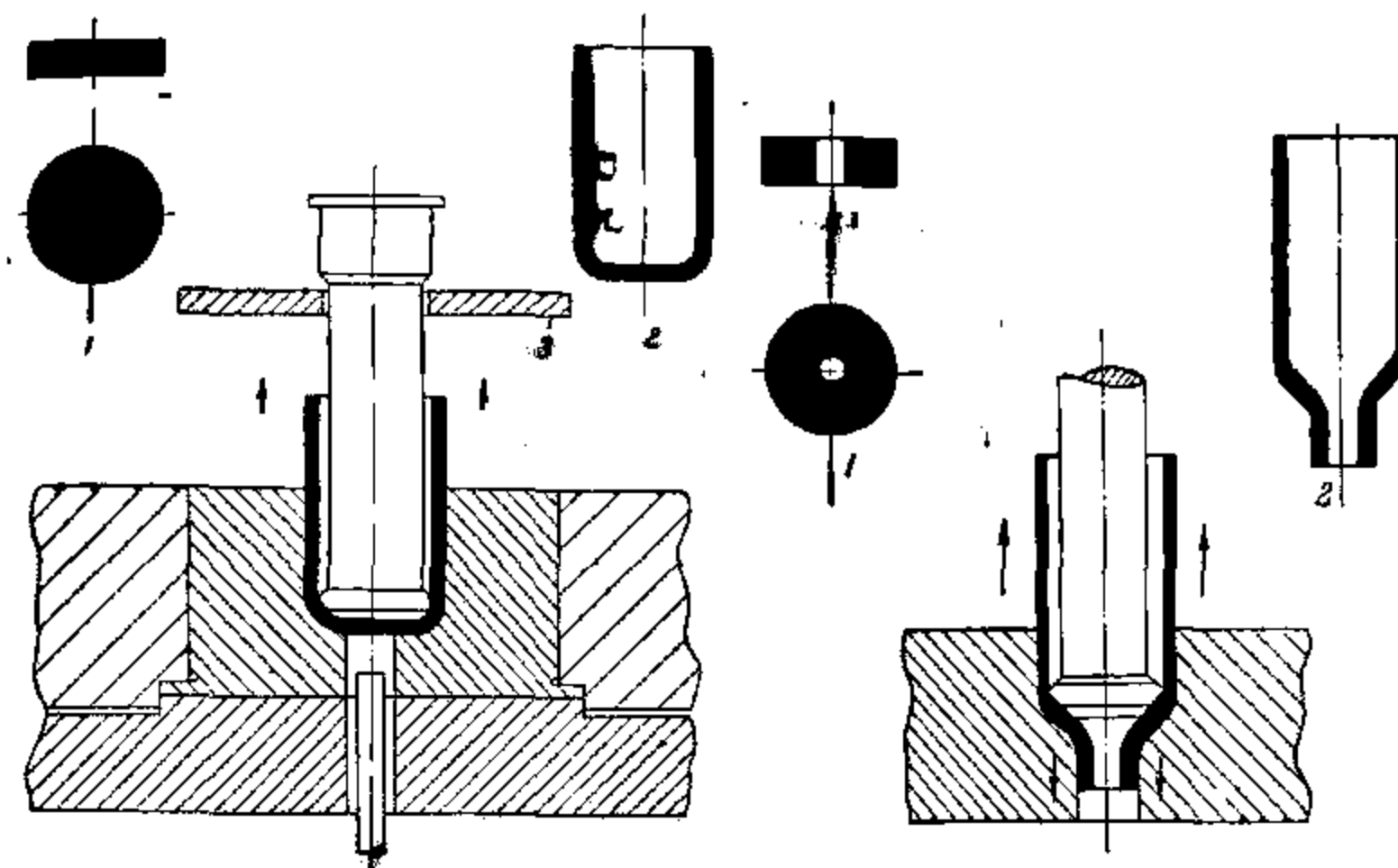


Рис. 107. Обратный способ выдавливания из толстостенной заготовки 1 цилиндрического тонкостенного полого изделия 2; 3 — съемник

Рис. 108. Комбинированный способ выдавливания изделия 2 из толстостенной заготовки 1

Комбинированный способ выдавливания является сочетанием прямого и обратного способов (рис. 108).

При выдавливании комбинированным способом металл течет одновременно в направлении движения пуансона и в обратном направлении.

Комбинированный способ применяется для изготовления полых изделий сложной конфигурации с отрезком или выступом на дне изделия.

Толщина дна и стенок у изделий, изготовленных комбинированным способом, может быть выбрана произвольно в пределах от 0,3 мм до нескольких миллиметров.

Выбор формы дна изделия связан с характером истечения металла в процессе выдавливания. На штампе не допускаются острые углы и резкие переходы, которые затрудняют истечение металла и ускоряют износ рабочих кромок штампа.

При выборе способа выдавливания приходится учитывать не только конфигурацию и размеры изделий, но также мощности, скорости и конструкции имеющихся в наличии прессов.

При подсчете размера заготовки для выдавливания изделий учитывается равенство объемов заготовки и полученного изделия.

В процессе выдавливания происходит значительное изменение структуры металла. Кристаллиты вытягиваются, размельчаются и принимают ориентировку в направлении течения металла.

Материал в процессе выдавливания повышает свою твердость и прочность (предел прочности растет, удлинение падает).

При обратном методе выдавливания в верхней части стенки изделия металл получает меньший наклеп, так как он при выдавливании механически вытесняется вверх нижними слоями и больше уже не наклепывается. Нижележащие участки изделия получают больший наклеп. В донной части изделия металл наклепывается неравномерно: в углах металл наклепывается меньше, чем в участках, находящихся непосредственно под пуансоном. Данное изменение структуры было выявлено при микроскопическом анализе выдавленных изделий.

Заготовка для выдавливания должна быть повышенного качества и удовлетворять следующим требованиям.

1. Поверхность среза должна быть чистой (без заусенцев, трещин и т. п.).

Заготовку для выдавливания рекомендуется вырубать на штампе, имеющем диаметр пуансона на 0,4—0,6 мм больше диаметра матрицы. Пуансон при опускании не должен доходить до матрицы на 0,1—0,2 мм.

Заготовка после продавливания через штамп данной конструкции обычно имеет совершенно гладкую поверхность среза.

После вырубki заготовку отжигают, для того чтобы снять наклеп кромок, который может при выдавливании дать надрывы и порчу изделия.

2. Материал должен иметь достаточную пластичность и однородную микроструктуру.

3. При выдавливании алюминиевой заготовки она не должна быть загрязнена минеральным маслом.

При выдавливании цветных металлов применяются разные смазки:

для меди и латуни — животный жир и графитная смазка; для цинка — животный жир и ланолин, разбавленные бензолом;

для алюминия — животный жир и жировая эмульсия (0,9 кг талька, 1,1 кг цилиндрического масла, 0,03 кг глицерина, 0,3 кг топленого сала и 10 л четыреххлористого углерода).

Заготовку перед пуском в работу галтуют в барабане с целью очистки металла от заусенцев. Галтовка также создает лучшие условия для удержания смазки при выдавливании.

В целях снижения усилий выдавливания металлы перед выдавливанием иногда нагревают: цинковые заготовки до температуры 180—200°, алюминиевые сплавы до 200—230°, латуни до 350—400°, стали до 500—550°.

Нагревать заготовки выше этих температур не рекомендуется, так как заготовка в процессе быстрого выдавливания получает дополнительный нагрев.

Завышенная температура выдавливания ухудшает качество готовых изделий.

В большинстве случаев температура подбирается практически для каждого вида изделий.

Скорость истечения материала при выдавливании устанавливается в зависимости от: механических свойств металла, степени деформации и состояния поверхности штампа и заготовки.

Чем пластичнее металл и больше степень деформации, тем больше скорость истечения.

Скорости истечения материала находятся в прямой зависимости от скорости движения пуансона.

При повышенных скоростях (в определенных пределах) выдавливания заготовка в процессе работы нагревается сильнее, поэтому давление снижается и условия истечения металла улучшаются. При слишком высоких скоростях выдавливания сопротивление деформированию резко возрастает.

К штампам для выдавливания предъявляются высокие требования. Металл для штампов должен обладать высокой прочностью, твердостью, стойкостью на истирание.

Матрицы для выдавливания в большинстве случаев изготавливают из инструментальной стали марки У10А. На некоторых заводах матрицы изготавливают из стали марок 9ХС, ХВ5 и т. п.

Пуансоны, подвергающиеся при выдавливании большим напряжениям, часто делают из легированной стали марки Х12М. Кроме того, в отдельных случаях пуансоны делают из стали марок 3ХВ8, ЭИ262, РФ1 и т. п.

Штампы для выдавливания должны иметь твердость R_c в пределах 58—62.

Более высокая твердость штампа вызывает выкрашивание рабочих кромок.

При твердости R_c ниже 58 штамп сильно изнашивается.

Для облегчения условий течения металла при обратном выдавливании поверхность торца пуансона делают со скосом, с тем чтобы величина угла была в пределах 125—130°.

Рабочие поверхности штампа, кроме торца пуансона, рекомендуется полировать, что значительно повышает стойкость штампа и облегчает течение материала¹.

¹ Лицам, желающим подробно изучить процессы выдавливания, рекомендуется ознакомиться с книгами:

В. Е. Фаворский, Холодная штамповка цветных металлов выдавливанием, Машгиз, 1951; Д. С. Савровский и В. Г. Поздеев, Холодное прессование полых изделий из алюминия методом обратного выдавливания, Новосибгиз, 1947.

ГЛАВА X

УСТАНОВКА И КРЕПЛЕНИЕ ШТАМПА

Установка штампа на пресс является весьма важной операцией, и поэтому ее должен знать не только слесарь-установщик, обслуживающий пресс, но и мастер, который руководит данным участком. Штамповщику часто приходится работать со слесарем-установщиком, а иногда и заменять его, поэтому и штамповщик должен хорошо знать основные правила установки штампа.

От правильной установки штампа зависит качество выпускаемой продукции, срок работы штампа, нормальная работа прессы и безопасность работы штамповщика.

Перед установкой на пресс следует тщательно осмотреть штамп и определить пригодность его к работе. Перед началом установки штампа на пресс установщик должен проверить исправность работы муфты включения, тормоза прессы и т. п. Указанную проверку следует производить на холостом ходу прессы, чтобы обезопасить работу установщика. В случае обнаружения сдвоенного хода прессы, свидетельствующего о неисправности тормоза или других дефектах, к установке штампа приступать запрещается до устранения выявленных недостатков. Перед установкой штампа должны быть подготовлены болты, гайки, планки для крепления, подставки и весь необходимый инструмент. Работа по установке штампа на пресс подразделяется на три этапа:

- 1) предварительное крепление штампа,
- 2) центрирование сопряженных деталей,
- 3) прочное (окончательное) закрепление штампа.

Приводим примерную последовательность операций при установке вытяжного штампа на пресс.

Сначала на стол пресса кладут матрицу и приблизительно центруют ее без закрепления или с легким закреплением вручную. Затем на матрицу кладут деревянную доску, на которую ставят пуансон, и медленным поворачиванием маховика (вручную) опускают ползун, с тем чтобы он вошел в соприкосновение с хвостиком пуансона, после чего пуансон прочно прикрепляют к ползуну пресса.

Использование деревянной доски при установке пуансона предохраняет рабочие детали штампа, особенно тяжелые, от забоин и облегчает закрепление пуансона.

Закрепив пуансон, убирают с матрицы деревянную доску и начинают медленно опускать пуансон вниз, а матрицу центрируют по пуансону, устанавливая одинаковый зазор со всех сторон. На вытяжном штампе величину зазора обычно проверяют специальным щупом. Произведя тщательное центрирование матрицы по отношению к пуансону, ее прочно закрепляют на столе пресса обязательно на все болты (обычно на четыре), с тем чтобы при работе матрица не сдвинулась с места, так как это может вызвать аварию пресса.

Кроме того, при креплении штампов на прессе необходимо соблюдать следующие условия.

1. Планки или прихватки должны быть надежные и специально закрепленные за прессом. Нельзя брать в работу случайные планки.

2. Закрепляющие болты должны быть расположены ближе к штампу, чтобы обеспечить его прочное закрепление.

3. Болты и планки для крепления штампа должны быть расположены так, чтобы не мешать штамповщику при работе.

4. Крепительные планки или прихватки должны быть расположены параллельно основанию штампа. Не допускается наклонное расположение прихваток, так как в этом случае они не обеспечивают надежного крепления штампа.

Если пресс во время работы испытывает сотрясение, то гайки для предохранения от развинчивания следует закреплять контргайками.

При установке вытяжного штампа после закрепления матрицы укрепляют прижимное кольцо (складкодержатель). Его осторожно ставят на матрицу и медленно опускают прижимное приспособление, к которому прикрепляют прижимное кольцо (также на все болты). Если необходимо, то прижимное кольцо также закрепляют контргайками. После закрепления прижимного кольца регулируют глубину опускания пуансона, добиваясь, чтобы пуансон не касался вытягиваемой заготовки до тех пор, пока складкодержатель не зажмет ее.

Общая глубина опускания пуансона при вытяжке должна обеспечивать получение необходимой высоты изделия.

После закрепления прижимного кольца осторожно пробуют пресс на холостом ходу, чтобы убедиться в правильности установки всех деталей штампа.

Регулировку силы давления прижимного кольца производят при опробовании штампа путем изготовления нескольких деталей.

В процессе пробной вытяжки окончательно проверяют правильность установки штампа.

Штамп считается установленным правильно, если выходящие с пресса изделия по своей форме и размерам соответствуют техническим условиям.

Первые изделия после установки штампа проверяют контролер отдела технического контроля и сменный мастер цеха.

Во время работы пресса необходимо периодически проверять прочность закрепления штампа и правильность его установки, что является гарантией безаварийной работы пресса и выпуска качественных изделий.

По окончании работы на штампе снятие его с пресса должно производиться в обратном порядке.

Штамп, снятый с пресса, должен быть тщательно очищен от загрязненной смазки и налипших частиц металла, после чего он должен быть направлен в кладовую штампов с указанием необходимого ремонта, если таковой требуется.

Каждый штамп, находящийся в кладовой, должен иметь паспорт, в котором указывается пригодность его к работе или требуемый ремонт. Штампы в кладовой должны храниться на определенных, специально приспособленных, местах.

Правильное хранение и своевременный ремонт штампов увеличивают срок их службы и способствуют нормальной работе штамповочного цеха.

ГЛАВА XI

ПРИМЕРНЫЕ СХЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШТАМПОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Цветные металлы и их сплавы отличаются друг от друга как по физическим, химическим, так и механическим свойствам, поэтому при разработке схем технологического процесса из разных металлов и сплавов приходится учитывать специфические особенности каждого металла.

Для ознакомления приводим несколько типовых схем технологических процессов изготовления изделий из разных металлов.

§ 1. Схема технологического процесса изготовления корпуса латунного электрического чайника емкостью 1,25 л (рис. 109)

Из мягких (отожженных) полос размером $0,9 \times 285$ мм на эксцентриковом прессе вырубают круги диаметром 275 мм, которые затем с целью установить их пригодность (по внешнему виду) осматривают работники отдела технического контроля для дальнейшей обработки на прессах. Круги, имеющие заусенцы и другие поверхностные дефекты в допустимых пределах, откладывают для исправления, а с более крупными дефектами бракуют.

Годные круги поступают на двухходовой вытяжной пресс, где после вытяжки (со складкодержателем) на матрице с буртиком получается полусферическая заготовка с наружным диаметром 165 мм и высотой около 97 мм (коэффициент перехода при вытяжке $m = 0,60$).

Затем на эксцентриковом прессе предварительно вы-

рубают отверстие диаметром 50 мм для горловины чайника и обрубает кромки.

Последующей операцией является отжиг в электрической печи при температуре около 560° в течение 1 часа

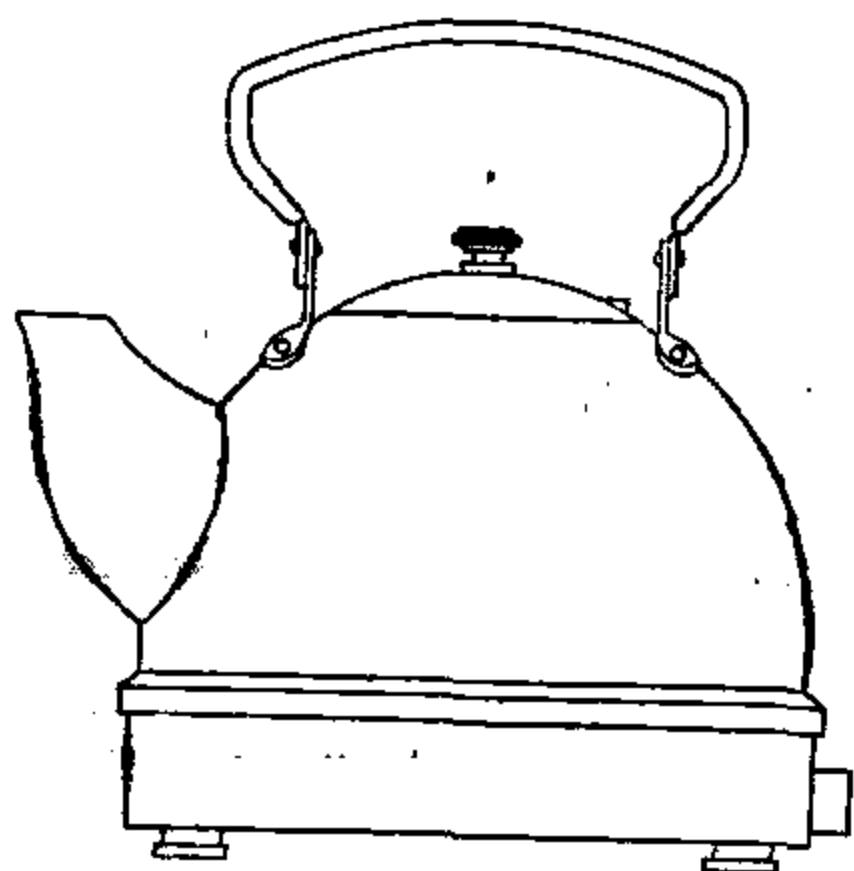


Рис. 109. Электрический латунный чайник емкостью 1,25 л

с последующим травлением в 6%-ном растворе серной кислоты, промывкой и сушкой.

Дальше производят формовку на фрикционном прессе для придания окончательной формы и получения более гладкой боковой поверхности изделия.

После этого на эксцентриковом прессе окончательно вырубает отверстие диаметром 75 мм для горловины чайника.

Следующей операцией является горячее

лужение — покрытие внутренней поверхности чайника слоем олова толщиной около 4 микрон. Горячее лужение производят натиранием. Изделия перед лужением нагревают на специальном горне, олово наносят на внутреннюю поверхность вручную и растирают его с помощью ваты.

Корпуса чайников перед обточкой проглаживают на токарно-давальном станке для более тщательного выравнивания боковой поверхности.

Обточку наружной поверхности производят специальным резцом на токарно-давальном станке, где с наружной поверхности снимают слой стружки толщиной около 0,1 мм для тщательной очистки поверхности. Отверстия для ушков и сетки для носика прокалывают на эксцентриковых прессах в две последующие операции.

Ушки приклепывают на эксцентриковом прессе с последующей подпайкой (производится электропаяльником) заклепок с внутренней поверхности.

Далее производят межоперационную разбраковку, для того чтобы изделия с дефектами не пропускать на дальнейшие операции.

Дно вставляют и завальцовывают на токарно-давальном станке; пропаивают дно с последующей зачисткой на токарно-давальном станке для удаления наплывов олова.

Сетку для носика лудят чистым оловом с помощью электропаяльника.

Носик припаивают припоем ПОС-90 по ГОСТ 1499—42 с помощью электропаяльника; полируют на полировочных станках с помощью вращающихся хлопчатобумажных кругов, смазанных специальной полирующей пастой.

Скорость вращения кругов при полировке около 3000 об/мин.

Состав полирующей пасты, %

Парафин	14	Керосин	3
Колчедановые огарки	64	Воск	1
Олеиновая кислота	8	Вода	остальное

На некоторых заводах применяется другой состав пасты, %.

Стеарин	30
Оксид хрома	70

Перед никелированием производят межоперационную разбраковку. Изделия, имеющие дефекты, отправляют на исправление.

Перед никелированием изделия тщательно обезжиривают вначале электролитическим способом в едком натре, а затем протирают гашеной известью и промывают в воде.

Никелирование производят на специальной установке (рис. 110), где в течение 40—50 мин. на наружную поверхность чайника осаждается слой никеля толщиной около 6 микрон.

На внутреннюю поверхность чайника наносят электролитическим способом (рис. 111) дополнительный слой олова толщиной около 4 микрон. Вторичное лужение

производят для выравнивания слоя полуды и увеличения толщины ее. Промытые и просушенные корпуса чайников

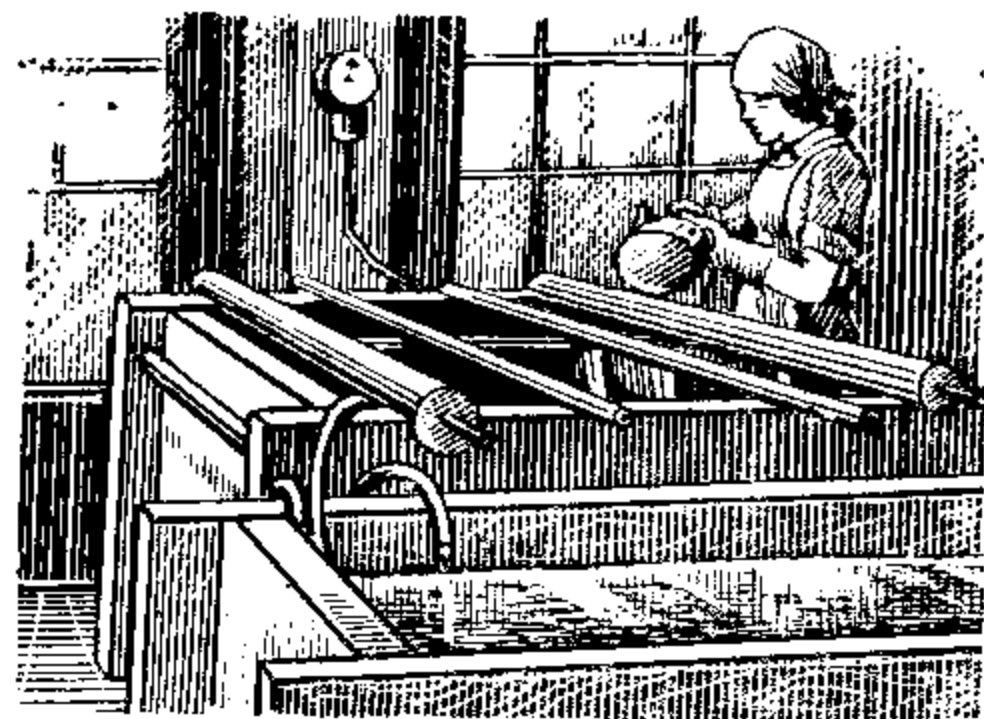


Рис. 110. Ванна для электролитического никелирования

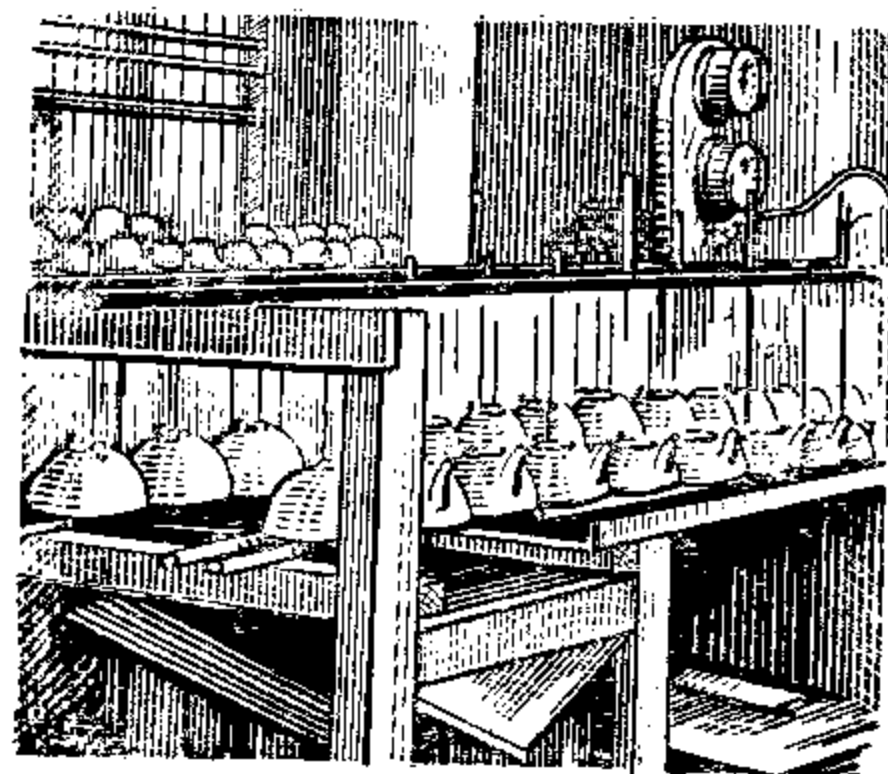


Рис. 111. Установка для гальванического лужения

ков поступают на глянецовку, где на полировочном станке производят окончательную отделку поверхности чайника до блеска.

Приклепка ручек, сборка с электронагревательным элементом, поддоном и крышкой являются последними

производственными операциями для данных изделий. Готовые чайники тщательно проверяются работниками ОТК в соответствии с техническими условиями МПТУ 2644—50. Годные чайники упаковывают со шнуром в коробки специальной формы и отправляют на склад готовых изделий.

§ 2. Схема технологического процесса изготовления корпуса алюминиевой кастрюли № 20 емкостью 9,5 л

Алюминиевые круги диаметром 540 мм вырубают на эксцентриковом прессе из жестких (нагартованных) полос шириной 550 мм, после чего круги поступают на отжиг в электрические печи, где их отжигают при температуре около 340° в течение 3 час. (для садки весом около 1 т).

Корпус алюминиевой кастрюли № 26 изготавливается из кругов размером 1,5 × 540 мм.

Круги перед пуском в вытяжку разбраковываются работниками ОТК. Вытяжка производится на двухходовом коленчато-рычажном прессе в две операции без промежуточного отжига.

При первой вытяжке получается полая цилиндрическая заготовка диаметром 357 мм (коэффициент перехода $m_1 = 0,66$).

При второй вытяжке уменьшают диаметр полой цилиндрической заготовки до 200 мм (коэффициент перехода $m_2 = 0,73$).

Затем производят межоперационную разбраковку заготовок, чтобы в дальнейшую обработку брать только годные изделия.

Кромку обрубает на эксцентриковом прессе. Закатку бортика производят на зиг-машине (рис. 112). Далее прокалывают отверстия для приклепки ручек.

Проколку производят на специальном горизонтально-прокольном станке (рис. 113). Затем приклепывают ручки на эксцентриковом прессе (рис. 114).

Готовые алюминиевые кастрюли травят в водном растворе едкого натра концентрацией около 10% при температуре около 80 градусов. Во время травле-

ния щелочь растворяет поверхностные окислы алюминия, после чего изделия приобретают серебристо-белый цвет.

После травления кастрюли промывают в горячей воде для удаления щелочи с последующей нейтрализацией в 15%-ном растворе серной кислоты.

Серная кислота нейтрализует остатки щелочи на алюминии. При наличии даже небольших остатков щелочи на алюминиевой посуде может происходить разъедание металла. Затем кастрюли промывают в проточной воде, протирают мягкой тряпочкой и сушат на открытой плите для удаления влаги. Влажные изделия быстро темнеют (окисляются) на воздухе и теряют серебристо-белый цвет.

Сушку алюминиевых изделий производят при

температуре 120—150°. При более высокой температуре сушки алюминиевые изделия частично отжигаются и становятся мягче, что снижает их прочность; они становятся менее качественными.

Готовые кастрюли разбраковываются работниками ОТК в соответствии с ГОСТ 3401—46.

Кастрюли, признанные годными, упаковывают в бумагу и отправляют на склад готовых изделий.

§ 3. Схема технологического процесса изготовления чайной полированной ложки

Для изготовления чайных ложек со склада поступают полосы размером 2,7 × 224 мм. Чайные ложки изготавливают из алюминиевого сплава АМЦ, имеющего сле-

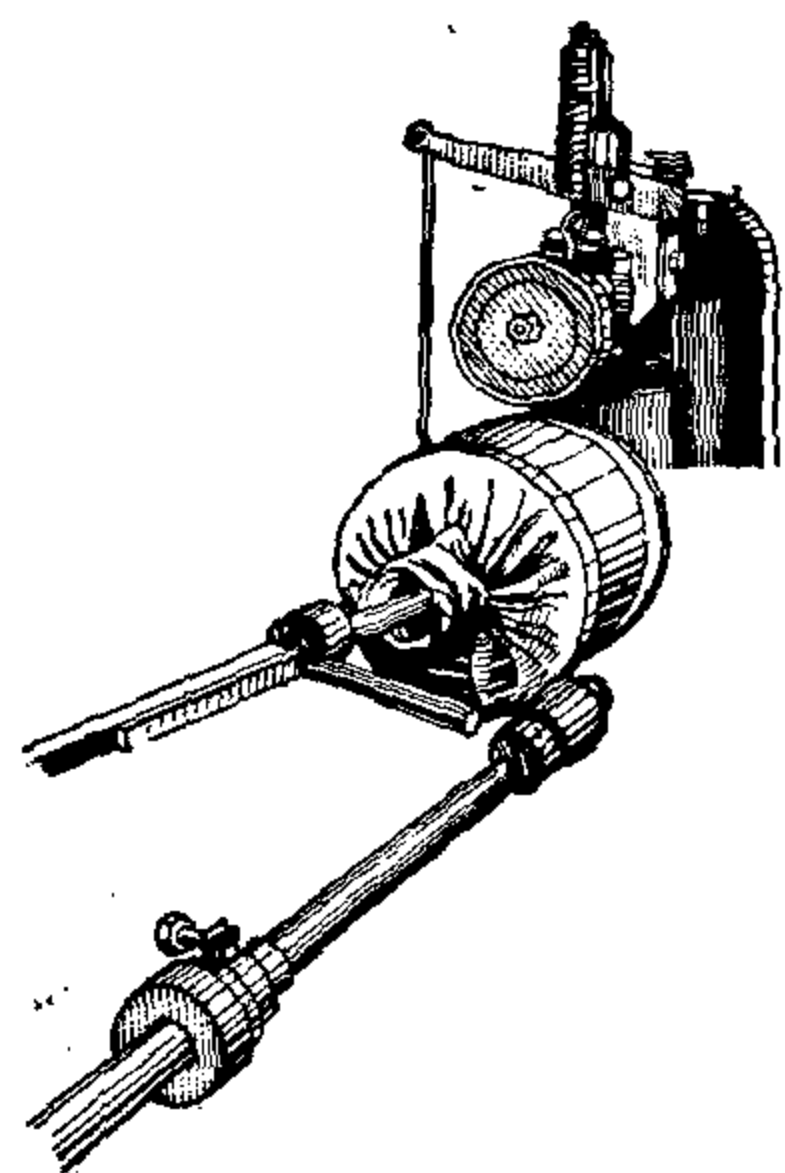


Рис. 112. Зигмашина для закатки бортика

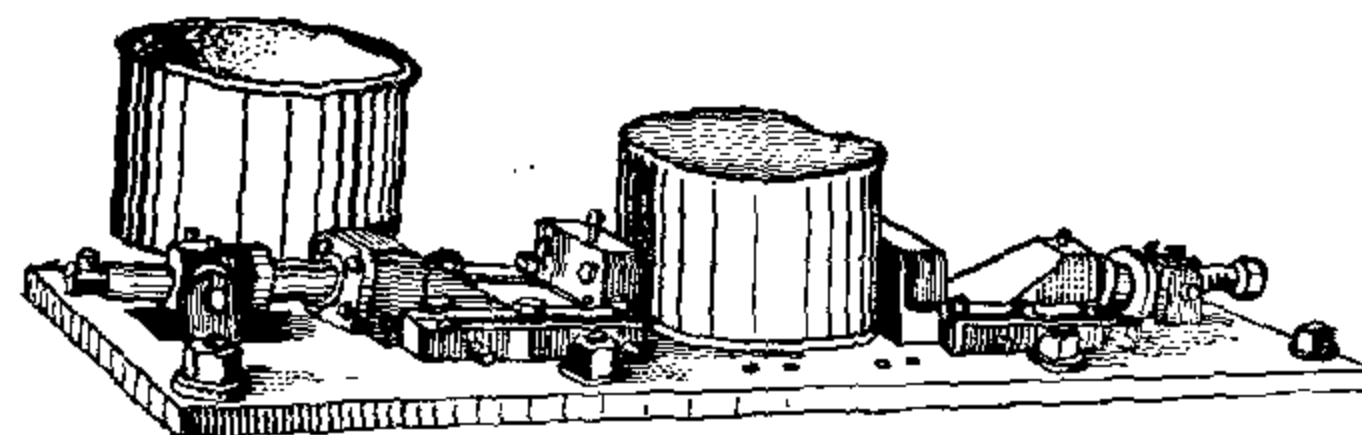


Рис. 113. Горизонтально-проколочный станок

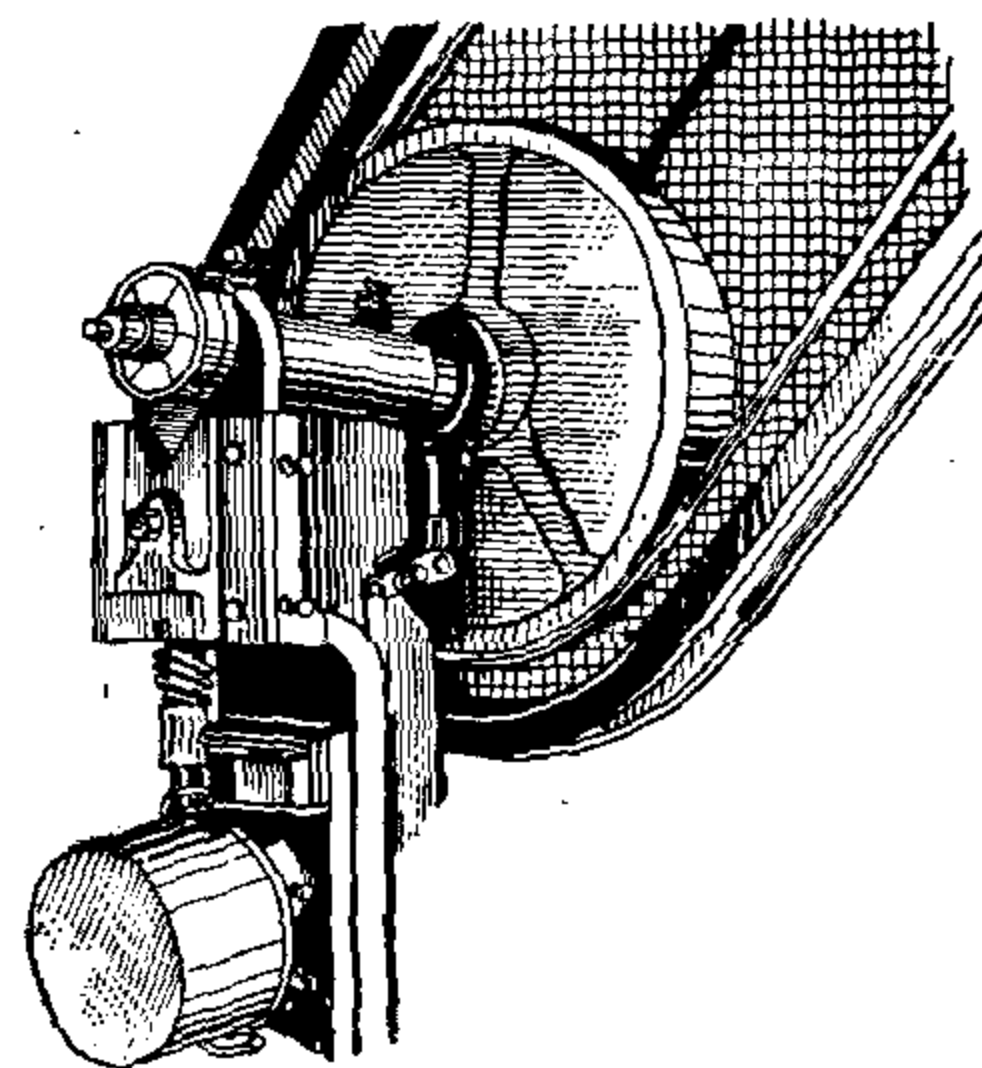


Рис. 114. Механическая приклейка ручек

дующий химический состав: около 1,3% марганца; около 0,3% магния; остальное алюминий.

Полосы поступают в штамповочный цех в жестком (нагартованном) состоянии. Последовательность операций при изготовлении ложек следующая:

1. Нарубка пластин на эксцентриковом прессе (рис. 115, а).

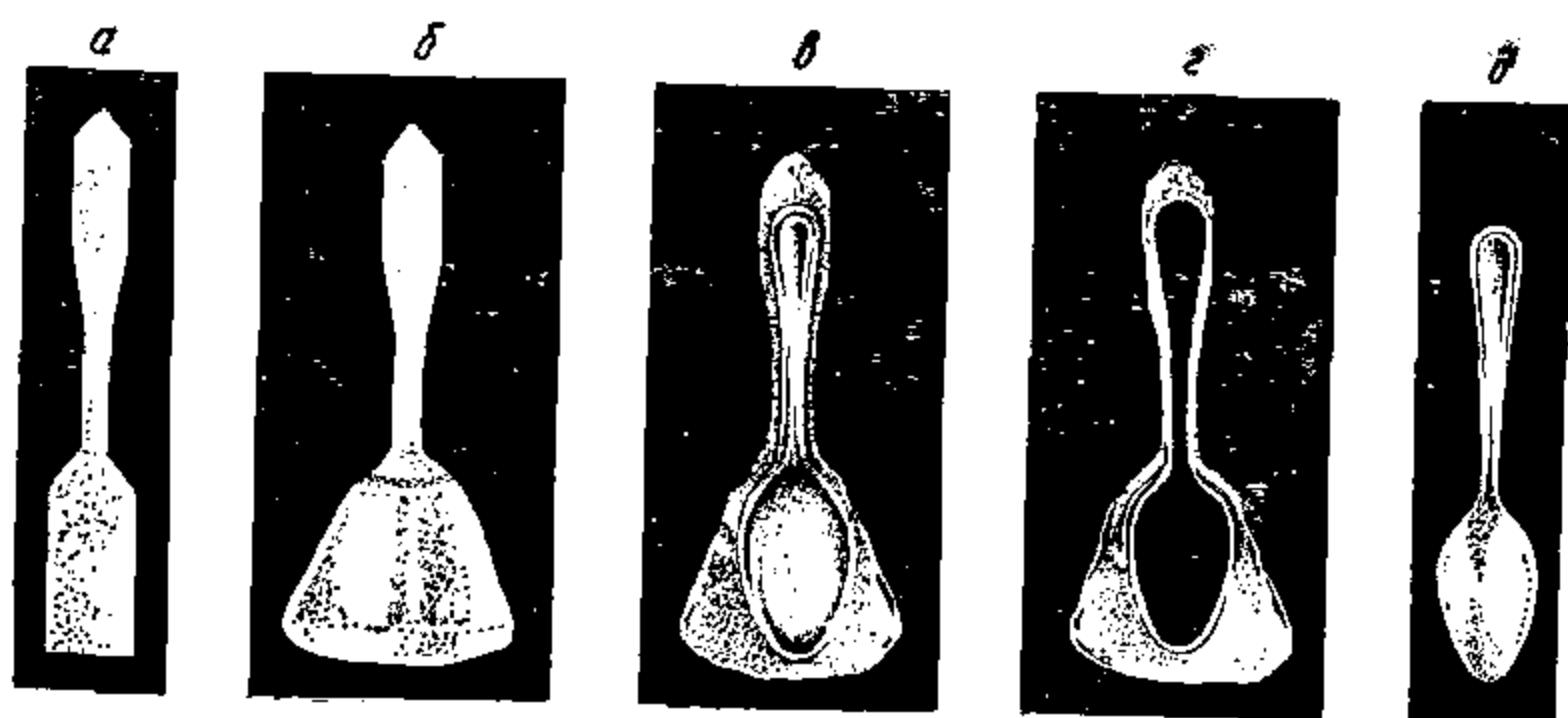


Рис. 115. Последовательность процесса изготовления чайной ложки

2. Отжиг пластин в электрических печах при температуре около 460° с выдержкой 4 часа (для короба, вмещающего около 400 кг пластин).

3. Развальцовка одного конца пластины (рис. 115, б), производящаяся на лобовых вальцах.

4. Штамповка профиля (рис. 115, в) на фрикционном прессе.

5. Обрубка кромок на эксцентриковом прессе (обрубленная кромка рис. 115, г и вырубленная ложка рис. 115, д).

6. Опиловка острых кромок и заусенцев на специальной шарошке.

7. Снятие оставшихся заусенцев во вращающемся барабане с древесными опилками.

8. Травление в растворе едкого натра концентрацией около 10% и температурой около 80°.

9. Промывка в горячей воде, нейтрализация в растворе серной кислоты, промывка в теплой проточной воде и сушка открытой плиты при температуре 120—150°.

10. Полировка во вращающемся барабане со стальными шариками. Процесс полировки длится около 6 час. При полировке ложек во вращающемся барабане применяют мыльный эмульсол, содержащий около 1,0% мыла, кроме того, добавляют около 0,2% бензина.

Такая полировка во вращающемся барабане называется гидромеханической полировкой. Барабан вращается со скоростью около 40 об/мин.

11. Полированные ложки после промывки и протирки поступают на разбраковку к работникам ОТК, которые проверяют качество готовых ложек в соответствии с ГОСТ 4893—49.

Годные ложки прокладывают бумагой, упаковывают по 25 шт. в бумагу и отправляют на склад готовых изделий.

ГЛАВА XII

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ШТАМПОВКЕ

§ 1. Общие вопросы техники безопасности

В Советском Союзе уделяется огромное внимание охране труда и технике безопасности.

В ходе развития социалистической промышленности созданы все условия для безопасной работы. Для проведения мероприятий по охране труда и технике безопасности правительство ежегодно отпускает огромные средства. Все это ярко характеризует подлинную заботу большевистской партии и правительства о здоровье трудящихся.

«...Из всех ценных капиталов, имеющих в мире, самым ценным и самым решающим капиталом являются люди, кадры»¹.

В условиях капиталистического государства рабочий является простым придатком к машине, труд его не охраняется законодательством. Система капиталистического производства зиждется на жестокой эксплуатации трудящихся, поэтому несчастные случаи там являются неизбежными.

В нашей стране число несчастных случаев и профессиональных заболеваний с каждым годом резко снижается и уже на ряде производств несчастные случаи изжиты полностью.

Задачи, поставленные партией и правительством в области охраны труда и техники безопасности, могут быть полностью выполнены лишь при активном участии самих рабочих, знающих детально все условия работы и опас-

ные участки данного производства. Анализ причин несчастных случаев на наших предприятиях показывает, что большинство их происходит из-за незнания или несоблюдения отдельными рабочими и инженерно-техническими работниками основных правил техники безопасности.

Количество несчастных случаев среди стахановцев значительно ниже, чем среди других рабочих, что свидетельствует о росте социалистической культуры труда среди стахановцев.

Каждый рабочий при поступлении на завод должен изучить основные правила техники безопасности. С этой целью проводится: а) вводный инструктаж, б) инструктаж на рабочем месте, в) текущий инструктаж.

Вводный инструктаж проводят работники отдела техники безопасности, которые знакомят рабочего с общими правилами поведения на территории предприятия, которые необходимо соблюдать, чтобы избежать несчастного случая.

Инструктаж на рабочем месте проводят административно-технические работники цеха. В большинстве случаев инструктаж на рабочем месте проводит старший мастер, который детально знакомит рабочего с характером предстоящей работы, с безопасными приемами работы, а также с необходимыми мерами безопасности при работе. Убедившись в усвоении рабочим основных правил техники безопасности, старший мастер выдает ему на руки письменную инструкцию и регистрирует инструктаж рабочего в специальной книге, в которой рабочий расписывается.

Текущий инструктаж проводит администрация цеха систематически в порядке повседневного надзора за ходом работы. При установлении нарушений со стороны рабочего или если он применяет неправильные методы работы, старший мастер должен повторно объяснить ему, как следует правильно работать.

При переводе рабочего на другую работу инструктаж должен проводиться на новом рабочем месте. Кроме того, повторный инструктаж и проверка должны производиться периодически через определенные промежутки времени в зависимости от опасности работы на данном агрегате.

¹ И. Сталин, Вопросы ленинизма, изд. 11-е, стр. 491.

Ответственным за несчастные случаи, а также за выполнение необходимых мероприятий по технике безопасности по заводу в целом является главный инженер завода, а по цехам и отделам начальники цехов и отделов.

Старшие и смежные мастера также несут ответственность за несчастные случаи, происшедшие на их участках. На каждом предприятии для ведения повседневного контроля за выполнением правил техники безопасности и за проведением работ по охране труда и промышленной санитарии выделен старший инженер по технике безопасности со штатом в зависимости от размера предприятия.

Постоянный государственный надзор за выполнением законодательства по труду, технике безопасности и производственной санитарии осуществляется технической инспекцией.

«На инспекцию труда возлагается наблюдение и контроль за проведением в жизнь декретов, постановлений и т. п. актов Советской власти в области охраны интересов трудящихся масс, а равно и непосредственного принятия необходимых мер по охране безопасности, жизни и здоровья рабочих и работниц» (из декрета «Об инспекции труда», подписанного В. И. Лениным 18 мая 1918 г.).

В помощь инспекции труда на каждом предприятии выделяются общественные инспекторы по охране труда, руководство которыми осуществляется завкомами и инспекцией труда.

Все несчастные случаи, происшедшие на предприятии и вызвавшие утрату трудоспособности не менее чем на один рабочий день, должны быть зарегистрированы.

Учету подлежат несчастные случаи, вызвавшие утрату трудоспособности свыше трех рабочих дней. О каждом несчастном случае мастер должен доложить начальнику цеха, который докладывает главному инженеру завода. Каждый несчастный случай в течение 24 часов должен быть расследован, и на него должен быть составлен акт по установленной форме. Акт составляется в 4 экземплярах и посылается главному инженеру завода, инспектору ЦК профсоюза, завкому. Один экземпляр акта остается в делах цеха.

Каждый несчастный случай должен быть расследован, с тем чтобы установить причину и наметить мероприятия, предупреждающие повторение подобных случаев.

Рабочий при изучении правил техники безопасности, непосредственно относящихся к его работе, должен познакомиться с основными правилами при транспортировке металла, при обслуживании подъемных устройств, при работе у движущихся и вращающихся частей механизмов, при обращении с аппаратурой, находящейся под давлением и при работе в зоне действия электрооборудования.

Техника безопасности в зоне действия транспорта

Беспорядочное содержание проездов и проходов может быть причиной несчастных случаев. При расстановке станков в цехе необходимо оставлять проходы для рабочих и проезды для внутрицехового транспорта. Обычно рекомендуется иметь проходы шириной 1—2 м и проезды 2,5—3,5 (3,5 м при двухстороннем движении транспорта). Проходы и проезды не должны загромождаться посторонними предметами, мешающими движению.

Наиболее частыми несчастными случаями при транспортировке бывают: ушибы, защемления, наезды, порезы и т. п.

Основными мерами борьбы с травматизмом при транспортировке являются:

- а) тщательное наблюдение за состоянием транспортного оборудования и приспособлений;
- б) правильная укладка изделий на тележки и в штабели;
- в) содержание в требуемом порядке путей и проездов;
- г) максимальная механизация загрузки, разгрузки и транспортировки тяжелых изделий.

Наблюдение за правильной организацией погрузочно-разгрузочных работ возлагается на опытного бригадира, специально выделенного администрацией. Переноска грузов весом больше 80 кг одним грузчиком запрещается. Груз весом больше 50 кг грузчик должен поднимать и снимать с помощью других рабочих. Груз весом больше

50 кг должен переноситься грузчиком на расстоянии не больше 60 м. Для перевозки грузов должны быть оборудованы тележки на шарикоподшипниковом ходу или автокары, вагонетки, электрокары и другой вид механизированного транспорта. Проезды для транспорта должны иметь предупредительные надписи, светофоры и т. п. В двухсторонних проездах должны соблюдаться общепринятые правила движения. На поворотах, а также при пересечении других путей везущий должен подавать сигнал. При транспортировке не допускается разгон тележек. В случае движения по одной линии нескольких тележек, перемещаемых отдельными рабочими, следует сохранять интервал между тележками не менее 5 м.

*Правила по технике безопасности
при обслуживании подъемных устройств*

При работе на подъемных устройствах могут быть несчастные случаи из-за неисправности механизма и приспособления или при нарушении правил техники безопасности. При работе на подъемных устройствах необходимо соблюдать следующие основные правила.

1. Перед началом работы проверить, в порядке ли движущиеся части крана и подкранового пути.
2. Проверить на холостом ходу, исправны ли тормозные приспособления, электрические ограничители подъема, ходы тележки и т. п.
3. Не поднимать краном груза весом более грузоподъемности крана.
4. Перед каждым пуском крана давать предупредительные сигналы.
5. При горизонтальном продвижении груза расстояние между ним и предметами, над которыми он будет перемещаться, должны быть не меньше 0,5 м.
6. Категорически запрещается перемещать груз над людьми, а также хождение людей под грузом, перемещаемым краном.
7. Клещи и другие приспособления для подъема тяжелых изделий должны быть проверены, находиться в исправности и обеспечивать прочное закрепление поднятого груза.

8. Перемещение крана должно быть плавным без рывков и порывистых остановок.

9. Нельзя допускать косога натяжения цепей или канатов крана; груз можно закреплять только при строго отвесном их положении.

10. Рабочие, работающие по зацепке груза (стропальщики), должны четко знать сигналы, которые подаются крановщику при подъеме, опускании или передвижении груза; сигнал должен подавать только один рабочий (бригадир).

11. Рабочий, чувствующий себя не совсем здоровым, не должен допускаться к управлению краном.

Подъемные устройства и приспособления должны периодически проверяться специальными лицами, и акт обследования должен заноситься в книгу особого образца.

*Правила по технике безопасности
при обслуживании движущихся
и вращающихся частей механизмов*

При работе на механизмах, имеющих движущиеся, вращающиеся и трущиеся части (шестерни, маховики, соединительные муфты, концы валов и т. п.), необходимо устанавливать надежное ограждение (кожухи, перегородки т. п.) Станки, имеющие рабочий и холостой шкивы, должны иметь переводные механизмы для ремней, снабженные запорными приспособлениями, устраняющими самопроизвольный переход ремня на рабочий шкив.

Вращающиеся части станков и машин не должны иметь выступающих частей, не снабженных ограждениями по всей окружности вращения.

Все движущиеся части станков должны быть снабжены автоматическими смазочными приборами или масленками с резервуарами. Отверстия в станках и машинах, через которые сами рабочие или их одежда могут попасть в движущиеся части механизма, должны быть плотно закрыты. Наждачные, точильные и другие быстро вращающиеся круги должны быть закрыты в нерабочей своей части прочными глухими кожухами. Расстояние между точилом и подручником должно быть не более 3 мм.

*Правила по технике безопасности
при обращении с аппаратурой,
находящейся под давлением*

Аппараты под давлением более 0,5 атмосферы по манометру находятся под особым наблюдением инспекции котлонадзора.

При каждом аппарате должна находиться специальная книга, в которой описан аппарат и в которую записываются результаты проведенных испытаний. Аппараты должны иметь ограждения, а также следующую арматуру:

- а) предохранительный клапан, замкнутый или запломбированный, допускающий повышение давления не более чем на 10%;
- б) манометр с фланцем для контрольного манометра;
- в) запорный кран;
- г) кран спускной в наинизшей точке.

Аппараты и трубопроводы должны очищаться не реже одного раза в 6 мес.

При техническом освидетельствовании аппаратуры под давлением производят наружный и внутренний осмотр, а также гидравлическое испытание.

Воздушные компрессоры надо устанавливать в отдельных одноэтажных огнестойких зданиях. Компрессоры надо устанавливать на отдельных, не связанных со стенами зданий фундаментах.

Компрессорные помещения должны быть построены согласно специальным требованиям. Вход в компрессорное помещение разрешается только лицам, имеющим прямое отношение к данной аппаратуре.

*Правила по технике безопасности
в зоне действия электрооборудования*

К обслуживанию электрооборудования допускаются только лица, прошедшие специальную подготовку и сдавшие соответствующие испытания. Рабочие, обслуживающие электрооборудование, должны знать правильные и безопасные приемы работы, изложенные в специальных инструкциях.

При работе с электромоторами рабочие должны всегда помнить о возможности поражения электрическим током и принимать соответствующие меры предосторожности. При поражении электрическим током возможны ожоги, нарушение сердечной деятельности и дыхательных органов, а иногда и смертельные случаи (при высоких напряжениях тока).

Безопасным для человека считается электрический ток напряжением 24 в.

В заводских условиях ток имеет напряжение 110, 220, 330 в и выше, что опасно для жизни человека.

Поражения электрическим током могут происходить в основном из-за неправильной изоляции проводов, при незакрытых кожухах рубильников или вследствие неправильного включения тока. Кожухи электромоторов, пусковых и распределительных электрических устройств должны быть заземлены, т. е. соединены с особым проводом, оканчивающимся цинковым листом, помещенным на достаточной глубине во влажной земле. Опасные участки рабочего места должны быть снабжены специальными предупредительными надписями, рисунками и т. п. К электрооборудованию не следует допускать посторонних лиц, не имеющих прямого отношения к данным агрегатам.

**§ 2. Техника безопасности при работе
на штамповочных прессах**

Несчастные случаи при работе на прессах могут происходить при ручной подаче заготовки в штамп и особенно при попытке рабочего поправить неправильно положенную заготовку в тот момент, когда пуансон приближается к матрице. Кроме того, несчастные случаи могут произойти при двойном ударе или самопроизвольном включении пресса.

К главным причинам, вызывающим несчастные случаи при штамповке, относятся:

- а) несовершенство конструкции штампа, а также приспособления для укладки и удаления изделий со штампа;

- б) отсутствие или несовершенство ограждения;
- в) дефекты пускового и тормозного устройства;
- г) неправильная организация рабочего места (загроможденность, загрязнение и т. п.);
- д) нарушение технологического процесса (толстая заготовка, наличие больших острых заусенцев, укладка в штамп одновременно двух заготовок и т. п.);
- е) неправильные приемы работы (запоздалая укладка, попытка поправить заготовку в последний момент и т. п.).

Наилучшим способом устранения несчастных случаев при работе на прессах является внедрение механизации и автоматизации подачи и удаления заготовок с прессов, с тем чтобы совершенно исключить возможность попадания рук рабочего в опасную зону штампа при работе пресса.

Вторым способом борьбы с травматизмом при холодной штамповке является устройство надежных предохранительных устройств.

На некоторых заводах начинают широко внедряться безопасные штампы.

К основным видам предохранительных устройств у прессов относятся:

- а) надежное ограждение двигающихся частей пресса;
- б) приспособление, обеспечивающее выключение пресса после каждого хода пуансона;
- в) ограждение пусковой педали пресса;
- г) приспособление для принудительного устранения рук из опасной зоны (рукоустранители);
- д) устройство для включения пресса только двумя руками;
- е) подвижные и неподвижные решетки, ограждающие опасную зону штампа.

Предохранительные приспособления, создавая безопасность работы у пресса, не должны понижать производительность штамповщика и мешать ему в процессе работы. Каждый рабочий должен уметь пользоваться предохранительными приспособлениями и следить за их нормальной работой.

При работе на прессе вдвоем обязанности должны быть четко распределены между работающими. Например, включение пресса, укладка и удаление изделий со штампа должны производиться одним человеком, иначе может получиться, что один рабочий включил пресс в то время, когда другой еще не успел убрать руки из опасной зоны.

Для безопасной работы на открытых штампах укладку и удаление изделий можно производить только специальными приспособлениями — клещами, пинцетами, крючками, механическими сбрасывателями и т. п.

Внедрение в производство прессов с наклонной станиной дает возможность свободно скатываться отштампованным изделиям с матрицы в ящик, помещенный сзади пресса, и тем самым делает труд штамповщика более безопасным.

Большое значение для безопасности работы у пресса имеет правильное и надежное крепление штампа. Нельзя допускать крепления матрицы или прижимного кольца двумя-тремя болтами вместо четырех.

Рабочее место у пресса должно быть чистым. Не допускается загромождение рабочей площадки пресса посторонними предметами. Заготовки и изделия у пресса должны лежать в определенном порядке.

Рабочий перед пуском пресса в работу должен проверить наличие ограждения у опасных зон, затем опробовать пресс на холостом ходу, для того чтобы убедиться в надежной работе пускового устройства и тормоза для остановки пресса. Для безопасной работы у пресса должны быть правильно освещены не только части пресса и штампуемые изделия, но и проходы. Освещение не должно утомлять и беспокоить штамповщика.

Применение удобных сидений у пресса для штамповщика облегчает его труд и тем самым частично предохраняет от несчастных случаев.

Применение механической подачи заготовки создает безопасные условия работы. Приспособление для механической подачи заготовки можно выполнить при помощи простых средств, не требующих значительных затрат.

Механические подачи бывают полуавтоматические и автоматические. Подача плоской заготовки в прессы может осуществляться разными способами. Наибольшее распространение получили подачи:

- а) валковая;
- б) крючковая;
- в) клещевая;
- г) подача листового материала посредством «зигзаг».

Кроме того, широко применяются штучные подачи заготовок, к которым относятся:

- а) револьверная;
- б) дисковая (по специальному желобу);
- в) шиберная;
- г) лотковая;
- д) магнитная;
- е) грейферная.

На каждом заводе составляются свои инструкции по технике безопасности в зависимости от местных условий и специфики производства.

Рабочим-прессовщикам необходимо при работе на прессах руководствоваться следующими основными правилами по технике безопасности:

- 1) перед началом работы проверять наличие и исправность всех предохранительных ограждений; не допускается съемка или ненадежное укрепление ограждений;
- 2) работу пресса проверять на холостом ходу; в случае обнаружения неисправности в работе каких-нибудь узлов пресса — сообщить мастеру и не приступать к работе до устранения этих неисправностей;
- 3) следить за исправностью электропроводок, рубильников и других токопроводящих частей; о замеченных недостатках сообщать мастеру;
- 4) при работе с открытыми штампами, ручной подачей заготовки и ручным удалением изделий из штампа пользоваться соответствующими приспособлениями: клещами, ухватами, сбрасывателями, выталкивателями,

пинцетами и др. Не допускается прогаливание застрявших изделий (или заготовки) пальцами;

5) зачистку и обтирку штампов, смазку механизмов пресса и их очистку от грязи производить при полностью обесточенном прессе (главный рубильник должен быть отключен);

6) пользоваться только исправными подставками, табуретками, стульями и т. п.;

7) следить за тем, чтобы во время работы пресса не было сдвоенного удара, не ослабели пружины и заклепки; об исправностях сообщать мастеру;

8) при работе на эксцентриковых и кривошипных прессах после включения пресса снимать ногу с педали или руку с пускового рычага;

9) следить за тем, чтобы во время работы был хорошо закреплен штамп, а также болты и гайки на подъемном столе и креплении винта ползуна;

10) после окончания работы выключить пресс, произвести уборку рабочего места и уложить в порядке изделия и заготовки.

ГЛАВА XIII

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА
И ТЕХНИЧЕСКОМ НОРМИРОВАНИИ

Повышение производительности труда в нашей стране способствует дальнейшему росту могущества социалистического государства, умножению его богатств и непрерывному подъему жизненного уровня советского народа.

В первый период возникновения социалистического государства В. И. Ленин сказал: «Производительность труда, это, в последнем счете, самое важное, самое главное для победы нового общественного строя. Капитализм создал производительность труда, невиданную при крепостничестве. Капитализм может быть окончательно побежден и будет окончательно побежден тем, что социализм создает новую, гораздо более высокую производительность труда»¹.

Товарищ Сталин неоднократно указывал на решающее значение, трудящихся в деле повышения производительности труда: «...только трудовой подъем и трудовой энтузиазм миллионов масс может обеспечить тот поступательный рост производительности труда, без которого немислима окончательная победа социализма над капитализмом»².

Увеличению производительности труда способствует правильно поставленная работа по техническому нормированию и организации труда.

¹ В. И. Ленин, Великий почин, Соч. изд. 4-е, т. 29, стр. 394.

² И. В. Сталин, Год великого перелома, Вопросы ленинизма, изд. 11-е, стр. 265.

Техническое нормирование в условиях социалистического предприятия имеет своей непосредственной задачей правильное построение технически обоснованных норм на основе социалистического соревнования и стахановского движения, обеспечивающих наивысшую производительность труда. Без качественного технического нормирования не может быть правильного планирования производства. Расчет необходимого количества рабочих, оборудования, основного и вспомогательного материала может быть правильно произведен лишь при наличии технически обоснованных норм. Строгое согласованное течение всего производственного процесса невозможно без планирования его во времени.

Техническое нормирование должно производиться с учетом наиболее рационального технологического процесса и наилучших приемов работы.

Для удобства нормирования отдельные операции работы расчленяют на элементы, чтобы изучить их, иметь точное представление о времени, затрачиваемом на всю операцию.

Норма времени на выполнение всей работы получается путем суммирования затрат времени по элементам. Без расчленения процесса работы на составляющие элементы невозможно учесть влияние отдельных факторов.

Изучение рабочего времени производится путем наблюдений, которые состоят в основном из хронометража и фотографии рабочего дня.

Хронометраж операции — способ изучения затрат времени на выполнение циклически повторяющихся ручных и машинно-ручных элементов операции.

Процесс хронометража включает:

- 1) разложение изучаемой операции на составляющие ее элементы;
- 2) измерение этих элементов во времени (в порядке их последовательности);
- 3) анализ результатов наблюдений и отбор элементов для включения в рациональный состав работы;
- 4) определение нормальной продолжительности выполнения каждого элемента.

Хронометраж производится с помощью секундомера.

Фотография рабочего дня есть способ изучения затрат рабочего времени путем наблюдения с последовательным замером этих затрат времени по видам на протяжении одной или нескольких смен.

Задачей фотографирования рабочего дня является установление правильного режима работ, отвечающего максимальному уплотнению рабочего дня и увеличению удельного веса основной производительной работы. При фотографии рабочего времени фиксируются все без исключения затраты рабочего времени, включая и простои.

Анализ данных фотографии рабочего времени дает возможность установить:

- а) загруженность рабочих и агрегатов,
- б) потери рабочего времени,
- в) чередование и длительность отдельных операций,
- г) время, затрачиваемое на отдых и т. д.

На основе анализа полученных показателей можно установить оптимальный режим работы, дающий наиболее высокую производительность.

Техническая норма составляется с учетом правильного использования оборудования, инструмента и правильной организации работ.

Норма времени — это время, необходимое для выполнения определенной работы с использованием всех производственных средств при нормальной организации рабочего места.

Норма выработки определяет количество изделий, выпускаемых рабочим за определенный период времени, например смену, час и т. п.

К нормируемому времени следует отнести:

- а) машинное время,
- б) ручное время,
- в) вспомогательное время,
- г) подготовительно-заключительное время,
- д) время на отдых и естественные надобности рабочего.

Под машинным временем понимается время, затрачиваемое механизмом для выполнения своей работы. Машинное время пресса зависит от числа ходов его в минуту, которое можно определить по имеющемуся паспорту пресса или, при отсутствии паспорта,

непосредственно хронометражем. Машинное время пресса является обычно постоянной величиной и учитывается точно.

Ручное время — это время, которое затрачивает рабочий на укладку изделий в штамп, пуск пресса в работу и съем изделия со штампа. Это относится к тому случаю, когда пресс включается для каждого хода отдельно. В случае же работы пресса на самоходе, т. е. когда пресс работает без остановки, а штамповщик кладет и снимает изделия при подъеме пуансона, ручное время перекрывается машинным временем.

Работа пресса на самоходе принята, в частности, на вытяжных прессах двойного действия, скорость которых установлена около 8 ходов в минуту.

Вспомогательное время — это то время, которое затрачивается штамповщиком на зачистку штампа, смазку его трущихся поверхностей и т. п.

Подготовительно-заключительное время предназначено для ознакомления рабочего с порученной ему работой, для подготовки к ней, а также выполнения действий, связанных с окончанием данной работы.

К подготовительно-заключительной работе относятся: наладка оборудования, получение и сдача работы, сдача продукции отделу технического контроля и т. п.

ГЛАВА XIV

СИСТЕМА ОПЛАТЫ ТРУДА

Труд в условиях социалистического производства оплачивается в зависимости от количества, а также и качества изготовленной продукции.

Правильно построенная система оплаты стимулирует повышение производительности труда, улучшение качества выпускаемых изделий и снижение себестоимости продукции.

Система оплаты труда в основном делится на две группы:

I. Сдельная система (по результатам работы).

II. Повременная система (за отработанное время).

Сдельная система оплаты имеет две разновидности:

- а) прямая сдельная,
- б) прогрессивно-сдельная.

Наряду с указанными системами применяется еще премиальная система.

При повременной системе оплаты труда рабочий получает зарплату в зависимости от отработанного времени. Повременная система оплаты труда применяется только на таких работах, где нельзя произвести предварительного нормирования и учесть выработки (например дежурные у электрического щита, кладовщики и т. п.).

Оплата повременщиков производится ежемесячно или подепно, в соответствии с тарифной ставкой, утвержденной для данной работы.

В целях создания стимула для работающих повременную оплату иногда дополняют премиальной системой, установив количественные и качественные показа-

тели (например для дежурных слесарей устанавливают фактор премирования — снижение простоя оборудования по текущему ремонту).

Сдельная оплата заключается в том, что на основе тарифной ставки и установленной нормы определяется расценки за единицу работы. Сдельщик получает зарплату в зависимости от фактической выработки независимо от времени, затраченного на эту работу. Сдельная система зарплаты создает материальную заинтересованность рабочего в повышении производительности труда. Рабочий стремится полноценно использовать все 480 мин., внедрить передовые методы стахановского труда и работать над дальнейшим усовершенствованием технологии и приемов работы.

На отдельных участках работы и на узких местах, требующих резкого повышения производительности труда, вводится прогрессивно-сдельная система оплаты труда. При этой системе оплата производится: за выполненную норму — по нормальному расценку; перевыполненная часть нормы от 101 до 110% — по расценку, увеличенному в 1,3 раза; при перевыполнении нормы до 120% вся перевыполненная часть нормы оплачивается по полуторному расценку, а при перевыполнении нормы свыше 120% — по двойным расценкам. Могут иметь место и более высокие шкалы оплаты за перевыполнение нормы.

Начисление заработной платы по прогрессивно-сдельным расценкам производится по результатам работы за весь месяц.

ГЛАВА XV

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА

Весьма большую роль в повышении производительности штамповщика играет правильная организация и обслуживание рабочего места. Штамповщики стахановцы этому участку уделяют особенно большое внимание.

Основными элементами рабочего места штамповщика являются: пресс, инструмент, заготовка, готовые детали, отходы при штамповке, вспомогательные материалы; кроме того, немаловажную роль играет освещение рабочего места и положение штамповщика при работе прессы.

Своевременный ремонт, правильный уход и тщательное наблюдение за работой прессы способствуют его бесперебойной работе. Пресс должен находиться в полной чистоте, для чего в конце каждой смены производится чистка главных частей его и уборка рабочей площадки.

Место у прессы должно использоваться рационально. Необходимо отвести определенные участки для складывания заготовок и готовых изделий.

Заготовки должны лежать на таком расстоянии от штамповщика, чтобы он при работе мог без особых усилий достать заготовку.

Готовые детали должны со штампа скатываться по желобу или укладываться в специальные ящики без дополнительной перекладки их.

Отходы, получающиеся в процессе штамповки, должны складываться в ящики, а не разбрасываться по полу, чтобы не загромождать площадки у прессы и не требовать дополнительной перекладки их. Ящики с от-

ходами должны по мере их заполнения убираться от прессы подсобным рабочим.

Около прессы не должно быть никаких лишних предметов, так как загромождение рабочего места затрудняет работу штамповщика и тем самым понижает его производительность, а иногда является даже причиной несчастных случаев при работе у прессы. Пол у прессы должен быть ровным, без ненужных выступов и чистым.

Вторым элементом рабочего места штамповщика является инструмент.

Инструмент штамповщика делится на основной и вспомогательный. К основному рабочему инструменту относится то, что предназначается для непосредственной обработки деталей, а именно штамп. Состояние штампа имеет большое значение на качество обрабатываемых изделий, а также на количественный выпуск их, поэтому штамповщик должен тщательно следить за штампом. Перед началом работы он должен внимательно осмотреть штамп, а в процессе работы следить за состоянием его рабочей поверхности и своевременно принимать меры к устранению выявленных недостатков.

Штамповщик во время работы должен периодически проверять прочность закрепления всех деталей штампа.

К вспомогательному инструменту относятся клещи, крючки, пинцеты и т. п., которыми приходится пользоваться штамповщику при единичных укладках заготовок в штамп. Вспомогательный инструмент должен находиться в исправном состоянии, быть удобным и надежным в работе. При штамповке вспомогательный инструмент рабочий обычно держит в руке. После работы вспомогательный инструмент должен храниться в специальном шкафу или сдаваться мастеру. В шкафу должен храниться только годный инструмент, а требующий ремонта должен передаваться слесарям.

Вспомогательные материалы — смазка, тряпки для обтирки и т. п. — должны находиться у прессы в требуемом количестве и должном порядке.

Смазка и другие вспомогательные материалы должны быть доброкачественными, так как они оказывают большое влияние на качество штампуемых изделий.

Штамповщик перед началом работы должен проверить качество смазки и следить за ее чистотой в процессе всей работы. Тряпки для протирки изделий после штамповки не должны иметь твердых включений, например песка, так как он может испортить обрабатываемые детали. Чистые тряпки должны храниться в определенном месте, а отработанные необходимо сдавать мастеру или кладовщику.

Вспомогательные материалы должны расходоваться экономно, так как они стоят дорого и большой перерасход их повышает себестоимость выпускаемой продукции.

Сиденье для штамповщика является немаловажным фактором, поэтому ему также должно быть уделено внимание. К сиденью предъявляются следующие требования:

а) сиденье у пресса должно быть удобным, чтобы штамповщик мог брать заготовку и укладывать готовые изделия, не слезая с него;

б) высота сиденья должна соответствовать работе у данного пресса, поэтому желательно иметь сиденье определенной высоты; например, хорошо зарекомендовали себя на некоторых заводах винтовые стулья со стопором;

в) сиденье должно иметь спинку.

Правильное освещение рабочего места влияет на производительность труда. Источник света у пресса должен быть расположен так, чтобы штамповщик хорошо видел штамп, основные части пресса, штампуемые изделия и т. п.

В большинстве случаев у прессов применяется местное освещение. Прямые лучи источника света не должны попадать в глаза штамповщику, чтобы не ослеплять его. Если при работе нельзя пользоваться естественным (солнечным) светом, то рекомендуется применять электрические лампы с матовым стеклом.

На повышение производительности также влияет закрепление обрабатываемых деталей за определенными механизмами и рабочими. Объясняется это тем, что рабочие детально изучают данную работу и совершенствуют свои приемы.

Специализация прессов снижает простои, которые бывают значительными при частых сменах штампов, а также при настройке их.

Подсобные рабочие должны быть закреплены за определенными прессами и бригадами, что способствует бесперебойной работе прессов.

Величина обрабатываемой партии также влияет на производительность, так как частая смена инструмента вызывает простои механизма, снижает выработку рабочего и уменьшает выпуск продукции. Все это повышает себестоимость обрабатываемых изделий.

ГЛАВА XVI

СНИЖЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ ПРОДУКЦИИ

В условиях социалистического производства снижение себестоимости является одним из основных источников ускорения темпов социалистического воспроизводства.

Снижение себестоимости выпускаемой продукции на заводах СССР производится за счет сокращения издержек производства, устранения потерь, вызванных недостатками в организации производства и нарушением технологии и т. п.

Благодаря снижению себестоимости расширяются социалистические предприятия, непрерывно улучшается благосостояние трудящихся, растет их культурно-политический уровень и укрепляется мощь социалистического государства.

В капиталистических государствах себестоимость снижается в большинстве случаев за счет зверской эксплуатации рабочих и получающиеся накопления идут для дальнейшего закабаления трудящихся.

В социалистическом государстве трудящиеся, работая на благо своей родины, стремятся экономно использовать материал, оборудование, топливо, электроэнергию, повысить производительность труда и улучшить качество выпускаемой продукции. Благодаря непрерывному снижению себестоимости продукции советское правительство производит регулярное снижение цен на товары.

Широко развернутое социалистическое соревнование мобилизует массы трудящихся на перевыполнение планов и снижение материальных затрат на единицу про-

дукции, что дает систематическое снижение себестоимости выпускаемой продукции.

Себестоимость — это затраты предприятия на производство товаров, выраженные в деньгах.

Главными элементами себестоимости являются:

- а) затраты на основные материалы;
- б) затраты на вспомогательные материалы;
- в) заработная плата со всеми начислениями;
- г) затраты на топливо;
- д) затраты на электроэнергию;
- е) расходы на амортизацию.

Под основными материалами понимаются те материалы, которые идут непосредственно для изготовления изделий. Например, при штамповке цилиндрических изделий основным материалом является плоская заготовка. Для снижения затрат на основные материалы следует бороться за повышение выхода годного.

Ввиду высокой стоимости цветных металлов каждый процент повышения выхода годного значительно снижает себестоимость изготавливаемых изделий. Затраты на материалы в штамповочных цехах составляют около 60% общих расходов при выпуске продукции. Следовательно, борьбе за экономию основных материалов необходимо уделять должное внимание.

К основным мероприятиям по сокращению расхода материала следует отнести:

- а) введение рационального раскроя при вырубке заготовки;
- б) сокращение брака до минимума;
- в) рациональное использование отходов.

К группе вспомогательных материалов относятся материалы, необходимые для изготовления изделий. Например, к вспомогательным материалам в штамповочном цехе относятся смазка, обтирочные тряпки и т. п.

Затраты на вспомогательные материалы обычно составляют 4—6%. Для экономного расходования вспомогательных материалов на них должны быть установлены технически обоснованные нормы, налажен тщательный учет расхода.

К разделу расходов по заработной плате относится выплата зарплаты рабочим (производственным и вспо-

могательным), инженерно-техническим работникам, служащим, младшему обслуживающему персоналу и т. п. Кроме основной заработной платы учитывается также дополнительная зарплата, в которую входят доплаты по прогрессивным расценкам, оплата отпусков, обучение учеников и т. п. При большом росте производительности труда расходы на единицу выпускаемой продукции резко сокращаются, так как при одном и том же штате работающих растет выпуск продукции.

К разделу затрат на топливо относится вся стоимость израсходованного топлива как технологического, так и хозяйственного, а также топлива и для транспорта.

Сокращение расхода топлива должно проводиться путем установления технически обоснованных норм, точного учета расхода и введения премирования за экономию топлива.

К разделу затрат на электроэнергию относится расход электроэнергии силовой (на моторы), технологической (на гальванические установки), осветительной и т. п.

Расходы по амортизации возмещают за счет стоимости выпускаемых изделий. Сокращение амортизационных расходов может быть произведено за счет проведения своевременных тщательных ремонтов оборудования, что значительно удлиняет срок их службы.

Кроме указанных разделов в себестоимость входят прочие расходы, к которым относятся выплата командировочных, оплата услуг со стороны, расходы по подготовке кадров и т. п.

Расчет себестоимости единицы выпускаемой продукции называется калькуляцией.

Калькуляции бывают двух типов:

I. Плановые (сметные).

II. Отчетные (фактические).

Плановые калькуляции составляются на каждый вид продукции в начале планируемого периода, например года, квартала, и служат для установления задания цеху, заводу по достижению определенного уровня себестоимости.

Отчетные калькуляции составляются по окончании отчетного периода или после выполнения всего заказа. Отчетная калькуляция отражает фактическую себестоимость изготовленных изделий.

В калькуляцию включаются также расходы по освоению производства новых изделий, общезаводские расходы и т. п.

Производственные затраты по своему назначению подразделяются на основные и накладные расходы.

К основным расходам относятся затраты, непосредственно связанные с выпуском изделий, например расходы на материалы (основные и вспомогательные), заработная плата рабочих, принимавших непосредственное участие в изготовлении изделий, расходы силовой электроэнергии, топлива и т. п.

К накладным расходам относятся расходы на содержание оборудования, зданий, хозяйственные затраты завода, содержание управленческого аппарата и т. п.

Борьба за снижение затрат производства должна проводиться по линии снижения как основных, так и, особенно, накладных расходов.

Каждому предприятию ежегодно дается плановое государственное задание по снижению себестоимости.

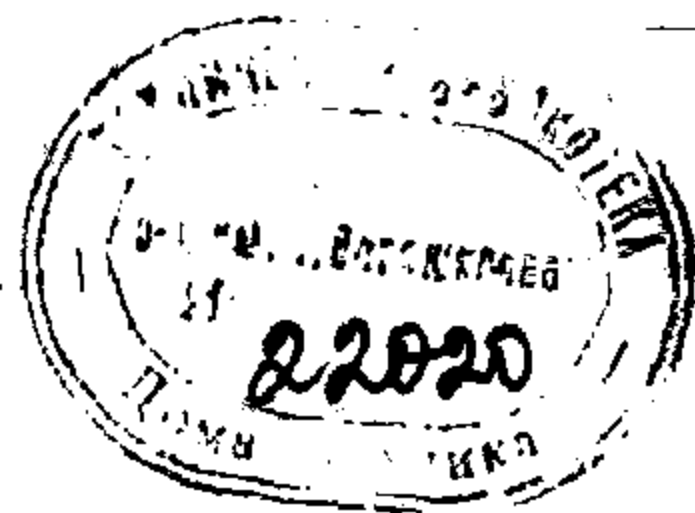
При планировании снижения себестоимости учитывается характер и объем производства, а также принимается во внимание уровень затрат производства.

Снижение себестоимости является одним из главных источников увеличения прибыльности предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Бочвар, *Металловедение*, Металлургиздат, 1940.
2. В. Бунимович, *Снижение себестоимости и повышение прибыльности социалистических предприятий*, Госполитиздат, 1948.
3. Н. С. Бурмистров, *Затраты производства и снижение себестоимости в машиностроении*, Машгиз, 1948.
4. Я. Н. Гаркави, *О распределении напряжений в материале при вырубке и пробивке*, Инженерный сборник Академии наук СССР, т. III, вып. I, изд. Академии наук, 1946.
5. Гере, *Вырезные и вытяжные штампы*, ч. I, ГОНТИ, 1931.
6. С. М. Головин, Ф. М. Фаткин и А. К. Чертаевских, *Исследование различных смазок, применяющихся при штамповке*, «Вестник металлопромышленности», 1938, № 16.
7. С. М. Головин, *Накатка резьбы на полых изделиях*, Машгиз, 1940.
8. С. М. Головин и Ф. З. Рванцев, *Влияние отдельных факторов при резании, штамповке и пр.*, «Цветные металлы», 1938, № 1.
9. С. М. Головин и Ф. З. Рванцев, *Исследование процесса вырубке металлов с помощью штампов*, ВНИТОКШ, Машгиз, 1938.
10. С. И. Губкин, *Пластическая деформация металлов*, ОНТИ, 1935.
11. С. И. Губкин, *Теория обработки металлов давлением*, Metallurgizdat, 1947.
12. А. Н. Громов, *Заготовительно-штамповочные работы в самолетостроении*, Оборонгиз, 1948.
13. Н. М. Дин, *Горячая листовая штамповка и гибочные работы*, Машгиз, 1950.
14. М. Е. Зубцов, *Холодная штамповка*, Машгиз, 1941.
15. М. Е. Зубцов, *Технология холодной штамповки*, Машгиз, 1950.
16. Г. Закс, *Практическое металловедение*, ОНТИ НКТП, 1938.
17. Э. Зибель, *Обработка металлов в пластическом состоянии*, ОНТИ, 1934.
18. А. С. Консон и Г. К. Сеферов, *Холодное штампование*, Гизместпром РСФСР, 1940.
19. Л. Е. Лейкин, *Холодная штамповка*, ОНТИ, 1937.
20. С. М. Леви, Л. М. Либерман, М. Б. Коток, Б. Б. Гильдиянер, *Техническое нормирование в черной металлургии*, Metallurgizdat, 1949.
21. А. И. Малов, *Холодная штамповка*, ОНТИ, 1935.
22. А. Н. Малов, *Производство патронов стрелкового оружия*, Оборонгиз, 1947.
23. А. Н. Малов, *Технология холодной штамповки*, Оборонгиз, 1949.
24. А. Б. Мастрюков, *Технология металлов*, ОНТИ, 1936.
25. И. И. Меденцев, *Производственное пособие для штамповки*, НКМП, 1938.
26. А. Надан, *Пластичность*, ОНТИ, НКТП, 1936.
27. И. А. Нарыцин, *Исследование пульсирующей вытяжки листового металла*, «Вестник машиностроения», 1947, № 6.
28. К. Ф. Неймайер, *Холодная и горячая штамповка*, Госмашметиздат, 1934.
29. В. Е. Недрезов, *Глубокая вытяжка листового металла*, Машгиз, 1949.
30. Г. И. Образцов, *Основы технического нормирования*, ОНТИ, 1932.
31. Е. О. Пешков, *Пособие для штамповщика*, ГОНТИ, 1931.
32. Е. А. Попов, *Вытяжка с утонением стенки*, «Вестник машиностроения», 1951, № 1.
33. И. А. Примак, *Техническое нормирование в металлургии*, Metallurgizdat, 1948.
34. В. П. Романовский, *Холодная штамповка*, Лениздат, 1946.
35. В. П. Романовский, *Справочник по холодной штамповке*, Машгиз, 1949.
36. Д. С. Саворский и В. Г. Поздеев, *Холодное пресование полых изделий из алюминия методом обратного выдавливания*, ОГИЗ, Новосибирск, 1947.
37. В. Селлин, *Вытяжное производство*, ОНТИ, 1936.
38. В. Г. Сердюков и Я. И. Цирш, *Обработка цветных металлов и сплавов давлением*, Metallurgizdat, 1947.
39. П. И. Синев, *Техника безопасности в машиностроении*, Машгиз, 1949.
40. Д. О. Славин, Н. В. Соколов, Н. Н. Гаврилкин, И. В. Попплавка и Ю. А. Шувалов, *Технология металлов*, Машгиз, 1949.
41. Г. А. Смирнов-Аляев и Д. А. Вайнтрауб, *Холодная штамповка в приборостроении*, Машгиз, 1950.
42. А. П. Смирнягин, *Промышленные цветные металлы и сплавы*, Metallurgizdat, 1949.
43. С. Я. Сорокин, *Холодная штамповка*, Оборонгиз, 1948.
44. Е. Н. Унксов, *Пластическая деформация при ковке и штамповке*, Машгиз, 1939.
45. С. А. Тайц и Н. Г. Беккер, *Техника безопасности в машиностроении*, Справочник, ОНТИ, 1935.
46. М. М. Томаров, *Техника безопасности при холодной штамповке листового металла*, Оборонгиз, 1950.
47. В. Е. Фаворский, *Холодная штамповка цветных металлов выдавливанием*, Машгиз, 1951.

48. Ф. М. Фаткин и С. Н. Черняк, Причина шероховатости на алюминиевых штампованных изделиях, ОНТИ, 1935, № 10.
49. Ф. М. Фаткин, Влияние структуры заготовки на качество готовых изделий при штамповке. «Вестник металлопромышленности», 1937, № 13.
50. Ф. М. Фаткин, Определение предельных коэффициентов переходов при вытяжке полых изделий, ч. I, «Машиностроитель», 1938, № 1, ч. II, «Вестник металлопромышленности», 1939, № 6.
51. Ф. М. Фаткин, Установление режима отжига алюминиевых изделий после штамповки, «Металлург», 1939, № 4—5.
52. Ф. М. Фаткин, Холодная штамповка цветных металлов и их сплавов, Metallurgizdat, 1941.
53. А. Я. Фрейдлин, Спутник штамповщика, Северный Кавказ, 1933.
54. В. Чертков, Технология металлов, ОНТИ, 1937.
55. А. К. Чертавских, Влияние смазки на физическое состояние поверхности, образующейся при обработке металлов давлением, Сборник экспериментальных данных по трению и смазке при обработке цветных металлов, Metallurgizdat, 1945.
56. Н. А. Шапошников, Механические испытания металлов, Машгиз, 1951.



Редактор Канд. техн. наук *Е. С. Шпичинецкий*

Редактор Издательства *О. М. Камаева*

Технический редактор *О. Г. Беккер* Корректор *Заржецкая Н. З.*

Сдано в производство 12/V — 1952 г.

Подписано в печать 10/X — 1952 г.

Уч. изд. л. 13,60

Зн. в п. л. 37 300

Бумага $84 \times 108^{1/32} = 4,43$ бум. л. $\approx 14,55$ печ. л.

T-07865

Тираж 7000

Заказ 1763

Цена 4 р. 90 к.

Типография Metallurgizdata, Москва, Цветной бульвар. 30