

В. П. РОМАНОВСКИЙ
Кандидат технических наук, доцент

СПРАВОЧНИК ПО ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКЕ

*ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ
ДОПОЛНЕННОЕ И ПЕРЕРАБОТАННОЕ*

6567



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ И СУДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1954 ЛЕНИНГРАД

Справочник дает в систематизированном виде руководящий и справочный материал по основным вопросам холодной штамповки: процессам, штампам и прессам.

Содержание справочника представляет обобщение производственного опыта и многочисленных литературных материалов по холодной штамповке.

Справочник предназначен для инженерно-технических работников: инженеров, технологов, конструкторов, работающих в области холодной штамповки, а также для студентов вузов и техникумов.

Рецензент канд. техн. наук доц. *А. Н. Малов*

Редактор инж. *И. Г. Космачев*

ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ МАШГИЗА

Редакция литературы по технологии машиностроения

Заведующий редакцией инж. *П. С. Никитин*

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ

Директивы XIX съезда Коммунистической партии Советского Союза поставили перед нашей промышленностью основную задачу — дальнейший рост и совершенствование социалистического производства на базе высшей техники, а именно:

1) дальнейшее увеличение выпуска машиностроительной и металлообрабатывающей промышленности;

2) создание новых машин при снижении их веса и улучшении качества;

3) всемерная экономия материальных, трудовых и денежных ресурсов;

4) широкое внедрение механизации и автоматизации производственных процессов;

5) значительное увеличение производства тяжелых кузнечно-прессовых машин и т. д.

Эти задачи дают новое освещение ряду производственно-технологических вопросов, как, например, экономии металла при холодной штамповке, механизации и автоматизации процессов штамповки не только с целью получения экономической эффективности, но и для облегчения труда рабочего.

Осуществление крутого подъема производства промышленных товаров широкого потребления, при улучшении их качества, требует дальнейшего развития и совершенствования методов холодной штамповки, применяемых для производства многочисленных изделий культурно-бытового и хозяйственного назначения.

Второе издание справочника по холодной штамповке выходит после значительной переработки и дополнения первого издания новыми материалами, отражающими передовой опыт, накопленный нашей промышленностью.

Переработка справочника выполнена с учетом отзывов, пожеланий и результатов обсуждения первого издания в широких кругах производителей и инженерно-технической общественности.

Во втором издании справочника введен новый раздел: «Основы разработки технологических процессов холодной штамповки», а также включен ряд новых глав: гл. VIII (разд. 1) — Штамповка неметаллических материалов; гл. I (разд. 2) — Технологичность штампованных деталей; гл. II (разд. 3) — Механизация и автоматизация процессов холодной штамповки.

Остальные главы справочника пересмотрены и дополнены новыми данными, а также вопросами, не рассмотренными в первом издании: 1) применение штамповки для сборки; 2) холодная пластическая сварка; 3) давящие и накатные работы; 4) вытяжка деталей сложной формы; 5) основы нормирования холодно-штамповочных работ; 6) точность холодно-штампованных деталей и др.

При переработке справочника автор считал необходимым сохранить известную преемственность в изложении содержания, поэтому основные производственно-технологические вопросы холодной штамповки, терминология, классификация, схемы и большинство иллюстраций сохранены прежними.

Некоторые материалы при переиздании сокращены. Так, например, исключены таблицы ОСТ на детали штампов, так как в настоящее время разрабатывается новый объединенный ГОСТ.

Теоретические вопросы изложены с использованием результатов исследований процессов холодной штамповки советскими учеными.

Однако, ввиду прикладного производственного назначения справочника теория пластических деформаций в нем не рассмотрена.

Ссылки на первоисточники, приводимые автором по всем разделам справочника, убедительно свидетельствуют о ведущей роли советских ученых и исследователей в вопросах теории и практики обработки металлов давлением и холодной штамповки.

Автор приносит глубокую благодарность лицам и организациям, приславшим личные или коллективные отзывы и замечания по первому изданию справочника, которые помогли учесть и полнее отразить запросы и пожелания инженерно-технических работников, пользующихся справочником.

Автор выражает просьбу и в дальнейшем сообщать свои отзывы и пожелания, равно как и указания об обнаруженных ошибках или неточностях, которые будут приняты с благодарностью.

Автор

ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- P — расчетное усилие штамповки (вырезки, гибки, вытяжки и т. д.) в кг
 S — толщина материала в мм
 $C = \frac{h_{\text{п}}}{S}$ — относительная глубина вдавливания вырезного (пробивного) пуансона
 S_1 — толщина материала после деформации (гибки, вытяжки) в мм
 $\alpha = \frac{S_1}{S}$ — коэффициент утонения материала
 ρ — радиус кривизны нейтрального слоя при гибке в мм
 $\rho_{\text{н}}$ — радиус кривизны слоя, нейтрального по напряжениям, в мм
 A — работа деформирования (вырезки, гибки, вытяжки и т. д.) в кгм
 N — мощность пресса в л. с.
 M — изгибающий момент в кгмм
 $\frac{W_{\text{пл}}}{BS^2}$ — момент сопротивления при пластическом изгибе
 $W = \frac{W_{\text{пл}}}{6}$ — момент сопротивления прямоугольного сечения
 I — момент инерции сечения в мм⁴
 σ_s (σ_{T}) — предел текучести в кг/мм²
 σ_b ($\sigma_{\text{пч}}$) — предел прочности в кг/мм²
 $\sigma_{\text{ср}}$ — сопротивление срезу в кг/мм²
 $\sigma_{\text{и}}$ — сопротивление изгибу в кг/мм²
 $\sigma_{\text{и, д}}$ — допускаемое напряжение на изгиб в кг/мм²
 $\delta, \delta_{\text{с}}, \delta_{10}$ — относительное удлинение в %
 ψ — относительное сужение в %
 ε_r и ε_R — деформация крайних волокон при гибке (выражена полным относительным удлинением)
 ψ_r и ψ_R — деформация крайних волокон при гибке (выражена через относительное сужение сечения)
 E — модуль упругости при растяжении в кг/мм²
 G — модуль упругости при кручении в кг/мм²
 H_B — твердость по Бригелю
 R_C и R_B — твердость по Роквеллу (шкала С и В)
 D — диаметр заготовки в мм
 m — коэффициент вытяжки
 $K = \frac{1}{m}$ — степень вытяжки
 Q — усилие прижима при вытяжке в кг
 q — удельное давление в кг/мм²
 μ — коэффициент трения
 $\varepsilon = 2,72$ — основание натуральных логарифмов

ВВЕДЕНИЕ

1. Характеристика и преимущества холодной штамповки

Холодная штамповка является самостоятельным видом механической обработки металлов, объединяющим ряд особых технологических процессов, производимых без снятия стружки.

Производственные процессы холодной штамповки характеризуются следующими признаками:

- 1) способом производства работ, представляющим обработку металлов давлением в холодном состоянии;
- 2) родом применяемого оборудования — прессами и автоматами различного типа, создающими рабочее давление, необходимое для деформации штампуемого материала;
- 3) видом применяемого инструмента — различного типа штампами, непосредственно деформирующими металл и выполняющими требуемую операцию;
- 4) родом обрабатываемого материала, состоящего, главным образом, из листовых, полосовых и ленточных металлов, а также листовых неметаллических (прокладочных и изоляционных) материалов.

При этом форма и размеры штампованных изделий довольно точно соответствуют форме и размерам рабочих частей штампа (пуансона и матрицы).

Холодная штамповка является одним из наиболее прогрессивных технологических методов производства и имеет ряд преимуществ перед другими видами обработки металлов как в техническом, так и в экономическом отношении.

В техническом отношении холодная штамповка позволяет:

- 1) выполнять сложные операции посредством простых ударов пресса и получать детали весьма сложных форм, изготовление которых другими методами обработки или невозможно или затруднительно;
- 2) получать взаимозаменяемые детали с достаточно высокой точностью размеров, преимущественно без последующей механической обработки;
- 3) создавать прочные и жесткие, но легкие по весу конструкции деталей при небольшом расходе материала.

В экономическом отношении холодная штамповка обладает следующими преимуществами:

- 1) экономным использованием материала и сравнительно небольшими отходами;
- 2) весьма высокой производительностью оборудования с применением механизации и автоматизации производственных процессов;
- 3) простотой работы на прессах и возможностью обслуживания их рабочими невысокой квалификации;

4) массовым выпуском и низкой стоимостью изготавливаемых изделий. Эффективное применение холодной штамповки может быть обеспечено лишь при комплексном решении технических вопросов подготовки производства, для чего необходимо:

- 1) создать рациональные и «технологичные» конструкции или формы деталей, допускающие экономичное изготовление их;
- 2) применять материал, обладающий необходимыми для данной деформации механическими и технологическими свойствами;
- 3) разработать и применять технически правильный и экономически целесообразный технологический процесс штамповки, обеспечивающий получение требуемых деталей и соответствующий масштабу производства;
- 4) разработать правильную конструкцию штампов и обеспечить качественное изготовление их для получения деталей требуемого качества и точности, а также для достижения высокой производительности, стойкости и безопасности в работе;
- 5) правильно выбрать и рационально использовать тип и мощность пресса;
- 6) правильно организовать рабочее место в соответствии с характером изделий и масштабом производства.

Разработка технологических процессов холодной штамповки и проектирование штампов неразрывно связаны между собой, хотя и могут выполняться разными лицами.

Технолог должен хорошо знать конструкцию штампов, а конструктор должен обладать основными технологическими знаниями по холодной штамповке.

2. Значение и направление развития холодной штамповки

В настоящее время холодная штамповка получила широкое применение почти во всех отраслях машиностроительной и металлообрабатывающей промышленности.

Удельный вес холодной штамповки в некоторых отраслях промышленности приведен в табл. 1.

Таблица 1

Удельный вес холодной штамповки

Наименование изделий	Удельный вес холодной штамповки в %		
	по весу	по количеству деталей	по трудоемкости
Автомобили легковые	50—70	60—75	25—30
Электрические машины	50—60	60—70	15—20
Изделия точной механики (пишущие машины и пр.) .	70—80	80—85	30—40
Предметы широкого потребления (керосинки и пр.) .	98—99	95—98	90—95

Наибольшее применение холодная штамповка получила в крупносерийном и массовом производстве, имеющих весьма большие масштабы выпуска и позволяющих применять технически более совершенные, хотя и более сложные и дорогие штампы.

Целый ряд предметов массового производства и широкого потребления изготавливается десятками и даже сотнями миллионов штук в год.

Современное развитие холодной штамповки направлено по пути:

1) расширения области применения холодной штамповки путем замены литых и кованных деталей штампованными или штампо-сварными, почти не требующими последующей обработки резанием;

2) улучшения существующих и создания новых технологических процессов штамповки;

3) широкого распространения холодной штамповки в мелкосерийном производстве благодаря применению упрощенных и универсальных штампов;

4) снижения расхода материала путем создания технологичных форм деталей, внедрения безотходного и малоотходного раскроя, использования отходов, повышения точности расчета размеров заготовок и т. п.;

5) повышения точности штампованных деталей (до 3—4-го класса точности по ГОСТ);

6) увеличения производительности путем механизации и автоматизации процессов штамповки;

7) применения штамповочных методов для сборки;

8) повышения стойкости штампов в крупносерийном и массовом производстве.

Расширение области применения холодной штамповки характеризуется увеличением габаритов штампуемых деталей до 6 м и более (лонжерон автомобиля и др.).

Толщина штампуемого материала непрерывно увеличивается; так, например, в холодном состоянии производятся: вырубка из материала толщиной до 25 мм, пробивка отверстий в материалах толщиной до 35 мм, вытяжка листового металла толщиной до 20 мм, холодная гибка материала толщиной до 100 мм.

Замена литых и кованных деталей холодноштампованными (из листа) дает следующие технико-экономические преимущества:

Снижение веса деталей	от 25 до 50 %
Уменьшение расхода металла	» 30 » 70 %
Снижение трудоемкости	» 50 » 80 %

Одновременно с этим обычно достигается увеличение прочности и жесткости деталей благодаря:

1) более высоким механическим свойствам исходного, в большинстве случаев холоднокатаного листового металла;

2) более целесообразному распределению металла по сечению штампованного профили;

3) применению штамповочных методов увеличения жесткости (штамповка ребер жесткости, отбортовка, загибка, закатка кромок и т. п.).

Следовательно, основным прогрессивным конструктивным показателем, характеризующим применение холодной штамповки, является снижение веса при увеличении прочности и жесткости штампованных из листа деталей по сравнению с литыми, коваными или обработанными из сортового проката.

Основным прогрессивным технологическим фактором, сопровождающим дальнейшее развитие холодной штамповки, является стремление получить штамповкой полностью законченную деталь, не требующую дальнейшей обработки резанием.

Прогрессивность тех или иных технологических методов неразрывно связана с серийностью и конкретными условиями данного производства, а следовательно, является не столько технологическим, сколько организационно-техническим понятием.

Производственно-технологические методы, являющиеся прогрессивными в мелкосерийном производстве, в большинстве случаев оказываются непрогрессивными и нецелесообразными в условиях крупносерийного и массового производства и наоборот.

Этим объясняются различие производственных методов и различные пути развития холодной штамповки в массовом и мелкосерийном производстве.

В крупносерийном и массовом производстве развитие холодной штамповки направлено по пути:

- 1) применения сложных совмещенно-комбинированных штампов;
- 2) применения многооперационной последовательной штамповки в ленте;
- 3) механизации и автоматизации процессов штамповки;
- 4) создания быстроходных автоматических прессов и специальных автоматов;
- 5) совершенствования и развития методов, дающих повышенную точность и производительность и заменяющих обработку металлов резанием (зачистка в штампах, калибровка, объемная штамповка, холодное выдавливание);
- 6) применения профилирования лент и полос на профилировочных станках или гибочных прессах;
- 7) повышения стойкости штампов путем применения износостойчивых марок стали, твердых сплавов, механических и химико-термических способов упрочнения.

В мелкосерийном производстве холодная штамповка развивается путем применения:

- 1) универсальных и дешевых упрощенных штампов (пластинчатые, листовые-пинцетные, литые свинцово-цинковые, неметаллические);
- 2) новых технологических методов (штамповка резиной, гидравлическая штамповка, обтяжка на специальных прессах и др.).

Благодаря высокой производительности прессов и сравнительно низкой трудоемкости штамповочных работ, типовые признаки и само понятие серийности и массовости в холодноштамповочном производстве несколько иные, чем при обработке металлов резанием.

Типовые признаки, характеризующие различную серийность штамповочного производства, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристика серийности штамповочного производства

Типовые признаки	Типы производства		
	Поточно-массовое	Крупносерийное	Серийное и мелко-серийное
Типы прессов	Специальные прессы и штамповочные автоматы	Быстроходные механизированные прессы	Простые универсальные прессы
Типы штампов	Комбинированные (многооперационные)	Комбинированные и простые (раздельные)	Простые, универсальные и упрощенные (пластинчатые и т. п.)
Степень механизации работ	Автоматическая подача полос и штучных заготовок, механизированная подача крупных листов и заготовок	Автоматическая подача полос, полуавтоматическая (механизированная) подача штучных заготовок, ручная подача крупных листов и заготовок	Ручная подача листов, полос и штучных заготовок
Размеры партии	Непрерывное производство	Крупные партии	Мелкие и весьма мелкие партии
Коэффициент серийности (количество операций, закрепленных за прессом)	1—2	2—10	10—30 и выше 30

Количественные показатели серийности в холодноштамповочном производстве отличаются от показателей, существующих в механической обработке, так как благодаря быстроходности и большой производительности прессов возникают совершенно иные условия для организации поточного производства.

Эти показатели зависят от размеров и сложности штампуемых деталей, так как разный характер, размеры и вес заготовок требуют различного обслуживания прессов и способа подачи заготовок, а также неодинакового времени на перестановку штампов.

Таблица 3

Ориентировочная характеристика серийности холодноштамповочного производства

Размеры штампуемых деталей в мм	Мелкосерийное	Серийное	Крупносерийное	Поточно-массовое
	Годовой выпуск в тыс. штук			
Крупные (250—1000) . . .	До 10	10—50	50—500	Свыше 500
Средние (50—250)	„ 50	50—500	500—2000	„ 2000
Мелкие (до 50)	„ 100	100—1000	1000—10 000	„ 10 000

Сложность и длительность установки крупных и громоздких штампов и наладки тяжелых прессов допускают в ряде случаев закрепление их за отдельными операциями даже при неполной загрузке, что недопустимо для легких прессов и небольших штампов.

Ориентировочная количественная характеристика различной серийности холодноштамповочного производства, полученная на основании средней производительности оборудования и принятого коэффициента серийности, при односменной работе, приведена в табл. 3.

Данные табл. 3 являются приблизительными, так как на показатели серийности производства, кроме размеров деталей, имеют влияние и другие технические признаки, как-то: толщина, технологическая сложность, степень точности и др.

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

ПРОЦЕССЫ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ

Глава I

КЛАССИФИКАЦИЯ И ТЕРМИНОЛОГИЯ ОСНОВНЫХ ПРОЦЕССОВ И ОПЕРАЦИЙ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ

1. Классификация основных процессов и операций

Большое количество разнообразных операций холодной штамповки может быть систематизировано и классифицировано по следующим признакам:

- 1) по общему характеру деформаций;
- 2) по отдельным видам деформаций;
- 3) по отдельным типам операций.

По общему характеру деформаций холодная штамповка расчленяется на две основные группы:

- 1) деформации с местным разрушением материала;
- 2) пластические деформации.

Первая группа подразумевает деформации, доведенные до местного разрушения материала путем среза. В нее входят операции, основанные на разделении материала и отделении одной его части от другой.

Группа пластических деформаций холодной штамповки разделяется на две подгруппы:

- а) изменение формы гнутых и полых деталей, основанное, главным образом, на изменении формы поверхности заготовки;
- б) изменение формы объемных деталей посредством перераспределения и заданного перемещения объема металла.¹

Всего имеется пять основных видов деформаций холодной штамповки:

1. Резка — отделение одной части материала от другой по замкнутому или незамкнутому контуру.
2. Гибка — превращение плоской заготовки в изогнутую деталь или дальнейшее изменение ее формы.
3. Вытяжка — превращение плоской заготовки в полую деталь любой формы или дальнейшее изменение ее размеров.
4. Формовка — изменение формы детали или заготовки путем местных деформаций различного характера.

5. Объемная штамповка или прессование — изменение профиля, конфигурации или толщины заготовки путем перераспределения объема и заданного перемещения массы материала.

Кроме приведенных основных видов деформаций, имеется многочисленная группа комбинированной штамповки, одновременно сочетающая две или несколько из указанных деформаций и отдельных операций, а также группа сборочно-штамповочных операций, основанных на применении деформаций гибки, формовки или объемной штамповки.

¹ Эти определения несколько условны, так как деформации первой подгруппы также сопровождаются перемещением материала. *Прим. автора.*

Каждый из основных видов деформаций холодной штамповки в свою очередь подразделяется на ряд отдельных операций, характеризующихся особенностью и назначением производимой работы, а также типом штампа.

На фиг. 1 представлена классификация основных процессов и операций холодной штамповки, иллюстрированная примерами схематического изображения операций.

Операции комбинированной штамповки, вследствие большого разнообразия и многочисленности классифицированы отдельно от основных операций холодной штамповки

Комбинированная штамповка представляет совмещение в одном штампе двух или нескольких технологически различных операций штамповки.

По технологическому признаку комбинированные операции могут быть разделены на три группы:

1) комбинированные операции резки, совмещающие различные виды режущих операций (вырезка, пробивка, отрезка).

2) комбинированные операции изменения формы, совмещающие различные виды формоизменяющих операций (вытяжка, рельефная формовка, гибка, отбортовка и пр.);

3) комбинированные операции резки и изменения формы, совмещающие операции резки с формоизменяющими операциями (вырезка — гибка, вырезка — вытяжка, вырезка — формовка и т. п.);

По способу совмещения операций комбинированная штамповка разделяется на три группы:

- 1) совмещенную;
- 2) последовательную;
- 3) совмещенно-последовательную.

Совмещенная штамповка одновременно выполняет несколько различных операций за один ход пресса и за одну установку заготовки в штампе.

Последовательная штамповка выполняет несколько различных операций последовательно, отдельными пуансонами за несколько ходов пресса, при перемещении заготовки между ними и получении готовой детали за каждый ход пресса.

Совмещенно-последовательная штамповка выполняет несколько различных операций путем сочетания в одном штампе совмещенной и последовательной штамповки.

Так как возможно большое количество различных сочетаний и соединений отдельных совмещаемых операций, то практически осуществимо большое количество разнообразных типов комбинированной штамповки и штампов, полностью классифицировать которые не представляется возможным. Поэтому здесь классифицированы лишь наиболее распространенные операции комбинированной штамповки.

Классификация их произведена по виду основной деформации и типу штампуемых деталей, как-то:

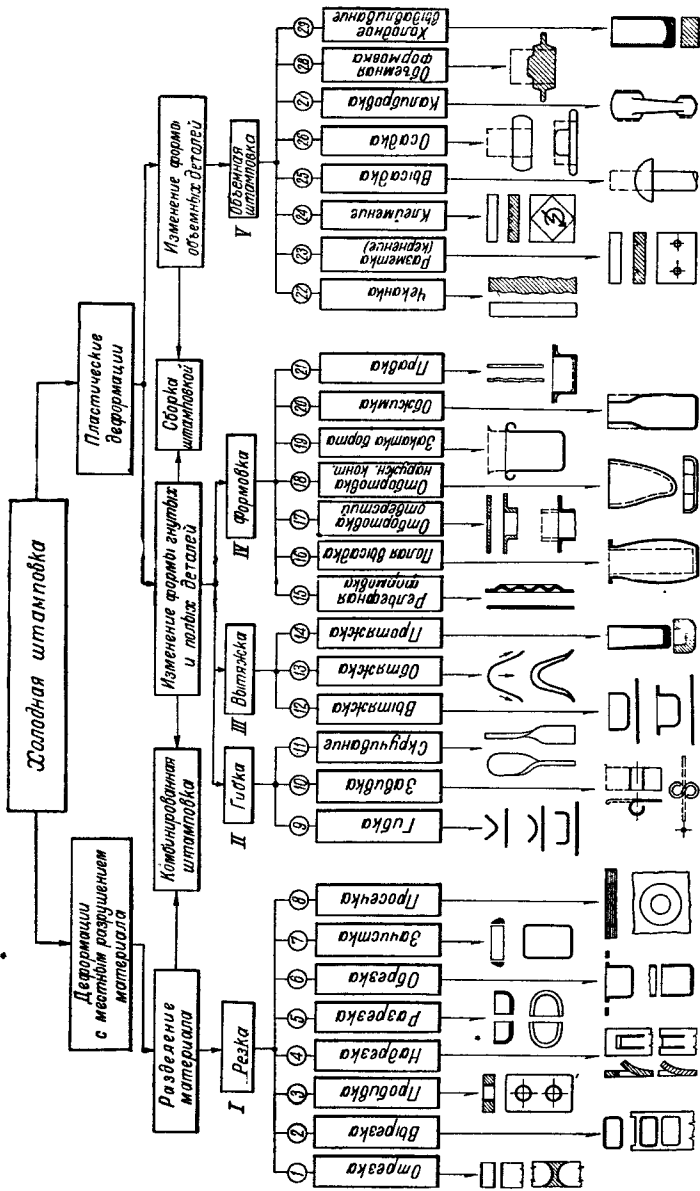
- 1) плоских, изготавливаемых резкой;
- 2) гнутых, изготавливаемых резкой и гибкой;
- 3) полых, изготавливаемых резкой и вытяжкой или формовкой.

На фиг. 2 представлена классификация основных типов операций совмещенной комбинированной штамповки, а на фиг. 3 — классификация основных типов операций последовательной комбинированной штамповки с примерами схематического изображения операций

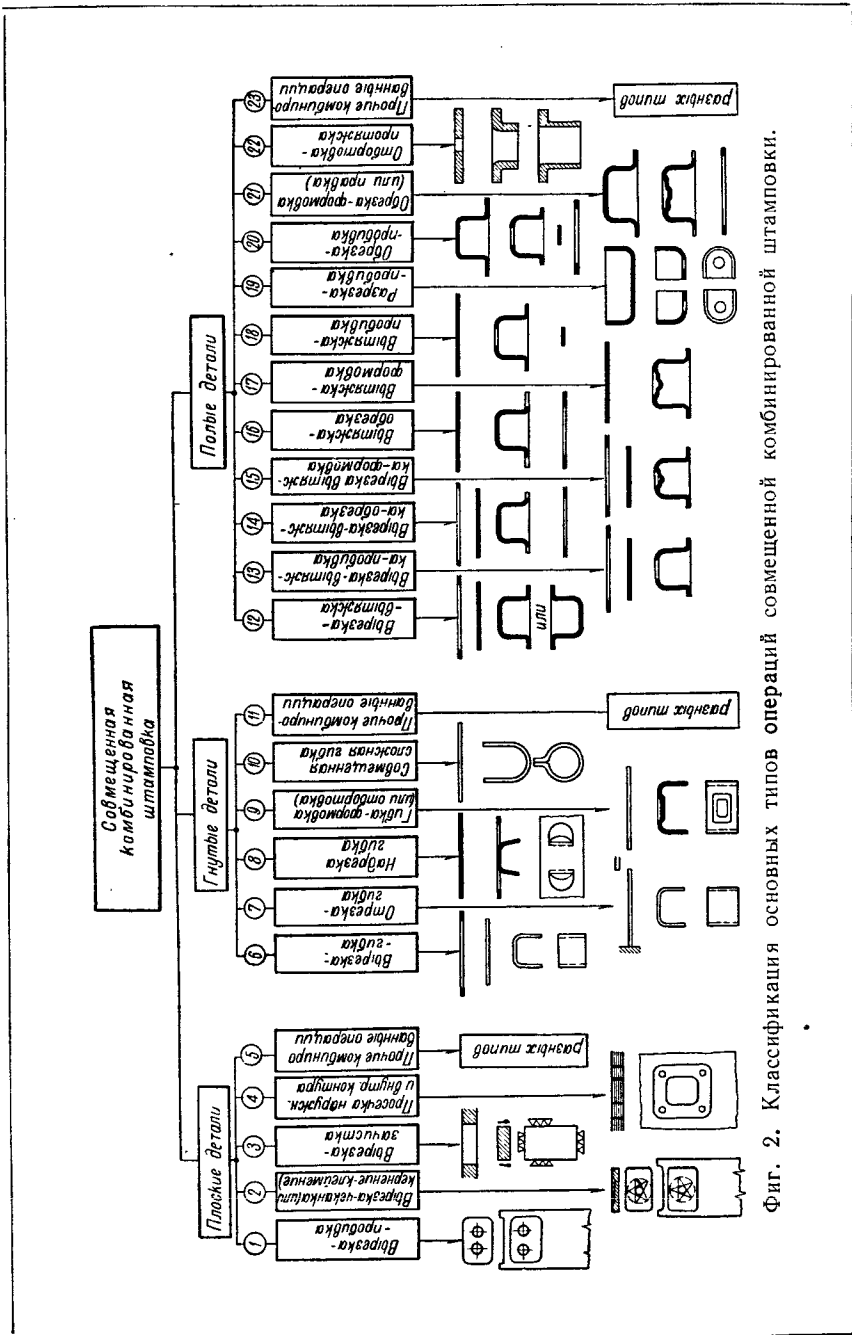
Кроме приведенных в классификации основных типов комбинированных операций, применяются и более сложные, совмещающие большее количество отдельных операций, а также последовательно-совмещенные операции.

На фиг. 4 представлена классификация основных операций сборки деталей методами штамповки.

Некоторые из них (отбортовка, соединение замком, обжимка) могут быть выполнены также давяльно-накатными методами.

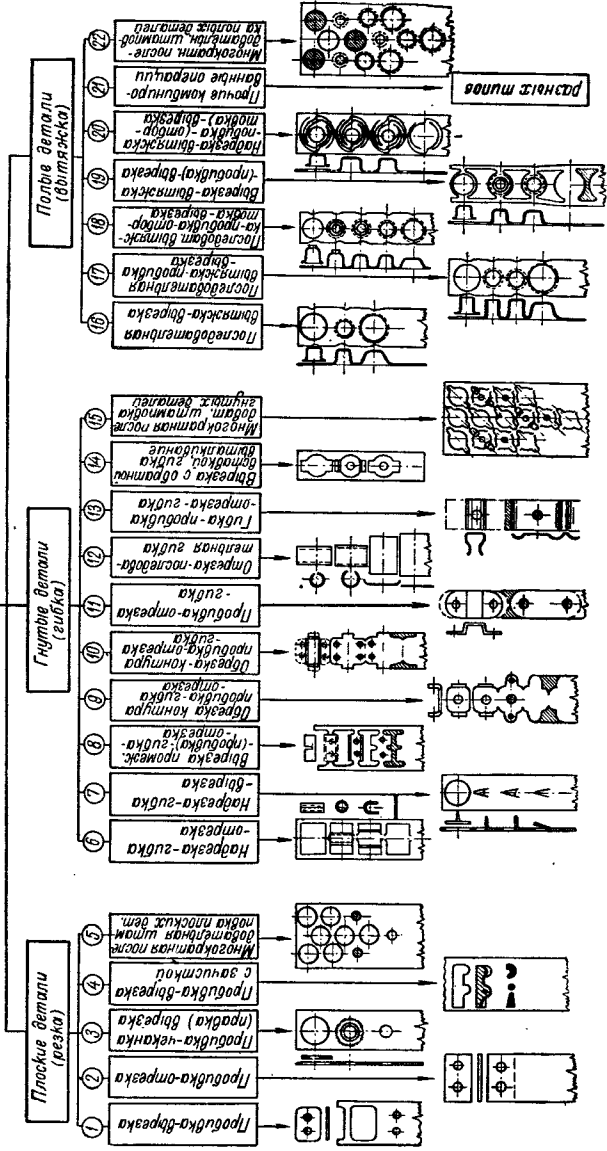


Фиг. 1. Классификация основных процессов и операций холодной штамповки.



6567

Последовательная комбинированная штамповка



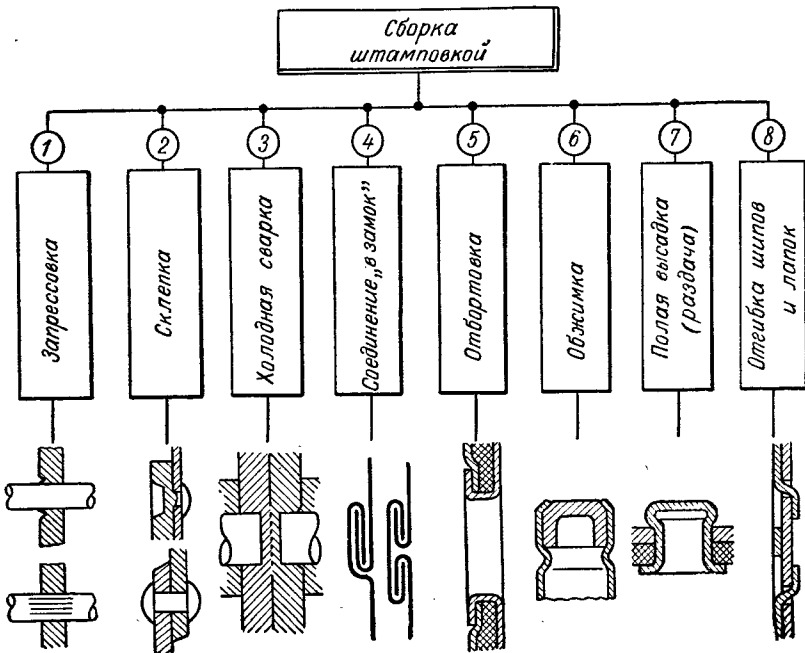
Фиг. 3. Классификация основных типов операций последовательной комбинированной штамповки.

2. Терминология и характеристика основных операций

В табл. 4 приведены терминология и характеристика основных операций холодной штамповки.

Кроме штамповочных операций в холодной штамповке применяются заготовительные, жестяно-медницкие, давяльно-накатные, вспомогательные и отделочные операции.

К заготовительным операциям относятся: 1) правка листов и полос на листопрямильных машинах и правильных валках; 2) резка листов на полосы или штучные заготовки; 3) зачистка заусенцев на заготовках.



Фиг. 4. Классификация основных типов штамповочно-сборочных операций.

К жестяно-медницким и давяльно-накатным операциям относятся: 1) загибка кромок и фальцев; 2) гибка профилированных деталей на универсально-гибочных машинах; 3) гибка цилиндрических и конических деталей на вальцах; 4) фальцовочные работы; 5) огибка бортов; 6) обрезка и закатка бортов и кромок; 7) накатка буртиков, гофрированных труб и соединительной резьбы; 8) правка и выдавливание рельефа; 9) ручная клепка; 10) пайка и лужение; 11) трубогибочные работы и т. д.



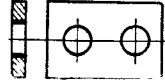





К вспомогательным операциям относятся: 1) смазка заготовок; 2) обезжиривание; 3) отжиг для снятия наклепа и восстановления пластичности; 4) травление, нейтрализация и промывка; 5) обкатка деталей в барабане и пр.


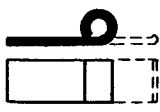
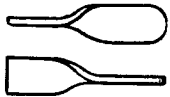


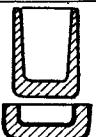

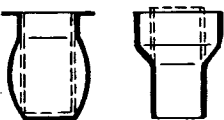

К отделочным операциям относятся: 1) полирование; 2) лакировка; 3) окрашивание; 4) воронение и оксидирование; 5) металлизация; 6) декоративные и противокоррозионные покрытия (оцинкование, омеднение, оловянирование, никелирование, хромирование, кадмирование и т. п.).

Обычно вспомогательные и отделочные операции производятся в специальных цехах, а заготовительные и жестяно-медницкие работы — или в соответствующих цехах или на особых участках.




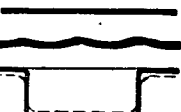

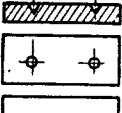
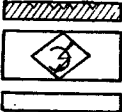
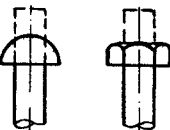
Таблица 4

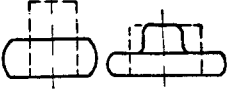
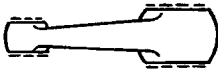
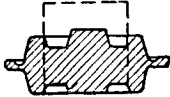

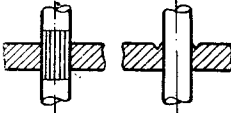
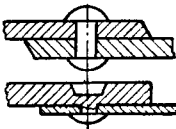
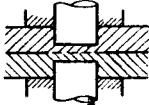

Терминология и характеристика основных операций холодной штамповки

Деформация	№ операций по схеме классификации	Наименование операций	Схемы операций	Определения и характеристики операций
I. Резка	1	Отрезка		Отделение материала от заготовки по незамкнутому контуру
	2	Вырезка (вырубка)		Получение плоских деталей (изделий) путем отделения материала от заготовки по замкнутому контуру
	3	Пробивка отверстий		Получение отверстий путем отделения материала внутри деталей по замкнутому контуру
	4	Надрезка		Частичное отделение материала по незамкнутому контуру без удаления отделяемой части
	5	Разрезка		Разделение плоских, гнутых или полых заготовок на две или несколько отдельных деталей
	6	Обрезка		Отделение неровного края или излишков материала снаружи плоских, полых или объемно-сплошных деталей
	7	Зачистка		Получение точных размеров, острых кромок и гладкой перпендикулярной поверхности среза по контуру плоских деталей путем снятия особо предусмотренных припусков материала
	8	Просечка		Разделение листовых неметаллических материалов главным образом по замкнутому наружному или внутреннему контуру

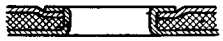

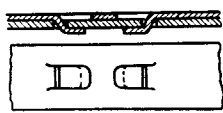
Деформация	№ операций по схеме классификации	Наименование операций	Схемы операций	Определения и характеристики операций
II. Гибка	9	Гибка		Превращение плоской заготовки в изогнутую деталь или дальнейшее изменение ее формы (профиля)
	10	Завивка (закатка)		Превращение плоской формы краев заготовки в закругленную путем плавного закругления по радиусу
	11	Скручивание		Превращение плоской заготовки в криволинейную деталь путем поворота одной части относительно другой
III. Вытяжка	12	Вытяжка		Превращение плоской заготовки в полую деталь любой формы, или дальнейшее изменение ее формы и размеров без обусловленного изменения толщины материала
	13	Обтяжка		Превращение плоской заготовки в полую деталь криволинейной формы путем растяжения материала и обтягивания им шаблона
	14	Протяжка		Изменение размеров полой заготовки за счет уменьшения поперечного сечения (уменьшения диаметра и толщины стенок)
IV. Формовка	15	Рельефная формовка		Изменение формы заготовки с образованием местных выпуклостей и углублений путем местного растяжения материала
	16	Полая высадка		Расширение пустотелых деталей или заготовок за счет растяжения материала изнутри в радиальном направлении
	17	Отбортовка отверстий		Образование бортов вокруг предварительно пробитых отверстий или по краю полых деталей за счет растяжения материала

Продолжение табл. 4

Деформация	№ операций по схеме классификации	Наименование операций	Схемы операций	Определения и характеристики операций
IV. Формовка	18	Отбортовка наружного контура		Образование невысоких бортов по наружному криволинейному краю заготовок, главным образом, за счет сжатия материала
	19	Закатка борта		Образование кольцевого закругления по краю полых деталей путем криволинейного изгиба борта по радиусу
	20	Обжимка		Сужение концевой части полых или объемных деталей путем обжатия материала снаружи и уменьшения диаметра
	21	Правка а) плоская б) пространственная		а) Выпрямление неровной поверхности или кривизны деталей или заготовок б) Придание правильной формы предварительно согнутым или вытнутым деталям
V. Объемная штамповка	22	Чеканка		Образование выпуклого-вогнутого рельефа на поверхности деталей при изменении их толщины за счет текучести материала
	23	Разметка (кернение)		Нанесение центровых углублений на поверхности деталей путем вдавливания разметочных кернов для последующего сверления отверстий
	24	Клеймение		Образование неглубокого вогнутого рельефного изображения или знака на поверхности деталей за счет местного вытеснения металла
	25	Высадка		Образование местных утолщений требуемой формы путем перераспределения и перемещения объема металла

Деформация	№ операций по схеме классификации	Наименование операций	Схемы операций	Определения и характеристики операций
V. Объемная штамповка	26	Осадка		Уменьшение высоты заготовки за счет перераспределения объема металла и свободного перемещения его в стороны
	27	Калибровка		Получение точных размеров и гладкой поверхности объемных деталей путем обжатия заготовок до требуемых пределов
	28	Объемная формовка		Изготовление объемно-сплошных деталей путем перераспределения объема металла и заполнения им фигурной полости штампов
	29	Холодное (ударное) выдавливание		Превращение толстой заготовки в полую тонкостенную деталь или заготовку меньшего поперечного сечения путем пластического истечения металла в зазор между пуансоном и матрицей
VI. Сборка в штампах	—	Запрессовка		Соединение двух деталей путем прессовой посадки или последующего деформирования одной или обеих соединяемых деталей
	—	Склепка		Соединение двух или нескольких листов или деталей отдельно изготовленными или выдавленными из склепываемого материала заклепками
	—	Холодная пластическая сварка		Соединение двух листов или деталей вследствие их сращивания (сварки) с образованием кристаллического сцепления в результате вдавливания пуансонов
	—	Соединение „в замок“ (фальцовка)		Соединение двух листов или деталей путем загибки кромок „в замок“

Продолжение табл. 4.

Деформация	№ операций по схеме классификации	Наименование операций	Схемы операций	Определения и характеристики операций
VI. Сборка в штампах	—	Отбортовка		Соединение двух или нескольких деталей путем загибки борта
	—	Обжимка и раздача		Соединение двух деталей путем обжимки наружной или раздачи внутренней детали
	—	Отгибка шипов и лапок		Соединение двух деталей посредством шипов или лапок, вставленных в щлицы другой детали и отогнутых
VII. Комбинированная штамповка	—	Совмещенная комбинированная штамповка	См. фиг. 2	Производство двух или нескольких различных операций путем одновременного выполнения их за один ход прессы с одной установки заготовки
	—	Последовательная комбинированная штамповка	См. фиг. 3	Производство двух или нескольких различных операций путем последовательного выполнения их отдельными пуансонами за несколько ходов прессы с перемещением заготовки между ними, причем за каждый ход прессы получается готовая деталь
	—	Последовательно-совмещенная комбинированная штамповка		Выполнение нескольких операций путем объединения последовательной и совмещенной штамповки

Примечание. Классификация (фиг. 1) и терминология (табл. 4) основных операций холодной штамповки содержат некоторые неизбежные условности в определении и группировке отдельных операций.

3. Резка листового металла ножницами

Листовые материалы для холодной штамповки в большинстве случаев предварительно разрезают на полосы или заготовки необходимых размеров. Резка полос является заготовительной операцией и производится на рычажных, гильотинных, дисковых (роликовых) или вибрационных ножницах, а также на специальных отрезных штампах.

Различные способы резки и типы режущих инструментов приведены в табл. 5.

Процесс резки листового материала ножницами (фиг. 5) состоит из трех последовательных стадий:

1) упругой, когда деформации находятся в области упругих деформаций, а напряжения в металле не превосходят предела упругости;

2) пластической — деформации являются остаточными, а напряжения в металле превышают предел текучести и постепенно возрастают, пока не достигнут максимума, соответствующего сопротивлению металла срезу (сдвигу). Наибольшие деформации сдвига направлены по линиям (поверхностям) скольжения, начинающимся у острия режущих кромок ножей.

Фиг. 5. Схема процесса резания листа ножницами.

Во время второй стадии ножи вдавливаются в металл на 0,2—0,5 его толщины в зависимости от твердости и пластичности;

3) стадии разрушения (скалывания), при которой происходит образование микро-, а затем макротрещин, направленных по поверхностям скольжения и вызывающих отделение одной части материала от другой.

На срезающей кромке листа четко выделяются две зоны: узкая блестящая полоска, соответствующая пластической стадии, и более широкая матовая полоска скалывания. Как видно из схемы действующих сил (фиг. 5), перерезывающие силы P_1 образуют пару с моментом $M = P_1 a$, где a — плечо между точками приложения равнодействующих, равное примерно (1,5—2) z .

Под действием опрокидывающего момента материал стремится повернуться, занять наклонное положение, заклинить между ножами и создает боковое распирающее усилие.

Величина бокового распирающего усилия при резке с прижимом составляет [227]:¹

$$T = (0,1 - 0,2) P' \text{ кг,}$$

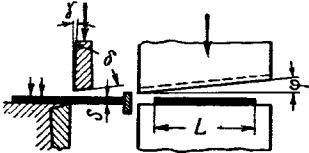
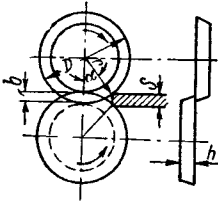
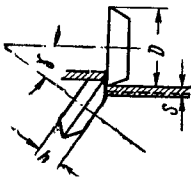
где P — наибольшее усилие резания в кг.

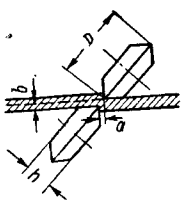
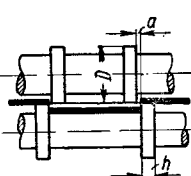
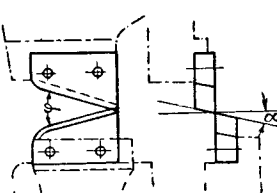
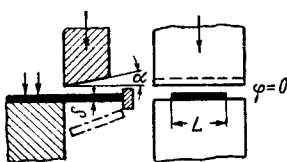
Для предотвращения поворота металла применяют прижимные устройства.

¹ Здесь и в дальнейшем цифры в квадратных скобках указывают на номер источника в перечне литературы.

Таблица 5

Различные способы резки листовых материалов

Тип ножниц	Схема	Рабочие элементы режущих инструментов	Основное применение
Гильотинные и рычажные		<p>Угол створа: для гильотинных ножниц $\varphi = 2 - 6^\circ$; для рычажных ножниц $\varphi = 7 - 12^\circ$ Угол резания $\delta = 75 - 85^\circ$ Задний угол $\gamma = 2 - 3^\circ$ Для упрощения заточки ножей допускается $\delta = 90^\circ$ и $\gamma = 0$ Зазор между ножами от 0,05 до 0,2 мм</p>	<p>Резка листовых материалов на полосы или штучные заготовки. Толщина разрезаемого материала до 40 мм (в зависимости от типа ножниц)</p>
Дисковые (с параллельными осями)		<p>Угол захвата $\alpha < 14^\circ$ Заход ножей $b = (0,2 - 0,3) S$ Размеры ножей (дисков): для толстых материалов ($S > 10$ мм): $D = (25 - 30) S$; $h = 50 - 90$ мм для тонких материалов ($S < 3$ мм): $D = (35 - 50) S$; $h = 20 - 25$ мм</p>	<p>Резка листов на полосы, а также резка круглых (дисковых) заготовок с выходом на край листа. Толщина разрезаемого материала до 30 мм (разные типы ножниц)</p>
Дисковые (с наклонным нижним ножом)		<p>Угол наклона $\gamma = 30 - 40^\circ$ Размеры ножей (дисков): для толстых материалов ($S > 10$ мм): $D = 20S$; $h = 50 - 80$ мм для тонких материалов ($S < 3$ мм): $D = 28S$; $h = 15 - 20$ мм</p>	<p>Резка полос и круглых дисковых и кольцевых заготовок. Толщина разрезаемого материала до 30 мм (разные типы ножниц)</p>

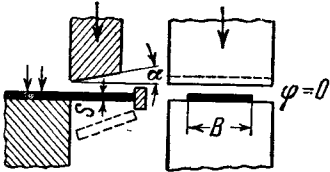
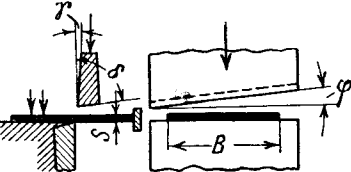
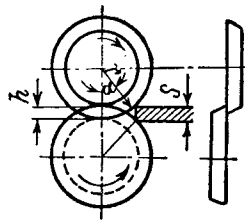
Тип ножиц	Схема	Рабочие элементы режущих инструментов	Основное применение
Дисковые (с наклонными ножами)		<p>Зазор $a \leq 0,2S$ Зазор $b \leq 0,3S$ Размеры ножей (дисков): для толстых материалов ($S > 10$ мм): $D = 12S$; $h = 40-60$ мм для тонких материалов ($S < 5$ мм): $D = 20S$; $h = 10-15$ мм</p>	<p>Резка круглых, дисковых, кольцевых и криволинейных заготовок с малым радиусом Криволинейная поверхность задней режущей грани обеспечивает свободный поворот материала. Толщина материала до 20 мм</p>
Многодисковые (с параллельными осями)		<p>Угол резания 90° Размеры ножей: $D = 40-125S$; $h = 15-30$ мм Перекрытие $b = \text{от } -0,5S \text{ до } +0,5S$ Зазор $a = 0,1-0,2S$</p>	<p>Для одновременимой резки нескольких полос, а также для обрезки полос и ленты по ширине. Толщина материала до 10 мм (разные типы ножиц)</p>
Вибрационные		<p>Число ходов 2000-2500 в минуту Ход ножа 2-3 мм Передний угол $\alpha = 6-7^\circ$ Угол створа $\varphi = 24-30^\circ$</p>	<p>Резка криволинейных заготовок по разметке или шаблонам с малым радиусом (до $r = 15$ мм)</p>
Отрезные штампы		<p>Передний угол $\alpha = 2-3^\circ$ Угол створа $\varphi = 0$</p>	<p>Резка полос на штучные заготовки</p>

4. Определение усилий резания ножницами

В технической литературе существует ряд приближенных и эмпирических формул для определения усилия резания ножницами, дающих расхождения друг с другом. В табл. 6 приведены наиболее распространенные формулы для расчета усилий резания [74], [227].

Таблица 6

Формулы для определения усилий резания ножницами

Способ резки	Схема	Усилие резания в кг
<p>Резка параллельными ножницами</p>		$P = L \cdot S \cdot \sigma_{ср}$
<p>Резка гильотинными ножницами</p>		$1) P = \frac{0,5S^2 \sigma_{ср}}{\operatorname{tg} \varphi}$ $2) P = k \frac{S^2}{\operatorname{tg} \varphi} \cdot u$
<p>Резка дисковыми ножницами</p>		$P = k \frac{S^2}{2 \operatorname{tg} \alpha} \cdot u$

Принятые обозначения: ¹

L — длина реза в мм;

φ — угол створа ножиц в градусах;

u — удельная работа резания в кгмм/мм³ (для стали 10—20 $u \cong 10$; для меди $u \cong 6$; для дуралюмина $u \cong 1,5$);

k — коэффициент, равный 1,2 — для толстых и 1,8 — для тонких материалов;

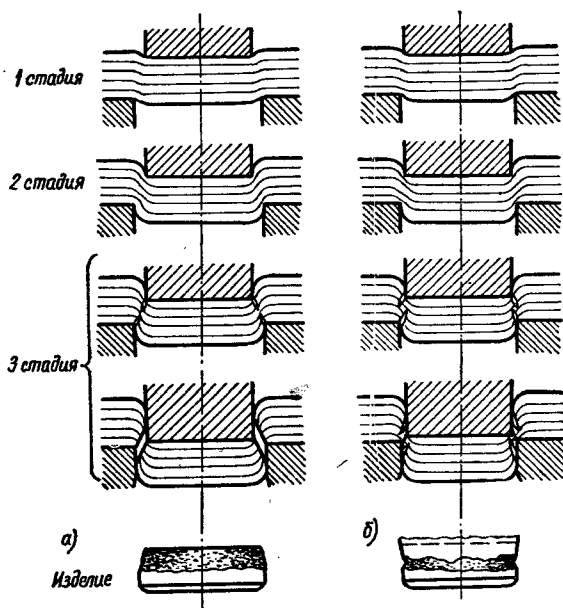
α — угол захвата роликовых ножиц в градусах.

Учитывая наличие изгиба при резке, а также неравномерность толщины материала и притупление ножей, расчетное усилие обычно увеличивают на 20—30% и полное усилие резания принимают равным $P_p = 1,3P$, для чего в формулах вместо σ_{cp} может быть принята величина $\sigma_b \cong 1,3\sigma_{cp}$.

5. Резка листового металла штампами

Процесс резания штампами при вырезке (вырубке), пробивке и других операциях аналогичен процессу резания ножницами.

В данном случае пуансон и матрица являются как бы ножами замкнутой конфигурации, имеющими сопряженные режущие кромки.



Фиг. 6. Последовательность процесса вырезки-пробивки:

а — при нормальном зазоре; б — при малом зазоре.

Последовательность процесса вырезки или пробивки показана на фиг. 6, а.

Процесс резания штампами также состоит из трех стадий:

1) стадии упругих деформаций, во время которой происходят упругое сжатие и изгиб металла с легким выдавливанием его в отверстие матрицы. При этом напряжения в металле не превосходят предела упругости;

2) стадии пластических деформаций, в течение которой происходят вдавливание пуансона в металл и выдавливание его в отверстие матрицы

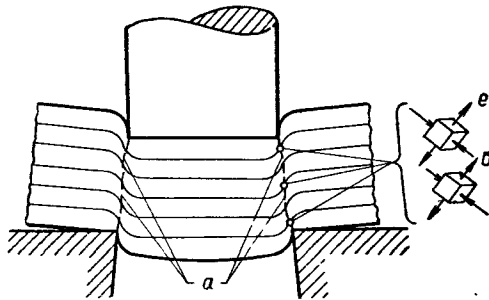
¹ Остальные обозначения см. Принятые обозначения, стр. 5.

с сильными изгибом и растяжением волокон. К концу этой стадии напряжения вблизи режущих кромок достигают максимальной величины, соответствующей сопротивлению металла срезу (сдвигу);

3) стадии скалывания, в течение которой происходит возникновение сначала микро-, а затем макротрещин, образующихся у режущих кромок пуансона и матрицы, направленных по линиям наибольших деформаций сдвига (поверхностям скольжения).

Скалывающие трещины зарождаются у режущих кромок пуансона и матрицы, быстро распространяются на внутренние слои металла и вызывают отделение вырезаемой детали.

При дальнейшем движении пуансон проталкивает вырезанную деталь через рабочую шейку матрицы.



Фиг. 7. Схемы напряженно-деформированного состояния при вырезке (σ — напряжения, ϵ — деформации).

В случае нормального зазора между пуансоном и матрицей поверхности сдвига и скалывающие трещины, возникающие у режущих кромок пуансона, совпадают с поверхностями сдвига и трещинами, возникшими у режущих кромок матрицы, и образуют общую поверхность среза (скола).

На фиг. 6, а (внизу) изображена деталь, вырезанная без заусенцев.

При малой величине зазора (фиг. 6, б) скалывающие трещины не совпадают и образуют перемычку, которая перерезается между режущими кромками и образует на детали протянутый заусенец.

В случае очень большого зазора на поверхности детали образуются рваные заусенцы от затягивания и обрыва металла в зазоре.

При вырубке деталей небольших размеров (типа гаек и т. п.) из толстого материала ($S > 8$ мм) нормальные зазоры, обеспечивающие совпадение скалывающих трещин, настолько велики, что деталь получается конической формы. При уменьшении величины зазора образуется некачественная боковая поверхность с двойным срезом (фиг. 6, в).

В этом случае, для получения гладкой поверхности среза, рекомендуется применять уменьшенную величину зазора и матрицу с притупленными режущими кромками и небольшим обратным конусом. Матрица должна быть запрессована в обжиму.

На фиг. 7 изображены схемы напряженно-деформированного состояния, возникающего по линиям скольжения между режущими кромками пуансона и матрицы. Они указывают на наличие деформаций сдвига, так как нолокна (зерна) металла, расположенные в этом месте примерно под углом 45° , подвергаются растяжению и вытягиваются, а в перпендикулярном направлении подвергаются сильному сжатию и укорачиваются. Величина деформаций и напряжений в тангенциальном направлении невелика и может быть принята равной нулю.

Пунктирными линиями a показано направление наибольших деформаций сдвига или так называемые линии скольжения.

Таким образом, скалывающие трещины представляют собой совокупность сдвигов и обрывов в наиболее деформированных зернах металла.

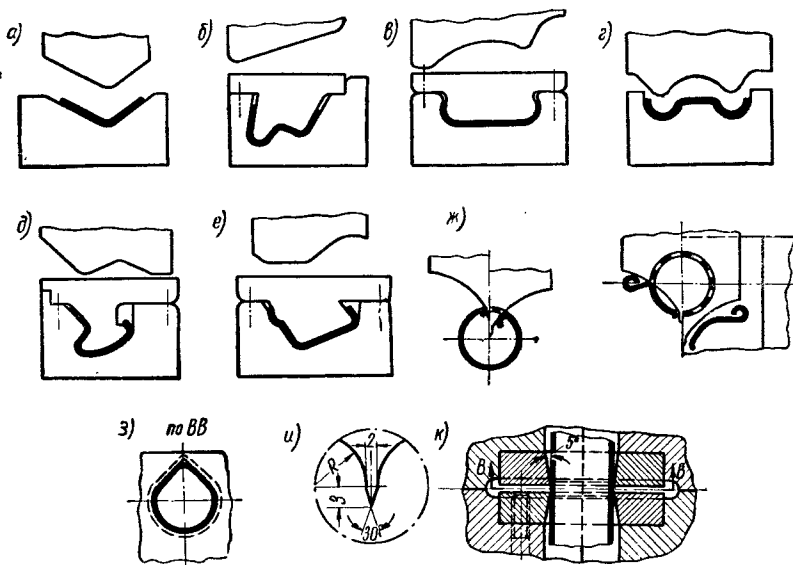
Это подтверждается металлографическими исследованиями макро- и микроструктуры, которые показывают, что металл в зоне резания претерпевает значительные структурные изменения, выражающиеся в появлении текстуры с изгибом и растяжением волокон, измельчении и растяжении зерен металла, при одновременном изменении механических свойств (повышении твердости и хрупкости).

Иначе говоря, металл вблизи кромки среза получает наклеп.

Глубина наклепанного слоя зависит от толщины материала, его свойств и первоначальной структуры, а также от величины зазора и качества режущих кромок.

Глубина наклепанного слоя для мягкой стали (Ст. 2) обычно не превышает $0,35S$ для тонких (до 10 мм) и $0,2S$ для толстых (свыше 10 мм) листов.

В ряде случаев встречается необходимость резки в штампах профилированного материала (фиг. 8) [55].



Фиг. 8. Резка профилированного материала штампами.

Простые профили (фиг. 8, а) могут отрезаться односторонней резкой (без отхода). Сложные профили (фиг. 8, б—е) обычно отрезаются двусторонней резкой (с отходом).

Во избежание искажения профиля при резке он или прижимается к матрице прижимом, или удерживается между нижней и верхней матрицами (фиг. 8, б—е). В последнем случае профиль не поднимают вверх, а подают вперед по зазору между матрицами. Ширина отрезаемой перемычки обычно составляет от 1,5 до 2 толщин материала.

На фиг. 8, ж показана разрезка тонкостенных труб толщиной до 3 мм и диаметром до 50 мм остrokонечным плоским пуансоном. Для уменьшения смятия трубы в начале врезания пуансона разжимные матрицы обжимают трубу по форме, показанной на фиг. 8, з.

На фиг. 8, и изображен профиль конца пуансона, а на фиг. 8, к — положение трубы в матрице перед разрезкой. Ширину пуансона и просвет между матрицами для резки труб указанного размера берут равными 2 мм.

6. Определение усилий при вырезке и пробивке

Усилие резания и сопротивление срезу при вырезке и пробивке не остаются постоянными, а изменяются на протяжении рабочего хода. Диаграмма изменения сопротивления срезу в зависимости от погружения пуансона в металл приведена на фиг. 9. На диаграмме приведены кривые для следующих материалов: *a* — алюминий; *b* — малоуглеродистая сталь; *c* — сталь с 0,2 до 0,3% С; *d* — высокоуглеродистая сталь. Все материалы в отожженном состоянии. Зазор 10% от *S*. Кривая *e* — для зазора 4%.

Из диаграммы видно, что сопротивление срезу изменяется в процессе перерезания толщины металла аналогично диаграмме основных напряжений при растяжении.

Наивысшая точка каждой кривой соответствует наибольшему сопротивлению срезу $\sigma_{ср}$, а конец кривых — окончанию второй стадии процесса вырезки. Пунктирные линии соответствуют третьей стадии процесса.

Одинаковый характер кривых среза и растяжения, наличие тех же трех стадий деформации (упругой, пластической и разрушения) свидетельствуют об аналогии между процессами вырезки и растяжения, но при другом виде напряженного состояния и характере разрушения.

Вдавливание пуансона в материал к моменту скалывания аналогично процессу образования шейки при растяжении к моменту разрыва образца.

Предельными характеристиками при этих видах деформаций являются:

Вид деформации	Характеристики сопротивления деформированию	Характеристика пластичности
Растяжение	Предел прочности σ_b Истинное сопротивление разрыву $\sigma_{р. ист}$	Относительное сужение поперечного сечения ψ в %
Вырезка	Сопротивление срезу $\sigma_{ср}$ Истинное сопротивление срезу $\sigma_{ср. ист} = \sigma_{ср} \left(\frac{1}{1 - C} \right)$	Относительная глубина вдавливания пуансона в % $\psi_{ср} = \frac{h_n}{S} 100 = C \cdot 100\%$

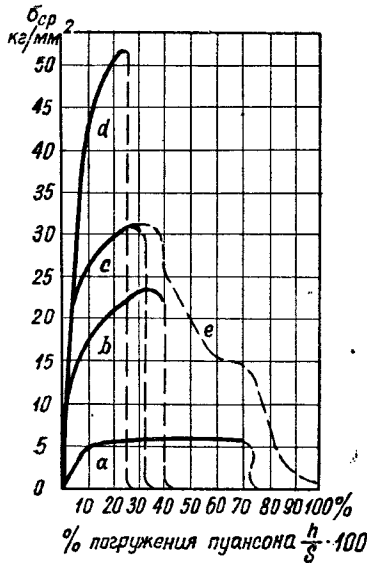
Экспериментальными исследованиями установлены следующие обобщенные зависимости между характеристиками сопротивления деформации при растяжении и вырезке [152], [212]:

$$\sigma_{ср} = (0,7 - 0,75) \sigma_b; \quad \sigma_{ср. ист} = \frac{\sigma_{р. ист}}{2}.$$

Зависимость между характеристиками пластичности выражается следующим образом [74]:

$$\psi_{ср} = \frac{h_n}{S} 100 = 1,4\psi^3$$

(ψ в относительных величинах).



Фиг. 9. Диаграмма изменения напряжений в процессе вырезки.

Необходимое для вырезки и пробивки усилие зависит от длины периметра изделия или отверстия, толщины и механических свойств материала, величины зазора и состояния режущих кромок. В табл. 7 приведены простые формулы для расчета усилий резания штампами с параллельными режущими кромками.

Таблица 7

Формулы для определения усилий вырезки штампами с параллельными режущими кромками

Конфигурация вырезаемой детали	Формулы усилий вырезки
Любая	$P = L \cdot S \cdot \sigma_{ср}$
Круглая	$P = \pi d S \sigma_{ср}$

Принятые обозначения:

L — длина периметра резания в мм;

d — диаметр детали в мм.

Учитывая скоростной фактор при вырезке, сопротивление срезу несколько повышают по сравнению с указанным на стр. 31 и принимают (см. табл. 8)

$$\sigma_{ср} = (0,8 - 0,86) \sigma_b.$$

Требуемое давление пресса берется больше расчетного усилия и обычно принимается не менее

$$P_n = 1,3P = LS\sigma_b \text{ кг,}$$

где 1,3 — поправочный коэффициент, учитывающий наличие побочных явлений при вырезке, неравномерность толщины материала и затупление режущих кромок.

Следовательно, полное усилие вырезки может быть определено по тем же формулам с заменой $\sigma_{ср}$ на σ_b .

В случае применения пружинного, резинового или пневматического съёмника, прижима или выталкивателя необходимо к расчетному усилию вырезки прибавлять усилие на сжатие буфера.

Работа резания определяется по формуле:

$$A = PSC = PS \cdot 1,4\psi^3 \text{ кгм,}$$

где $C = \frac{h_n}{S}$ — относительная глубина вдавливания пуансона.

Сопротивление срезу зависит от механических свойств металла, степени предварительного наклепа, а также от величины зазора и состояния режущих кромок.

В табл. 8 приведены средние значения сопротивления срезу, применяемые на практике, и величины относительного вдавливания пуансона в материал до образования скалывающихся трещин.

Так как на практике приходится иметь дело с материалами определенных марок по ГОСТ, то для удобства практического пользования в табл. 9—11 приведены данные по сопротивлению срезу и механическим свойствам для материалов различных марок по ГОСТ, применяемых в холодной штамповке.

В табл. 12 приведено сопротивление срезу при вырезке неметаллических материалов в штампах; в табл. 13 — сопротивление срезу неметаллических материалов при просечке их ножевыми штампами; в табл. 14 — сопротивление срезу для стали в нагретом состоянии.

Таблица 8

Сопротивление срезу для различных материалов и относительная глубина вдавливания пуансона в материал

Материал	Сопротивление срезу $\sigma_{ср}$ в кг/мм ²		Относительное вдавливание $\frac{h_p}{S} \cdot 100$ в %	
	для материала		для материала	
	отожженного	наклепанного	отожженного	наклепанного
Сталь листовая:				
с 0,1% С	25	32	50	38
„ 0,2% С	32	40	40	28
„ 0,3% С	36	48	33	22
„ 0,4% С	45	56	27	17
„ 0,6% С	56	72	20	9
„ 0,8% С	72	90	15	5
„ 1,0% С	80	105	10	2
Кремнистая сталь	45	56	30	—
Нержавеющая сталь	52	56	—	—
Листовая бронза	36	50	25	17
Нейзильбер	32	50	—	—
Латунь	25	38	50	20
Красная медь	20	28	55	30
Дуралюмин	22	38	50	30
Алюминий	10	15	50	30
Магниевые сплавы (холодные)	14	16	15	12
Магниевые сплавы (подогретые до 300°)	5	7	75	—
Цинк	12	20	50	25
Свинец		2—3		50
Олово		3—4		40

Таблица 9

Сравнительные механические свойства алюминиевых сплавов [229]

Марка сплава и его состояние	Предел прочности σ_b в кг/мм ²	Относительное удлинение % в %	Сопротивление срезу $\sigma_{ср}$ в кг/мм ²	Марка сплава и его состояние	Предел прочности σ_b в кг/мм ²	Относительное удлинение % в %	Сопротивление срезу $\sigma_{ср}$ в кг/мм ²
АМ	7,5—11,0	30—20	5—7	Д1М	16—22	12—18	11—13
АН	11,0—14,0	9—6	7—9	Д3	35—40	15—22	20—22
АМцМ	10,0—14,5	25—20	6—8	Д4	40—44	15—18	24—27
АМцП	14,5—19,0	12—6	9—10	Д5	43—48	12—8	28—30
АМцН	20,0—25,0	6—3	10,5—11,5	Д6	43—48	15—18	25—28
АМгМ	18—23,0	24—16	11—12	Д16М	20—25	12—18	12—13
АМгП	23—28	10—4	14—15	Д16Т	43,5—48	15—20	27—29
АВМ	11,0—14,5	25—20	6—8	Д16Н	46—50	14—8	28—30
АВТ	20—28	24—18	16—18	Алклед Д16М	15—21,5	14—20	—
АВТТ	30—35	16—10	20—22	Алклед Д16Т	40—44	15—18	26—28
Д1	38—42	15—20	22—24	Алклед Д16Н	42—46	13—8	28—30

Таблица 10

Механические свойства черных металлов, применяемых в холодной штамповке

Наименование стали		Марка стали	Сопротивление срезу σ_{cp} в кг/мм ²	Предел прочности σ_b в кг/мм ²	Относительное удлинение δ_{10} в %
Сталь тонколистовая углеродистая	Обыкновенного качества (ГОСТ 501-41)	Ст. 2	28-36	32-42	21-20
		Ст. 3	32-40	38-47	17-16
		Ст. 4	36-45	42-52	15-14
		Ст. 5	44-53	50-62	11-10
Сталь тонколистовая углеродистая	Качественная (ГОСТ 914-47)	С5	20	23	30-26
		08	24-33	28-38	
		10	24-36	28-42	27-24
		15	28-39	32-45	26-23
		20	30-44	35-50	24-22
		25	35-48	40-55	23-21
		30	38-53	45-60	21-19
		35	44-56	50-65	18-16
		40	45-58	52-67	17-15
		45	48-60	55-70	15-13
		50	48-65	55-75	13-11
Лента холодной прокатки	Низкоуглеродистая (ГОСТ 503-41)	ОМ	24-34	28-40	30
		М	28-40	33-45	20
		ПМ	32-44	38-50	10
		ПТ	36-48	42-55	4
		Т	50-70	58-80	Не определяется
	Из конструкционной стали (ГОСТ 2234-43) отожженная	15	28-43	32-50	22
		20	28-47	32-55	20
		25	30-52	35-60	18
		30-35	35-56	40-65	16
		40-45	38-60	45-70	15
		50-60	38-65	45-75	12
	65-70	38-65	45-75	10	
	Нержавеющая (ГОСТ 4986-49)	№ 0	52	60	45
№ 1		86	100	20	
№ 2		95	110	15	
№ 3		103	120	10	

Примечания: 1. Для сталей, не указанных в таблице, принимать $\sigma_{cp} = 0,86 \sigma_b$.
2. Для сталей с наклепом табличные данные σ_{cp} и σ_b увеличивать на 20-25%.

В табл. 15 приведены механические свойства алюминиевых сплавов при нагреве [229], в табл. 16 — механические свойства магниевых сплавов при нагреве [110].

Для уменьшения усилий при вырезке толстого материала или деталей больших размеров применяются штампы со скошенными режущими кромками пуансонов или матриц.

Различные типы скоса режущих кромок приведены на фиг. 10.

Таблица 11

Механические свойства цветных металлов и сплавов, применяемых в холодной штамповке

Наименование металла или сплава	Вид заготовки	Состояние	Марка	Сопротивление срезу $\sigma_{ср}$ в кг/мм ²	Предел прочности σ_b в кг/мм ²	Относительное удлинение $\delta_{r, в \%}$
Латунь	Лист, полоса и лента	Мягкая холоднокатаная	Л68 Л62 ЛС59-1	26 26 30	30 30 35	40 35 25
		Полутвердая холоднокатаная	Л68 Л62	30 33	35 38	25 20
		Твердая холоднокатаная	Л68 Л62 ЛС59-1	34 36 40	40 42 45	15 10 5
Латунь марганцовистая	Лист и лента	Мягкая Полутвердая Твердая	ЛМц58-2	34 40 52	39 45 60	30 25 3
Бронза оловянно-фосфорная и оловянно-цинковая	Полоса и лента	Мягкая Твердая Особо твердая	Бр. ОФ 6,5-0,25 Бр. ОЦ 4-3	26 48 50	30 55 65	38 5 2
Бронза алюминиевая	Лента	Отожженная Неотожженная	Бр. А7	52 56	60 65	10 5
Красная медь	Лист и лента	Мягкая Твердая	М1; М2 и М3	18 26	21 30	30 3
Алюминий	То же	Мягкий Твердый	АМ АН	7 11	7,5-11 11-15	30-20 9-6
Дуралюмин	То же	Отожженный Закаленный и состаренный	Д16М Д16Т	20 38	23 44	12 15
Магниевый сплав	То же	Холодный Подогретый до 300°	МА1 МА8 МА1 МА8	12-14 15-18 3-5 5-7	17-19 23-24 5,5-6 6,5-8	3-5 14-15 50-52 58-60
Никель	То же	Мягкий Твердый	Н1, Н2, Н3	35 47	40 55	35 2
Нейзильбер	То же	Мягкий Твердый Особо твердый	НМц65-20	30 48 56	35 55 65	35 1 1
Цинк	Лист	—	Ц1, Ц2, Ц3 и Ц4	12-20	14-23	40-36
Свинец	Лист	—	С1, С2, С3, С4	2-3	2,5-4	50-40

Примечание. Для материалов, не указанных в таблице, принимать $\sigma_{ср} = 0,86 \sigma_b$.

Таблица 12

Сопrotивление срезу неметаллических материалов при вырезке в штампах в кг/мм²

Материал	Сопrotивление срезу $\sigma_{ср}$ в кг/мм ²	Сопrotивление разрыву σ_b в кг/мм ²	
Фибра {	обыкновенная	12	—
	твердая	17	—
Бумага {	обыкновенная	2—3	—
	твердая	2,5—4	—
Картон	3—6	5—7	
Эбонит	3	—	
Целлулоид	6	—	
Бакелит	3—7	3,5—7,5	
Гетинакс	7—11	8—13	
Текстолит	8—15	9—13,5	
Прессшпан	7—8	4—3	
Миканит	10	1,8—2	
Резина	0,6—1	—	
Кожа	5,4	—	

Таблица 13

Сопrotивление срезу неметаллических материалов при просечке ножевыми штампами

Материал	Сопrotивление срезу $\sigma_{ср}$ в кг/мм ²
Бумага 1 лист 0,25 мм	16
" 5 листов по 0,25 мм	4,5
" 10 " по 0,25 мм	2,3
" 20 " по 0,25 мм	1,4
Картон	3
Прессшпан	7
Клингерит	4
Кожа мягкая	0,7
Кожа дубленая	5
Целлулоид	5
Березовая фанера	2
Сосновая фанера	1
Текстолит	9
Гетинакс	12
Слюда 0,5 мм	8
" 2 мм	5
Резина	0,8

Примечание. При затупленных режущих кромках сопротивление срезу выше указанных.

Таблица 14

Сопrotивление срезу для стали в нагретом состоянии в кг/мм²

Марка стали	Сопrotивление срезу при температуре нагрева в градусах					
	20	500	600	700	800	900
Ст. 1 } Ст. 2 } Ст. 3 } Ст. 4 } Ст. 5 } Ст. 6 }	36	32	20	11	6	3
10 } 15 } 20 } 25 } 30 } 35 } 40 } 45 } 50 }	36	32	20	11	6	3
	45	45	24	13	9	6
	53	55	33	16	9	7
	60	58	38	19	9	7
	60	58	38	19	9	7

Примечания: 1. Указанные в таблице данные приводятся для встречающихся в практике случаев вырезки заготовок из толстого листового материала в нагретом состоянии, при недостаточной мощности пресса.
2. При подсчете потребного усилия принимать температуру штампуемого металла в момент штамповки.
3. Рекомендуемая температура нагрева стали в момент штамповки 700—900°, где 700° — нижний предел штампуемого металла.
4. В зоне синеломкости (от 100 до 400°) сталь никакой обработке не подвергать вследствие сильного увеличения хрупкости.

Таблица 15

Сравнительные механические свойства алюминиевых сплавов при нагреве

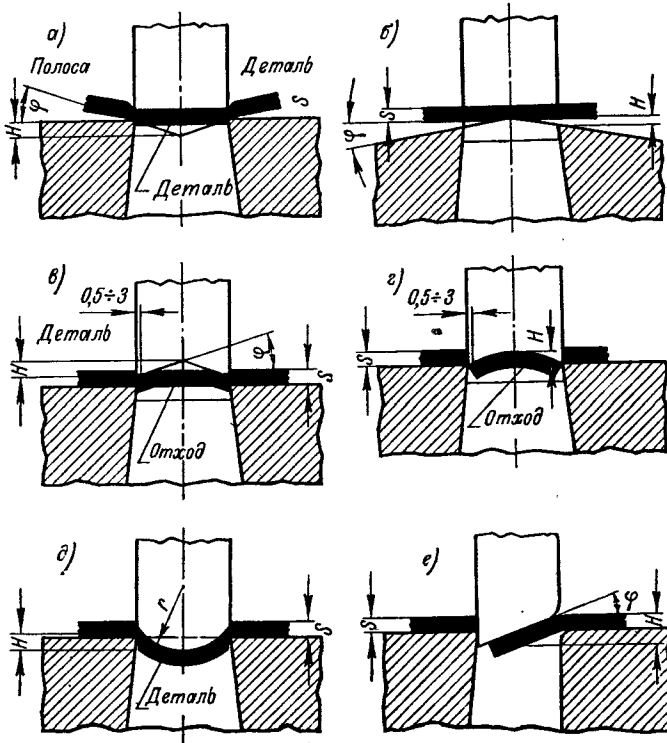
Марка сплава	Механические свойства	24°	150°	200°	260°	315°	370°
АМ	σ_s в кг/мм ²	3,5	2,5	2,1	1,4	1,05	0,7
	σ_b в кг/мм ²	9,2	5,3	4,2	2,4	1,8	1,1
	δ в %	45	65	70	85	90	95
АМцП	σ_s в кг/мм ²	12,6	10,6	6,3	3,5	2,1	1,4
	σ_b в кг/мм ²	14,8	12,5	9,9	7,4	4,2	2,1
	δ в %	16	17	22	25	40	60
АМгП	σ_s в кг/мм ²	24	19	7,8	5,5	3,15	1,75
	σ_b в кг/мм ²	27,5	22,6	17,6	8,5	5,6	3,5
	δ в %	10	16	35	80	100	120
Д16Т	σ_s в кг/мм ²	31	26,8	14,8	6,7	3,15	2,5
	σ_b в кг/мм ²	48	32,5	19	10	5,3	3,5
	δ в %	22	22	25	45	70	100
АВТ	σ_s в кг/мм ²	14	16,2	7,0	2,45	1,4	1,1
	σ_b в кг/мм ²	24,5	19,0	9,2	3,5	2,1	1,4
	δ в %	30	16	30	75	90	100
АВТТ	σ_s в кг/мм ²	28,2	17	7,8	2,5	1,4	1,1
	σ_b в кг/мм ²	34	19,8	10	3,5	2,1	1,4
	δ в %	16	20	30	65	90	100

Таблица 16

Механические свойства магниевых сплавов при нагреве

Марка сплава	Способ вырезки образца из листа	Температура нагрева в градусах															
		20		100		150		220		250		300		350		400	
		σ_b в кг/мм ²	δ в %	σ_b в кг/мм ²	δ в %	σ_b в кг/мм ²	δ в %	σ_b в кг/мм ²	δ в %	σ_b в кг/мм ²	δ в %	σ_b в кг/мм ²	δ в %	σ_b в кг/мм ²	δ в %	σ_b в кг/мм ²	δ в %
МА1	Вдоль прокатки	21,5	5	15	8	11	15	18	30	6,5	40	5,5	51	4,5	60	2,5	76
	Поперек прокатки	23	7,5	16	11	12	17	18	30	6,5	40	5,5	51	4,5	60	2,5	76
МА8	Вдоль прокатки	26,5	12	20	24	16	30	10,5	34	9	40	6,5	58	5	78	3,5	110
	Поперек прокатки	25	15	19	28	15	32	10,5	34	9	40	6,5	58	5	78	3,5	110

При вырезке деталей пуансон должен быть плоским, а скос делается на матрице (фиг. 10, а, б). Деталь получается плоской, а отход изогнутым. Скос должен быть двусторонним и симметричным относительно центра давления штампа.



Фиг. 10. Различные типы скоса режущих кромок:

а и б — при вырезке; в и г — при пробивке; д — при вырезке с гибкой или вытяжкой; е — при надрезке.

При пробивке отверстий матрица должна быть плоской, а скос делается на пуансоне (фиг. 10, в, г), вследствие чего деталь остается плоской, изгибается же отход. При вырезке изогнутых деталей применяется закругленный пуансон (фиг. 10, д). Односторонний скос режущих кромок применяется лишь при надрезке с отгибкой (фиг. 10, е).

Таблица 17

Обычно применяемые величины скосов

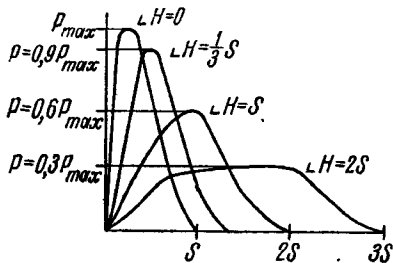
Толщина материала S в мм	Скос H в мм	Угол скоса φ в градусах	Среднее усилие резания в % от P т/ах
До 3	$2S$	До 5	30 ± 10
3—10	S	До 8	60 ± 65

В других случаях односторонние скосы делать не рекомендуется. Также не рекомендуется делать скосы режущих кромок при вырезке деталей сложной конфигурации. Обычно применяемые величины скосов приведены в табл. 17.

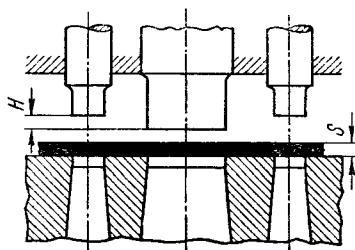
На диаграмме (фиг. 11) показано уменьшение требуемых усилий при вырезке в штампах с различным скосом режущих кромок.

При многопуансонной вырезке или пробивке пуансоны делают разной длины (фиг. 12), вследствие чего усилия резания не совпадают во времени и не суммируются.

Ступенчатая длина пуансонов применяется не только для уменьшения усилия вырезки, но, главным образом, для уменьшения износа и



Фиг. 11. Диаграмма уменьшения усилий при вырезке в штампах со скосом режущих кромок.



Фиг. 12. Ступенчатое расположение пуансонов.

повышения стойкости пуансонов; с этой целью тонкие пуансоны делают более короткими.

Величина H для тонких материалов обычно берется равной толщине материала, а для толстых — половине толщины материала.

Определение усилий при вырезке в штампах со скошенными режущими кромками производится по формулам, приведенным в табл. 18.

Таблица 18

Приближенные формулы для определения усилий при вырезке в штампах со скошенными режущими кромками¹

Тип вырезки	Тип скоса по фиг. 10	Формулы усилий вырезки
Общий случай вырезки со скосом режущих кромок	a b c	Упрощенная формула $P = LS\sigma_{cp} k$ k — коэффициент при $H = S$; $k = 0,4-0,6$ при $H = 2S$; $k = 0,2-0,4$
Прямоугольная вырезка с двусторонним скосом режущих кромок	a b	При $H > S$ $P = 2S\sigma_{cp} \left(a + b \frac{0,5 S}{H} \right)$ При $H = S$ $P = 2S\sigma_{cp} (a + 0,5b)$
Квадратная вырезка с четырехсторонним скосом	b	$P = \frac{4S \sigma_{cp}}{\operatorname{tg} \varphi}$

¹ Уточненные, но более сложные формулы см. [20].

Тип вырезки	Тип скоса по фиг. 10	Формулы условий вырезки
Круглая вырезка с двусторонним скосом	$\begin{matrix} a \\ b \\ a \end{matrix}$	При $H = S$ $P = \frac{2}{3} \pi d S \sigma_{ср}$
Надрезка прямоугольной формы с односторонним скосом	e	При $H > S$ $P = S \sigma_{ср} \left(a + b \frac{S}{H} \right)$ При $H = S$ $P = S \sigma_{ср} (a + b)$

Принятые обозначения:

H — высота скоса в мм;

φ — угол скоса в градусах;

a и b — ширина и длина прямоугольной вырезки в мм;

d — диаметр круглой вырезки в мм.

Давление пресса берется больше расчетного усилия и обычно принимается в соответствии с указанным на стр. 32.

Следовательно, для подбора пресса полное усилие вырезки может быть определено по формулам табл. 18 с заменой $\sigma_{ср}$ на σ_b .

В случае применения пружинного, резинового или пневматического съемников или выталкивателя к расчетному усилию вырезки необходимо прибавлять усилие на сжатие буфера.

Усилие, необходимое для снятия полосы с пуансона, определяется по формуле

$$P_{сн} = k_{сн} P,$$

где P — полное усилие вырезки в кг;

$k_{сн}$ — коэффициент, определяемый в зависимости от типа штампа и толщины материала по табл. 19.

Таблица 19

Величина коэффициентов $k_{сн}$ для определения усилия снятия с пуансона

Толщина материала в мм	Тип штампа		
	однопуансонный вырубной или пробивной	последовательный (пробивка — вырубка)	многопуансонный пробивной
До 1	0,02—0,06	0,06—0,08	0,10—0,12
1—5	0,06—0,08	0,10—0,12	0,12—0,15
Свыше 5	0,03—0,10	0,12—0,15	0,15—0,20

При многопуансонной пробивке усилие съема с пуансонов увеличивается вследствие образования распора материала, достигающего значительной величины.

Усилие, необходимое для проталкивания детали через матрицу с цилиндрической шейкой, определяется по формуле

$$P_{пр} = k_{пр} P_n,$$

где P — полное усилие вырезки в кг;

$k_{пр}$ — коэффициент, устанавливающий соотношение между $P_{пр}$ и P ;

$n = \frac{h}{S}$ — количество деталей, находящихся в шейке матрицы,

где h — высота цилиндрической шейки в мм;

S — толщина вырезаемых деталей в мм.

В случае вырезки с обратным выталкиванием $n = 1$.

Коэффициент $k_{пр}$ составляет в среднем:

при вырубке на провал

$$k_{пр} = 0,05 - 0,10;$$

при вырубке с обратным выталкиванием

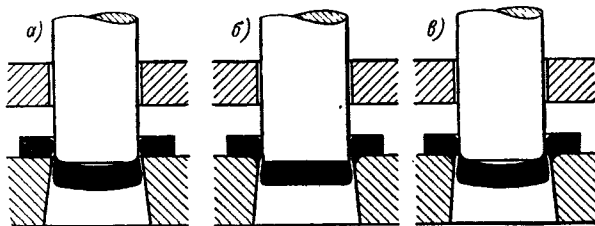
$$k_{пр} = 0,07 - 0,14,$$

причем наибольшие значения относятся к более тонким материалам [152].

В случае обратного выталкивания вырезанной детали усилие выталкивания увеличивается вследствие выпучивания детали и распора, создаваемого при выталкивании в обратном направлении.

7. Зазоры между матрицей и пуансоном

Зазором называется разность между размерами рабочих частей матрицы и пуансона. Зазоры имеют большое технологическое значение в процессе резания листовых материалов как в отношении качества изделий и влияния на стойкость штампов, так и в отношении расхода энергии. На фиг. 6 был приведен процесс вырезки с нормальным (фиг. 6, а) и слишком малым (фиг. 6, б) зазорами, а также показан характер получаемой при этом поверхности среза и ее дефектов.



Фиг. 13. Образование заусенцев при затупившихся режущих кромках.

Заусенцы и дефекты поверхности среза получаются также в результате неравномерного распределения зазора по периметру и при затуплении режущих кромок пуансона и матрицы. На фиг. 13 изображена схема образования заусенцев в результате затупления режущих кромок. В случае затупления режущих кромок пуансона заусенцы образуются на вырезаемой детали (фиг. 13, а). При затуплении матрицы заусенцы возникают вокруг пробного отверстия (фиг. 13, б). Наконец, если затупились и матрица и пуансон, заусенцы образуются и на детали и вокруг отверстия на материале (фиг. 13, в). Применяемые на практике величины зазоров весьма разнообразны и имеют большие расхождения.

Величины номинальных зазоров можно определить теоретически при условии соблюдения нормального процесса вырезки и совпадения скалывающих трещин по следующей формуле [183]:

$$z = 2(1 - C) S \operatorname{tg} \beta = 2(1 - 1,4\psi) S \operatorname{tg} \beta,$$

где z — номинальный (наименьший) диаметральный зазор в мм;

β — угол скалывания в градусах (фиг. 14).

Номинальная величина зазоров является одновременно и наименьшей их величиной.

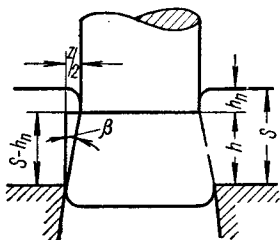
При изготовлении штампов допускается увеличение зазоров за счет допусков на изготовление пуансонов и матриц.

Приближенные значения C и β приведены в табл. 20.

Приведенные значения C относятся к толщине материала от 5 до 10 мм. Для меньших толщин C несколько увеличивается.

Исходя из этого установлены номинальные величины зазоров в процентах от толщины материала, приведенные в табл. 21.

Как видно из табл. 21, разница в абсолютной величине зазоров для разных материалов (по вертикали) невелика, да к тому же практически перекрывается колебаниями допусков на изготовление пуансонов и матриц.



Фиг. 14. Схема процесса вырезки-пробивки.

Таблица 20

Приближенные значения C и β

Материал	Средняя величина вдавливания пуансона $C = \frac{h_{п}}{S}$		Приблизительный угол скалывания β°	
	для материала			
	отожженного	наклепанного	отожженного	наклепанного
Сталь мягкая (сталь 08—15, Ст. 1, Ст. 2), медь, мягкая латунь	0,5	0,35	6	5
Сталь средней твердости (сталь 20—35, Ст. 3, Ст. 4), твердая латунь	0,3	0,2	5	4
Твердая сталь (сталь 40—60, Ст. 5, Ст. 6), твердая бронза	0,2	0,1	4	4

Таблица 21

Номинальная (наименьшая) величина двусторонних зазоров в процентах от толщины материала

Материал	Толщина материала в мм					
	до 1	1—2	2—3	3—5	5—7	7—10
Сталь мягкая (сталь 08—15, Ст. 1, Ст. 2), медь, мягкая латунь	5	6	7	8	9	10
Сталь средней твердости (сталь 20—35, Ст. 3, Ст. 4), твердая латунь	6	7	8	9	10	11
Твердая сталь (сталь 40—60, Ст. 5, Ст. 6), твердая бронза	7	8	9	10	11	12

Поэтому для практического пользования следует применять величинные зазоры без разграничения по роду материала, согласно табл. 22, в которой приведены предельные величины начальных зазоров, допустимых при изготовлении вырезных и пробивных штампов, выраженные в долях миллиметра.

Таблица 22

Предельные величины начальных зазоров при изготовлении вырезных и пробивных штампов (зазоры диаметральные или двусторонние) в мм

Толщина материала в мм	Начальный зазор		Толщина материала в мм	Начальный зазор	
	наименьший	наибольший		наименьший	наибольший
0,3	0,02	0,04	3,0	0,24	0,33
0,5	0,03	0,06	3,5	0,32	0,42
0,8	0,05	0,08	4,0	0,36	0,48
1,0	0,06	0,10	4,5	0,40	0,53
1,2	0,08	0,12	5,0	0,45	0,60
1,5	0,10	0,15	6,0	0,60	0,75
1,8	0,12	0,18	7,0	0,70	0,90
2,0	0,14	0,20	8,0	0,85	1,0
2,2	0,18	0,25	9,0	1,00	1,20
2,5	0,20	0,28	10,0	1,20	1,50
2,8	0,22	0,30	12,0	1,40	1,80

Примечания: 1. Наименьшие величины начальных зазоров соответствуют номинальной их величине.
 2. Наибольшие величины начальных зазоров учитывают их увеличение за счет допусков на изготовление или пригонку пуансона и матрицы.
 3. В процессе эксплуатации и износа рабочих частей штампов величина зазоров увеличивается и будет больше приведенных в таблице.

Экспериментально установлена возможность вырезки — пробивки при значительном увеличении действительного зазора против номинального, при условии отсутствия затупления режущих кромок.

Основные правила направления зазоров.

1. При вырезке наружного контура зазор образуется за счет уменьшения размеров пуансона. Размер матрицы берется равным наименьшему предельному размеру детали.

2. При пробивке отверстий зазор образуется за счет увеличения размеров матрицы. Размер пуансона берется равным наибольшему предельному размеру отверстия.

8. Чистовая вырубка и пробивка и зачистная штамповка

Обычная вырубка и пробивка листового материала дают неровную, слегка косую и шероховатую поверхность среза (фиг. 6).

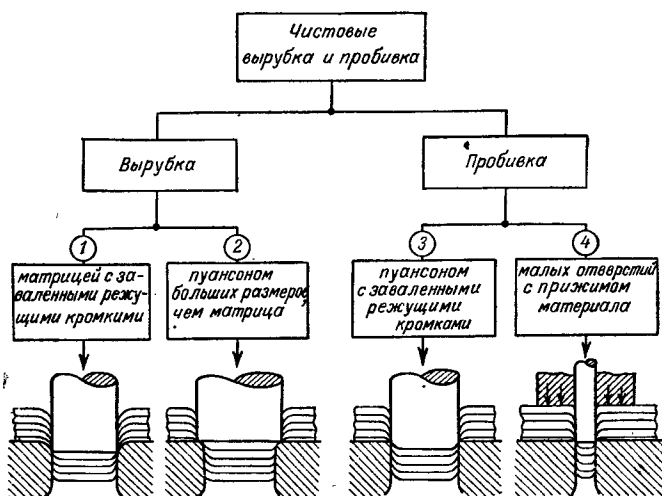
Чистота поверхности блестящего пояска, замеренная профилографом вдоль контура вырубki, соответствует 7—8-му классам, а чистота шероховатой поверхности, замеренная в том же направлении, соответствует 4—5-му классам чистоты по ГОСТ 2789—51. Наибольшее практическое значение имеет оценка неровности среза (скола) по толщине детали, зависящего от толщины материала и величины зазора между пуансоном и матрицей.

ГОСТ 2789—51 в данном случае не применим, так как он предназначен для оценки микрогеометрических неровностей, а не для измерения конусности среза. Однако, сопоставляя конусность среза со значениями H_{\max} по ГОСТ 2789—51, можно дать следующее ориентировочное сопоставление неровности среза при вырезке — пробивке с классами чистоты:

Толщина материала в мм до	1	1—2	2—3	3—4	4—5
Классы чистоты	▽▽5	▽▽4	▽3	▽2	▽1

В ряде случаев изготовления штампованных деталей повышенной точности (4, 3 и 2-го класса) требуется гладкая и перпендикулярная поверхность среза с чистотой поверхности до 8-го класса по ГОСТ 2789—51.¹

В этом случае применяют способы чистовой вырубке и пробивке или зачистной штамповки, имеющие значительные преимущества по сравнению с дорогой малопроизводительной механической обработкой резанием и дающие гладкую, полированную поверхность среза, строго перпендикулярную к плоскости изделия, при повышенной точности изготовления.



Фиг. 15. Классификация основных способов чистовой **вырубке** и пробивки.

Применяют следующие способы чистовой вырубке и пробивке (фиг. 15)

- 1) вырубке матрицей с заваленными режущими кромками;
- 2) вырубке пуансоном больших размеров, чем матрица;
- 3) пробивке пуансоном с заваленными режущими кромками;
- 4) пробивке весьма малых отверстий с прижимом материала.

Первый способ чистовой вырубке основан на применении матрицы с завалом режущих кромок (по высоте $1 \div 1,5 S$, по поверхности $0,1 \div 0,2 S$).

В данном случае у заваленных кромок матрицы нет резко концентрированных деформаций слвига и не происходит образования скалывающихся трещин. Металл плавно выдавливается в шейку матрицы.

При этом волокна (зерна) металла сильно удлиняются, втягиваются в матрицу, расплющиваются в зазоре и образуют зеркально полированную поверхность среза. Отход же получается с затянутым острым заусенцем.

* Обозначение чистоты поверхности в дальнейшем дается по ГОСТ 2789—51.

Этот способ применяется как в случае вырезки из полосы, так и при обрезке из предварительно вырубленной с небольшими припусками заготовки, например, при чистой вырезке-обрезке небольших шестерен малого модуля (с одновременной калибровкой по толщине и чеканкой кромок зубцов).

Достижимая чистота поверхности среза соответствует 8-му классу.

Достижимая точность штампованных деталей соответствует 4—3-му классам точности. Необходимо учитывать, что деталь после выхода из матрицы увеличивается в размерах на 0,02 — 0,05 мм.

Этот способ применим как для цветных металлов, так и для мягкой стали.

Зазор между пуансоном и матрицей делается не более 0,01 мм.

Второй способ чистой вырубке применяется главным образом для деталей из мягких цветных металлов и сплавов.

В данном случае вместо обычной вырубке происходит выдавливание пластичного металла в отверстие матрицы по способу так называемого прямого выдавливания, причем никакого скалывания не происходит.

Обычно диаметр (размер) пуансона делается больше диаметра (размера) матрицы на (0,1—0,2) S.

В случае закругленной формы детали припуск пуансона делается равномерным, а в случае детали с углами и выступами припуск у наружных углов делается в два раза больше, т. е. от 0,2 S до 0,4 S, а у внутренних углов в два раза меньше, т. е. от 0,05 S до 0,1 S.

Для получения большей чистоты поверхности среза на режущих кромках матрицы делается небольшая фаска.

В нижнем рабочем положении пуансон не должен доходить до поверхности матрицы на 0,1—0,2 мм.

Деталь после выхода из штампа также увеличивается в размерах на 0,02—0,05 мм.

Чистота поверхности среза доходит до 8-го класса.

Данный способ вырубке применяется как в случае вырезки из полосы, так и из предварительно вырубленной заготовки с соответствующими припусками по контуру. Это особенно целесообразно при чистой вырубке деталей сложного контура (шестеренки, храповички и т. п.), так как при этом увеличивается стойкость зубчатого пуансона.

Третий способ — чистовая пробивка пуансоном с заваленными режущими кромками применяется для пробивки сравнительно крупных отверстий ($d > 3S$) как в стали, так и в цветных металлах. Для относительно более толстых материалов ($d < 3S$) применяются пуансоны с конусной заточкой под углом 120°.

Способ действия и характер деформаций аналогичен процессу вырезки матрицей с заваленными кромками.

В данном случае волокна (зерна) металла также удлиняются и вытягиваются в матрицу, расплющиваются и образуют блестящую полированную поверхность среза. Выпадающий из матрицы отход имеет затянутые острые заусенцы.

Чистота поверхности также достигает 8-го класса.

Четвертый способ — чистовая пробивка отверстий с сильным прижимом материала применяется в случае пробивки весьма малых отверстий ($d < S$).

Обычно предельной величиной пробиваемого отверстия принято считать $d = S$, а в случае применения пуансона с конусной заточкой торца $d = 0,8 S$.

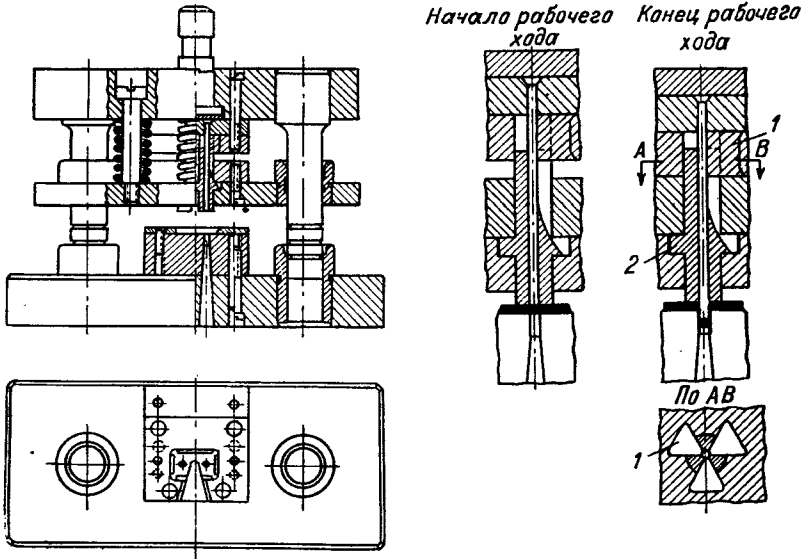
Однако это распространяется на случай обыкновенной пробивки пуансоном, имеющим свободно выступающий рабочий конец.

Недостаточная прочность и устойчивость свободного конца пуансона ограничивают возможность пробивки отверстий диаметром меньше толщины материала. Поэтому отверстия малых диаметров обычно изготовлялись сверлением.

На отечественных заводах разработан и внедрен оригинальный способ пробивки отверстий весьма малого диаметра ($d = 0,3 S$), основанный на

применении особой конструкции крепления и способа направления пуансона с предварительным сильным прижимом металла вокруг пробиваемого отверстия.

На фиг. 16 изображены штамп и конструкция пуансона,¹ имеющего непрерывное направление в процессе рабочего хода, за исключением кончика, врезавшегося в металл.



Фиг. 16. Штамп и способ крепления пуансонов для пробивки отверстий весьма малого диаметра.

В верхней части пуансон имеет постоянное направление между тремя неподвижными сухарями 1. В нижней части пуансон направляется по отверстию подвижной прижимной втулки 2, имеющей фрезерованные пазы для неподвижных сухарей. Прижим материала к матрице осуществляется сильными пружинами.

При дальнейшем ходе пресса пуансон выступает из направляющей втулки и пробивает отверстие малого диаметра.

Этим способом пробиваются отверстия диаметром до 0,4 мм в стали, латуни, алюминии, текстолите и гетинаксе толщиной $S = (2-3) d$, а также прорезаются узкие длинные шлицы при высокой чистоте поверхности среза.

В данное время освоена пробивка малых отверстий в материалах толщиной от 1 до 20 мм.

Пуансоны, изготовленные из стали У8А, показывают стойкость от 10000 до 15000 деталей, а из легированной стали — до 50000 деталей.

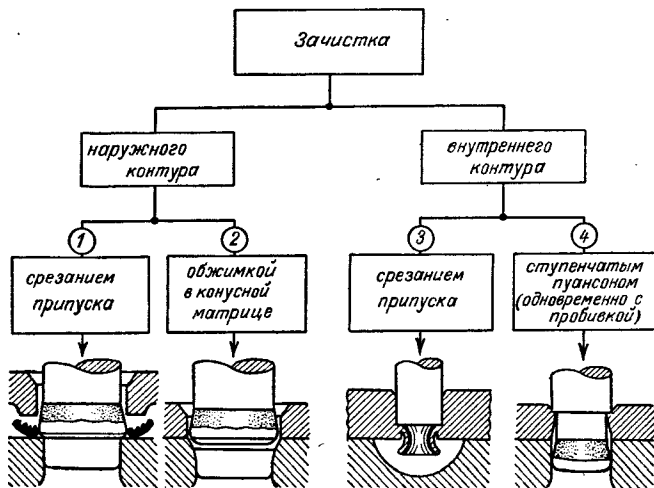
При этом способе происходит не срез, а выдавливание металла в отверстие матрицы. В результате сильного прижима материала ($q = 0,3 \div 0,5 \sigma_s$) в зоне пробивки предварительно возникает объемное напряженное состояние сжатия, облегчающее процесс пластической деформации.

Зачистная штамповка применяется для чистовой обрезки по контуру предварительно вырезанных или пробитых деталей с целью удаления шероховатой поверхности среза и получения точных размеров, острых кромок и гладкой поверхности среза.

¹ Предложение т. Олиньш (зав. ВЭФ).

Существуют следующие основные способы зачистной штамповки (фиг. 17):
 1) зачистка наружного контура срезанием припуска;
 2) зачистка наружного контура (внешней частью круглого) контура обжимкой в конусной матрице;
 3) зачистка отверстий срезанием припуска;
 4) одновременная пробивка и зачистка отверстий ступенчатым пуансоном.

Первый способ зачистки является наиболее распространенным и широко применяется в производстве часов и изделий точной механики.



Фиг. 17. Классификация основных способов зачистной штамповки.

Получаемая при этом точность соответствует 3-му и даже 2-му классу точности.

Процесс зачистки заключается в срезании небольшой стружки по контуру детали или отверстия. Зачистка производится в том же направлении, что и вырезка, т. е. при зачистке по наружному контуру заготовка укладывается на матрицу закругленной стороной вниз, а при зачистке отверстий — закругленными кромками вверх.

При толщине материала до 3 мм обычно применяется одна зачистка, а при повышенных требованиях к чистоте поверхности или более толстых материалах применяются две, а иногда и три зачистки, так как при однократной зачистке в конце процесса происходит не срез, а скалывание последнего элемента стружки.

Качество зачистки зависит от величины припуска, оставленного при вырезке (фиг. 18).

Размеры вырезного пуансона и матрицы следует увеличить на величину припуска на зачистку; их можно определить по формулам:

$$d_{п} = d + y; \quad d_{м} = d + (z + y); \quad \delta = z + y,$$

где $d_{п}$ — размер вырезного пуансона в мм;
 $d_{м}$ — размер вырезной матрицы в мм;
 z — зазор при вырезке (диаметральный) в мм;
 y — двусторонний припуск на зачистку в мм;
 δ — суммарный двусторонний припуск в мм.

В табл. 23 приведены величины припусков на зачистку y (на диаметр или на две стороны) [130].

Наименьший припуск применяется при зачистке деталей простой конфигурации, а наибольший — для сложной или для деталей с острыми выступающими углами.

Таблица 23

Двусторонние припуски на зачистку в мм

Толщина материала в мм	Латунь, мягкая сталь		Сталь средней твердости		Твердая сталь	
	наименьший	наибольший	наименьший	наибольший	наименьший	наибольший
0,5—1,6	0,10	0,15	0,15	0,20	0,15	0,25
1,6—3,0	0,15	0,20	0,20	0,25	0,20	0,30
3,0—4,0	0,20	0,25	0,25	0,30	0,25	0,35
4,0—5,2	0,25	0,30	0,30	0,35	0,30	0,40

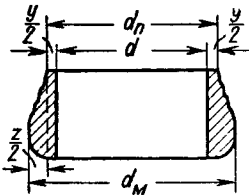
В случае многократной зачистки припуск на вторую и на следующие зачистки берется наименьший из указанных в табл. 23.

По данным некоторых заводов [105], припуск на зачистку берется независимо от толщины материала и составляет:

Для деталей с плавным контуром 0,08—0,11 мм

Для деталей с малыми закруглениями 0,10—0,13 мм

Количество необходимых зачистных операций зависит от толщины материала и сложности контура и определяется следующим образом:



Фиг. 18. Срезаемый слой при зачистке.

Сложность контура детали	Толщина материала	
	до 3 мм	свыше 3 мм
Плавный контур без острых углов .	1	2
Сложный контур с острыми углами .	2	3—4

При вырубке под зачистку величина зазоров составляет:

Для мягких материалов 6—7 % от S

Для материалов средней твердости 9—10 % „ S

Для твердых материалов 12—15 % „ S

Чистота поверхности среза при этом способе зачистки достигает

Для латуни $\nabla\nabla\nabla\nabla$ 8

Для мягкой стали $\nabla\nabla\nabla$ 8— $\nabla\nabla\nabla$ 7

Для твердой стали $\nabla\nabla\nabla$ 7— $\nabla\nabla$ 6

Для увеличения чистоты поверхности при зачистке твердой стали режущие кромки матрицы слегка скругляются ($r = 0,2 \text{ мм}$).

Однократная зачистка обеспечивает следующую точность деталей (размером до 50 мм) при толщине материала:

До 1 мм	0,01 — 0,015 мм
1—3 "	0,025 — 0,03 "
3—5 "	0,035 — 0,04 "

Для деталей больших размеров точность уменьшается.

Зазор между пуансоном и матрицей зачистного штампа берется в пределах 0,006—0,01 мм. Высота шейки матрицы обычно составляет 6—8 мм.

Усилие для зачистки снятием стружки может быть определено по формуле

$$P_3 = \frac{\delta}{2} L \sigma_{ср} + \Sigma Q,$$

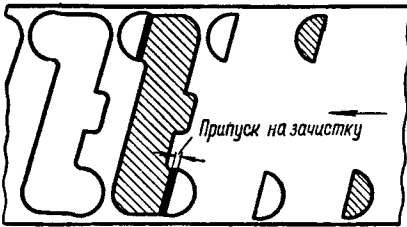
где $\frac{\delta}{2}$ — односторонний суммарный припуск в мм;

L — длина периметра зачистки в мм;

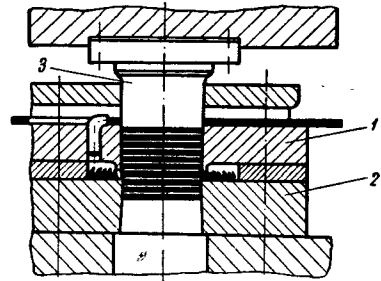
ΣQ — сумма усилий для проталкивания, сжатия буферов и т. п. в кг.

В некоторых случаях требуется зачистка не всего контура детали, а лишь небольшой его части. Это осуществляется в процессе комбинированной штамповки в штампах последовательного действия (фиг. 19).

Зачистная штамповка по всему контуру может комбинироваться с вырубкой детали (фиг. 20).



Фиг. 19. Последовательная штамповка с зачисткой части контура.



Фиг. 20. Комбинированная вырубка-зачистка:

1 — вырубная матрица; 2 — зачистная матрица; 3 — пуансон вырубной.

В этом случае комбинирование операций идет в вертикальном направлении, а штамп имеет две матрицы — вырубную и зачистную.

Давление от вырубного пуансона передается на зачищаемую деталь через расположенные выше вырубленные заготовки.

Второй способ зачистки применяется значительно реже и, главным образом, для весьма пластичных металлов. Припуск на обжимку в данном случае не превышает 0,04—0,06 мм на сторону.

Чистота поверхности и точность зачистки при этом способе несколько ниже, чем при срезании припуска.

Этот способ зачистки иногда совмещается с операцией вырубки при вертикальном расположении матриц (вырубная сверху, а зачистная снизу; фиг. 20).

Третий способ зачистки применяется главным образом в точной механике для зачистки точных отверстий небольшого диаметра.

Так как толщина материала обычно значительно больше диаметра зачищаемого отверстия, то зачистка отверстий производится пуансоном без сопряжения с режущими кромками матрицы (фиг. 21).

Процесс срезания припуска в отверстии аналогичен срезанию припуска на наружном контуре, за исключением стружки, которая имеет трубчатую форму, состоящую из отдельных кольцевых элементов.

Диаметр лунки для выхода стружки принимается равным $D \geq 1,5 d$. Припуск по диаметру на зачистку отверстий обычно принимают:

После сверления	0,1 — 0,15 мм
После пробивки	0,15 — 0,20 .

В точной механике величина припуска на зачистку зависит также от допуска на расстояние между отверстиями [130].

При зачистке отверстий деталь укладывается на матрицу закругленными кромками к пуансону.

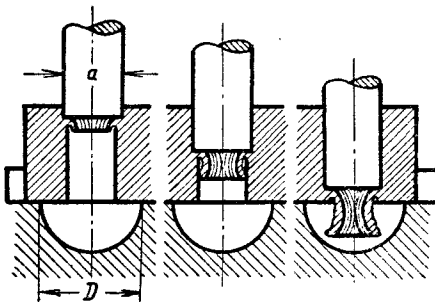
После зачистки размер отверстия уменьшается вследствие упругой деформации металла:

Для цветных металлов	на 0,005—0,01 мм
Для мягкой стали	на 0,008—0,015 .

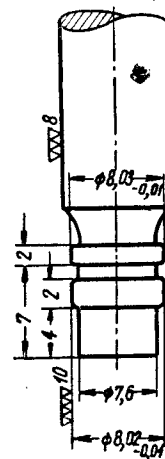
что должно учитываться при изготовлении зачистного пуансона [130].

Чистота поверхности после зачистки соответствует 7—8-му классу.

Точность зачистки отверстий обычно находится в пределах 0,01—0,02 мм на диаметр.



Фиг. 21. Зачистка мелких отверстий.



Фиг. 22. Пуансон для пробивки, зачистки и калибровки отверстия.

Четвертый способ зачистки с одновременной пробивкой находит в последнее время все большее применение. В отличие от предыдущего способа зачистки, этот способ применяется при значительно больших соотношениях $\frac{d}{S}$ (порядка 3—4 и больше) и при толщине материала до 3 мм [105].

Диаметр пробивного пуансона определяется по диаметру зачистной матрицы с учетом удвоенной величины зазора против обычной.

Таким образом, величина уступа у зачистной кромки делается равной нормальному зазору для данной толщины материала.

На фиг. 22 изображен пуансон для пробивки, зачистки и калибровки отверстия диаметром 8,03 мм в детали толщиной 2 мм. Второй поясok на пуансоне является калибрующим. Во избежание деформации детали пробивка с зачисткой должна производиться с прижимом детали к поверхности матрицы.

9. Вырезка резиной

Вырезка резиной применяется, главным образом, в мелкосерийном производстве при изготовлении сравнительно крупных деталей из тонких материалов:

Алюминий	до 2,0 мм
Дуралюмин	1,2 "
Сталь мягкая	1,0 "

Этим способом производятся следующие операции: вырезка по наружному контуру, пробивка отверстий, совмещенная вырезка и пробивка и комбинированные операции формовки и обрезки.

На фиг. 23 изображены способ и последовательность штамповки—вырезки резиной. На подштамповой плите установлен вырезной шаблон, представляющий собой стальную пластину толщиной 6—10 мм, наружный контур которой соответствует контуру вырезаемой детали. Толстая резиновая пластина, являющаяся своеобразной матрицей, заключена в коробку (контейнер), прикрепленную к ползуну пресса и удерживающую резину от выдавливания в стороны. На фиг. 23, а изображен начальный момент, когда на вырезной шаблон уложена заготовка с напуском по краям. При опускании ползуна пресса резина отгибает свисающие края заготовки и прижимает их к подштамповой плите (фиг. 23, б). При дальнейшем сжатии резина давит на отогнутые края заготовки и обрезает (обрывает) их по наружной кромке шаблона (фиг. 23, в).

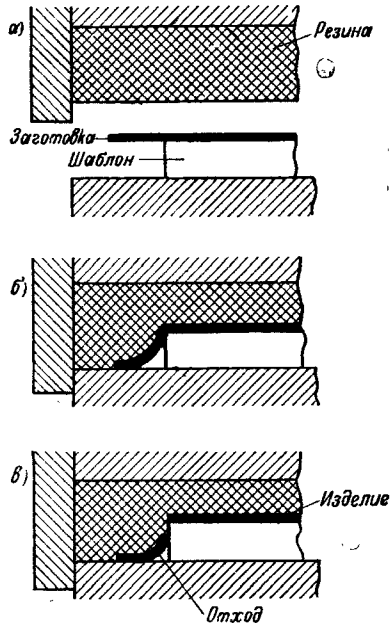
Вырезка резиной обычно производится на специальных гидравлических прессах, причем, как правило, применяется групповая резка нескольких деталей из одного листа; с этой целью на подштамповую плиту устанавливают несколько вырезных шаблонов (до 80 шт.) для деталей различных конфигураций. Так как шаблоны должны быть установлены с большими промежутками (12—16 мм), — вырезка резиной неэкономична по расходу материала.

На фиг. 24 приведен график для определения минимального припуска на обрезку по контуру, построенный для листового дуралюмина марок Д2, Д4 и Д16 в отожженном состоянии [11].

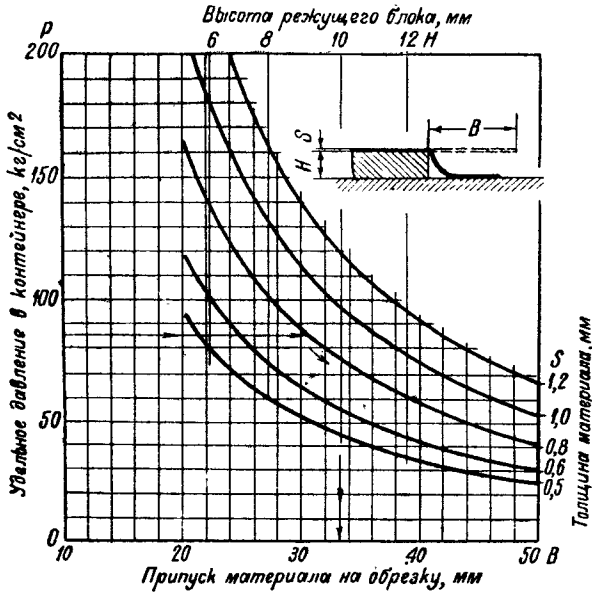
Для уменьшения припусков при вырезке резиной применяют вырезные блоки с защемлением края заготовки на особых опорах или подкладных пластинках (фиг. 25).

Вырезанные детали обычно получают с нечистыми краями, вследствие чего применяется последующая зачистка кромок деталей, сложенных пачками, на специальных фрезерных станках.

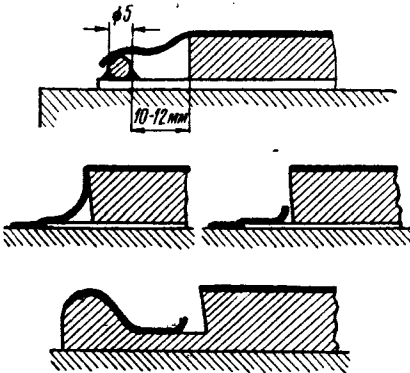
Расчет требуемого давления при вырезке резиной определяется исходя из поверхности и удельного давления резины. Длина контура вырезки, или наличие внутренних отверстий в ней, в данном случае существенного значения не имеют.



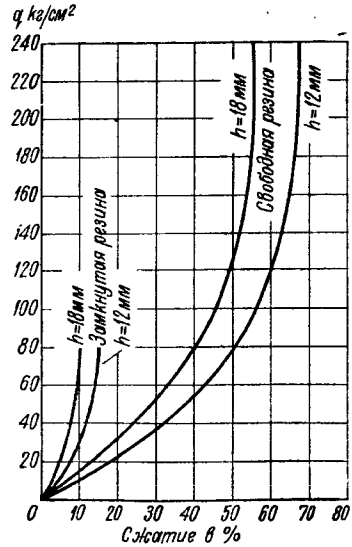
Фиг. 23. Вырезка резиной.



Фиг. 24. График для определения величины припуска материала на обрезку резиной.



Фиг. 25. Вырезные блоки с защемлением края заготовки.



Фиг. 26. Зависимость удельного давления от сжатия резины.

Требуемое давление определяется по формуле

$$P = Fq \text{ кг,}$$

где F — площадь резинны в см^2 ;

q — удельное давление резинны, необходимое для вырезки, в $\text{кг}/\text{см}^2$.

Удельное давление, необходимое для вырезки деталей из отожженного дуралюмина, приведено в табл. 24 [70].

По данным некоторых заводов максимумально принимается $q = 150 \text{ кг}/\text{см}^2$ и давление вырезки определяется по формуле:

$$P = 150 F \text{ кг.}$$

Удельное давление, развиваемое резиной, зависит от степени сжатия, кроме того, оно будет различным в зависимости от того, находится резина в свободно подвешенном состоянии или заключена в замкнутом контейнере.

В первом случае, при одном и том же сжатии резинны, удельное давление будет значительно ниже, чем для резинны, заключенной в контейнер. Во втором случае резина находится в состоянии всестороннего сжатия, а давление, производимое резиной, может быть уподоблено гидростатическому давлению жидкости.

Зависимость удельного давления от степени сжатия (деформации) резинны приведена на фиг. 26.

Наименьшие размеры отверстий, которые могут быть вырезаны резиной, зависят от величины удельного давления, создаваемого резиной.

Наименьшие размеры отверстий, вырезаемых в дуралюмине, и требуемое удельное давление в $\text{кг}/\text{см}^2$ приведены в табл. 25.

При более низких удельных давлениях наименьшие размеры вырезаемых отверстий значительно увеличиваются.

Из диаграммы, приведенной на фиг. 26, видны все преимущества применения замкнутой резинны, так как одно и то же удельное давление достигается уже при небольшой величине деформации. Это имеет большое значение для увеличения срока службы резинны, так как наилучшие условия и наибольший срок службы резинны имеют место при степени деформации 20—25% и предельная степень сжатия свободной резинны составляет 40—45%.

В процессе штамповки происходят износ и разрушение поверхностного слоя резинны, который периодически срезается на глубину 15—25 мм.

Для вырезных работ применяется резина со следующими механическими свойствами [66].

Сопrotивление разрыву	30—36 $\text{кг}/\text{см}^2$
Относительное удлинение δ	300—400%
Остаточное удлинение	15—20%
Сжатие под нагрузкой 100 $\text{кг}/\text{см}^2$	40—55%
Твердость по Shore	80

Таблица 24

Удельное давление резинны для вырезки отожженного дуралюмина

Толщина материала в мм	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
	Удельное давление в $\text{кг}/\text{см}^2$	55	70	82	104

Таблица 25

Наименьшие размеры круглых отверстий, вырезаемых в дуралюмине

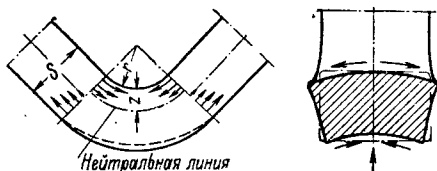
	Толщина материала в мм					
	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0
Наименьший диаметр в мм	7	7	10	11	12	14
Удельное давление в $\text{кг}/\text{см}^2$	85	140	170	210	230	290

ГИБКА

10. Процесс гибки листового металла

Гибка листового металла представляет собой процесс упруго-пластической деформации, протекающий различно с обеих сторон изгибаемой заготовки.

Слой металла внутри угла изгиба (со стороны пуансона) сжимаются и укорачиваются в продольном и растягиваются в поперечном направлении. Наружные слои (со стороны матрицы) растягиваются и удлиняются в продольном и сжимаются в поперечном направлении. Между удлиненными и укороченными слоями (волокнами) находится нейтральный слой, длина которого равна первоначальной длине заготовки. При гибке узких полос происходит сильное искажение поперечного сечения, заключающееся в уменьшении толщины в месте изгиба, уширении внутри угла с образованием поперечной кривизны и сужении с наружной стороны (фиг. 27).



Фиг. 27. Схема процесса гибки.

В результате утонения материала и искажения формы поперечного сечения нейтральный слой в месте изгиба не проходит по середине сечения, а смещается в сторону малого радиуса. При гибке широких полос и листов также происходит утонение материала, но почти без искажения

поперечного сечения, так как деформациям в поперечном направлении противостоит сопротивление материала большой ширины.

Поэтому схемы напряжений и деформаций (схемы напряженно-деформированного состояния) различны в случае изгиба узких и широких заготовок, так как для первых сравнительно легко осуществима, а для вторых весьма затруднена поперечная деформация вдоль линии изгиба [184].

В большинстве случаев гибка происходит при большой величине деформаций, при которой в металле, кроме продольных растягивающих и сжимающих напряжений, образуются радиальные напряжения сжатия, возникающие в результате давления крайних слоев металла на внутренние и достигающие наибольшей величины у нейтрального слоя.

Характеристика напряженно-деформированного состояния при изгибе приведена в табл. 26, где представлены схемы напряженного и деформированного состояний при гибке узких и широких заготовок.

Приведенные в табл. 26 схемы дают обозначения главных нормальных напряжений σ и главных деформаций удлинения ϵ учитывая общепринятые знаки (растяжение $+$, сжатие $-$).

При изгибе узких заготовок (изгиб на ребро) деформированное состояние — объемное, так как поперечное сечение образца деформируется во всех трех направлениях. По мере увеличения ширины изгибаемой заготовки поперечная деформация постепенно уменьшается и становится весьма ма-

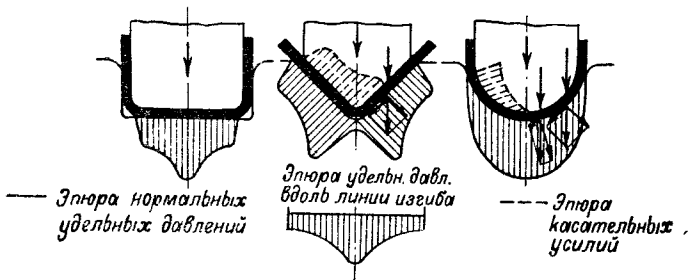
Таблица 26

Схемы напряженно-деформированного состояния при изгибе

Полосы или заготовки	Зона поперечного сечения	Схемы		Уравнение, вытекающее из закона постоянства объема
		напряженного состояния	деформированного состояния	
Узкие ($B < S$)	Сжатая			$e_1 + e_2 + e_3 = 0$
	Растянутая			
Широкие ($B > 3S$)	Сжатая			$\pm e_1 = \mp e_2$ (сдвиг)
	Растянутая			

лой в результате значительного сопротивления, оказываемого большей шириной заготовки, вследствие чего ее практически можно принять равной нулю и считать деформацию плоской.

Из закона постоянства объема следует, что в этом случае деформация удлинения в одном направлении равна по величине деформации укорочения в другом направлении. Следовательно, в случае пластического изгиба широких заготовок их деформация может рассматриваться как деформация сдвига.



Фиг. 28. Эпюры удельных давлений при гибке с калибровкой.

Фиг. 28. Эпюры удельных давлений при гибке с калибровкой, имеющие максимум давления в середине калибруемого участка аналогично распределению напряжений при осаживании.

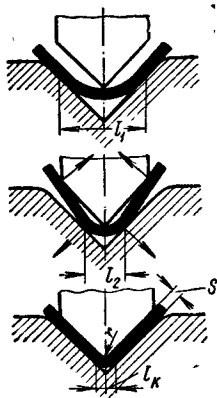
Следует различать два случая гибки:

1) гибку с малым радиусом закругления при большой степени пластической деформации;

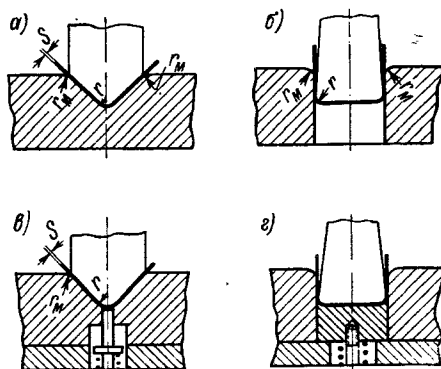
2) гибку с большим радиусом закругления при небольшой степени пластической деформации.

При гибке с малыми радиусами закруглений напряжения и деформации не сосредоточиваются под ребром пуансона, а распространяются на значительную длину заготовки между опорами. В результате этого заготовка получает изгиб по параболической кривой, с постепенной увеличивающейся кривизной и уменьшением плеча изгиба.

Последовательность процесса гибки приведена на фиг. 29. На всем протяжении процесса гибки заготовка имеет внутреннее закругление, которое больше радиуса пуансона, причем в процессе гибки происходит постепенное уменьшение радиуса кривизны и плеча изгиба (l_1, l_2, l_k). Заготовка постепенно уменьшающимся закруглением прилегает в двух точках к стенкам матрицы



Фиг. 29. Последовательность процесса гибки.



Фиг. 30. Способы гибки в штампах:
а и б — без прижима заготовки; в и г — с прижимом заготовки.

и с некоторого момента прижата к пуансону в трех точках. Только в конце хода, при калибрующем глухом ударе, заготовка полностью прилегает к пуансону.

Гибка в штампах может выполняться двумя способами:

- 1) без прижима заготовки;
- 2) с прижимом заготовки (фиг. 30).

Гибка без прижима применима лишь для деталей невысокой точности (7-й класс), так как допускает смещение заготовки в процессе гибки.

Гибка с прижимом применяется для деталей повышенной точности (5-й класс точности), так как не допускает смещения заготовки в процессе гибки.

Более высокая точность при гибке (3—4-й класс точности) достигается за счет применения технологических баз и дополнительной фиксации заготовки, а также за счет введения дополнительной калибровки.

11. Нейтральный слой

В холодной штамповке обычно производится гибка с малым радиусом закругления, сопровождаемая уменьшением толщины материала и смещением нейтрального слоя в сторону сжатых волокон, а для узких полос, кроме того, — изменением прямоугольной формы поперечного сечения в трапециевидную.

Рассматривая деформацию объемного элемента при чистом изгибе образца прямоугольного сечения (фиг. 31), получаем следующее выражение для радиуса кривизны нейтрального слоя, учитывающее различную ширину заготовки [74]:

$$\rho = \frac{R+r}{2} \alpha \beta = \left(\frac{r}{S} + \frac{\alpha}{2} \right) S \alpha \beta \text{ мм,}$$

где R — наружный радиус изогнутой детали в мм;

r — внутренний радиус гибки в мм;

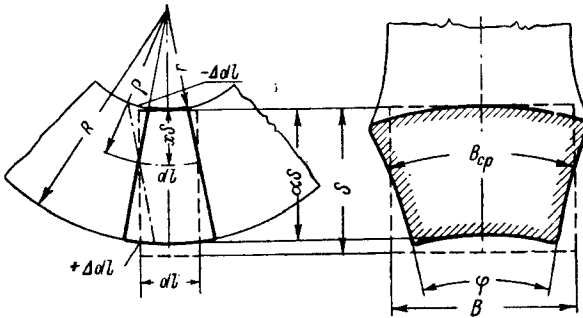
$\alpha = \frac{S_1}{S}$ — коэффициент утонения;

$\beta = \frac{B_{\text{ср}}}{B}$ — коэффициент уширения;

B — начальная ширина материала в мм,

$B_{\text{ср}}$ — средняя ширина материала после гибки в мм.

Эта формула определяет текущее положение нейтрального слоя и характеризует непрерывное смещение его к центру кривизны в процессе изгиба, так как радиус, а следовательно, и положение нейтрального слоя зависят главным образом от относительного радиуса изгиба $\frac{r}{S}$ и коэффициента утонения α .



Фиг. 31. Деформация объемного элемента при гибке:

----- до изгиба; ————— после изгиба.

Коэффициент утонения при гибке зависит от пластичности материала, степени деформации и угла изгиба.

Вопрос об утонении материала при пластическом изгибе, несмотря на ряд выполненных работ [71, 181], еще не получил окончательного решения и требует дальнейших теоретических и экспериментальных исследований.

Для практических целей могут быть использованы экспериментальные значения коэффициентов утонения (фиг. 32), полученные путем замеров толстых образцов из мягкой стали при изгибе их на 90° [74].

В табл. 27 приведены полученные экспериментально коэффициенты уширения при изгибе образцов прямоугольного сечения из стали 10—20,

Таблица 27

Коэффициенты уширения β при изгибе образцов из стали 10—20

Относительная ширина образца	$B \geq 3S$	$B = 2,5 S$	$B = 2 S$	$B = 1,5 S$	$B = S$	$B = 0,5 S$
Коэффициент уширения β	1,0	1,005	1,01	1,025	1,05	1,09

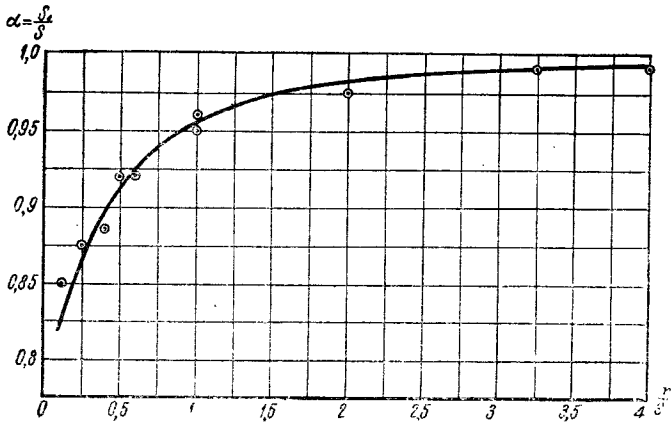
откуда видно, что изменение ширины практически имеет место лишь при гибке узких полос ($B < 3S$)

В холодной штамповке приходится иметь дело преимущественно с гибкой широких заготовок, у которых ширина в несколько раз больше толщины.

В данном случае можно считать, что изгиб происходит без заметной поперечной деформации вдоль тинни изгиба и следовательно, можно принять β равным единице

Коэффициент, определяющий расстояние от внутреннего радиуса изгиба до нейтрального слоя (фиг. 32), в случае гибки широких заготовок находится по формуле:

$$x = \frac{\rho - r}{S} = \frac{a^2}{2} - \frac{r}{S} (1 - a) \text{ мм.}$$



Фиг. 32. Коэффициенты утонения при гибке на 90° (сталь 10—20).

В табл. 28 приведены значения коэффициента утонения α и коэффициента x для случая гибки на 90° широких заготовок прямоугольного сечения из стали 10—20

Формула для радиуса кривизны нейтрального слоя справедлива и одинаково применима для любого угла изгиба, но коэффициенты утонения будут для них различны (например при гибке на 90 и 180°)

Таблица 28

Коэффициенты α и x для гибки на 90° (сталь 10—20)

Относительный радиус изгиба $\frac{r}{S}$	0,1	0,25	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0
Коэффициент утонения α . . .	0,82	0,87	0,92	0,96	0,985	0,992	0,995
Расстояние до нейтрального слоя x . . .	0,32	0,35	0,38	0,42	0,455	0,47	0,475

Необходимо указать, что обычный изгиб на 180° в холодном состоянии может быть осуществлен только при $r \cong S$

Изгиб на 180° с меньшими радиусами или вплоть до соприкосновения сторон обычно производится путем последующего обжатия предварительно загнутой детали. При этом процесс чистого изгиба нарушается, так как

происходит сильное сплющивание материала в закруглении, в результате чего изменяется и характер деформаций.

Экспериментально установлено [74], что, в результате обжатия изогнутых образцов из мягкой стали до соприкосновения сторон, в средней части заготовки происходит не утонение, а утолщение материала (фиг. 33) при небольшом увеличении площади поперечного сечения образца (до 3%). Исследование макро- и микроструктуры этих образцов позволило обнаружить группу мелких трещин и надрывов, возникших у внутреннего угла загиба вследствие сплющивания и вытеснения металла внутрь угла.

Это свидетельствует о том, что при изгибе до $r = 0$ возникает более сложная пластическая деформация, сопровождаемая сплющиванием внутренней части сечения.

На фиг. 34 приведены экспериментальные кривые дающие зависимость коэффициента утонения от относительного радиуса изгиба $\frac{r}{S}$, для изгиба на 180° образцов из мягкой стали. Верхняя кривая построена по обмерам толщин в середине образцов, нижняя кривая — с краю образцов. Промежуточная кривая дает среднюю величину коэффициента утонения, необходимую для определения положения «приведенного» нейтрального слоя, служащего для точного определения длины заготовки при гибке на 180° .

На фиг. 35 представлен график, дающий величину коэффициента χ , определяющего положение нейтрального слоя в зависимости от степени деформации $\frac{r}{S}$ при гибке мягкой стали на 90° (кривая 1) и 180° (кривая 2).

Кривая 2 дает положение «приведенного» нейтрального слоя, применяемого только для определения длины заготовки.

Приведенная ранее формула для определения радиуса кривизны нейтрального слоя применима для изгиба не только прямоугольных, но и других сечений (круг, трапеция), однако характер деформации поперечного сечения в этих случаях будет иной коэффициенты утонения — тоже, а следовательно, и положение нейтрального слоя должно быть иным.

При изгибе круглых стержней диаметром d вокруг оправки или пуансона радиусом до $r \geq 1,5d$ поперечное сечение стержня почти не изменяется и практически остается круглым.

В случае изгиба круглых стержней с меньшим радиусом изгиба ($r < 1,5d$) круглое сечение стержня искажается и принимает овальную и даже яйцевидную форму, обращенную удлиненной стороной внутрь угла загиба (фиг. 36).

Размеры овала превышают первоначальный диаметр стержня.

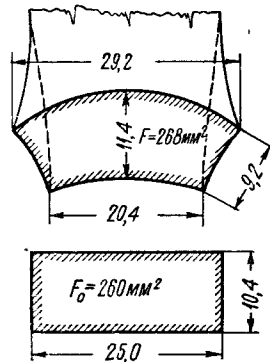
Радиус кривизны нейтрального слоя в данном случае приблизительно может быть определен по формуле

$$\rho = \left(r + \alpha_1 \frac{d}{2} \right) \alpha_1,$$

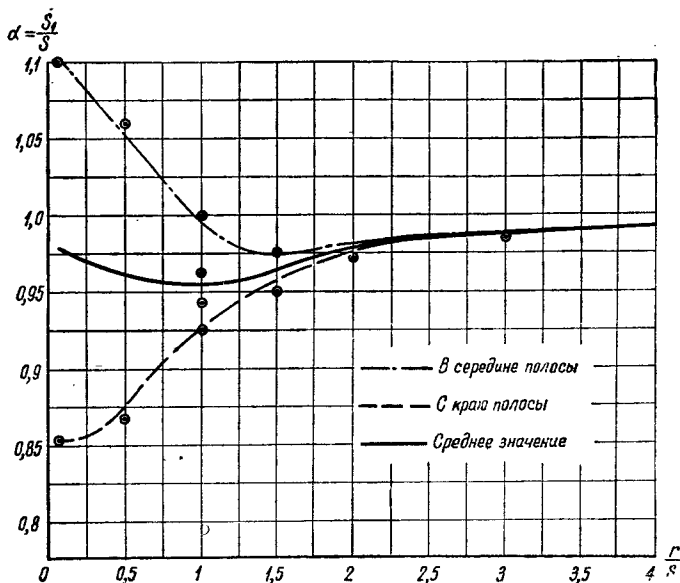
где d — диаметр стержня,

$\alpha_1 = \frac{d_1}{d}$ — коэффициент утолщения в радиальном направлении;

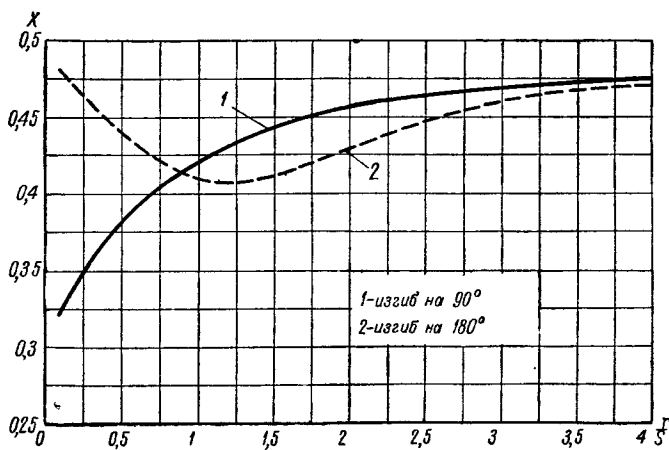
r — радиус изгиба.



Фиг. 33. Деформация поперечного сечения при изгибе на 180° и $r < 0,5S$ (сталь 20).



Фиг. 34. Коэффициенты изменения толщины при гибке на 180°, $B > 3S$ (сталь 10—20).



Фиг. 35. Коэффициенты, определяющие положение нейтрального слоя при гибке.

Примерные коэффициенты утолщения, полученные автором при изгибе круглых алюминиевых стержней, приведены в табл. 29.

Таблица 29

Приблизительная величина коэффициентов утолщения α_1 при изгибе круглых алюминиевых стержней

Радиус изгиба r	$1,4 d$	$0,65 d$	$0,25 d$	$0,1 d$
Коэффициент утолщения α_1	1,002	1,012	1,04	1,07

Положение нейтрального слоя при изгибе круглых алюминиевых стержней (расстояние до внутренней кромки наименьшего радиуса) приведено в табл. 30.

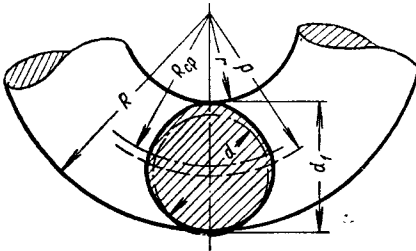
Таблица 30

Коэффициент x , определяющий положение нейтрального слоя при изгибе круглых алюминиевых стержней

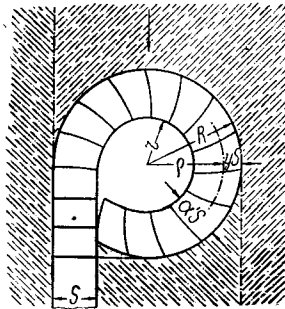
Радиус изгиба r	$\geq 1,5 d$	d	$0,5 d$	$0,25 d$
Коэффициент x	$0,5 d$	$0,51 d$	$0,53 d$	$0,55 d$

Таким образом, при изгибе круглых стержней радиусом $r \geq 1,5 d$ нейтральный слой проходит через центр круглого сечения, а при изгибе радиусом $r < 1,5 d$ — через смещенный вниз центр тяжести искаженного сечения.

Приведенные выше положения нейтрального слоя действительны при отсутствии растяжения отгибаемых полок, а также утонения или заклинивания их



Фиг. 36. Искажение сечения круглого стержня при изгибе с $r < d$.



Фиг. 36а. Торцевая закатка шарнирных петель.

между матрицей и пуансоном. В последних случаях растяжение может быть настолько значительным, что нейтральный слой становится фиктивным и выходит из пределов толщины материала.

В холодной штамповке широко применяется операция закатки петель шарниров, производимая путем торцевого давления пуансона, имеющего полукруглую выемку (фиг. 36а). При этом имеет место более сложная пласти-

ческая деформация, состоящая из консольного цилиндрического изгиба и несимметричного сжатия от силы трения.

Консольный цилиндрический изгиб осуществим при соотношении $R < 3,3S$, до которого не происходит потери устойчивости заготовки. Поэтому закатка шарнирных петель обычно производится при соотношении $R = (2-3,2) S$. При большем значении R закатку следует производить с применением оправки, равной внутреннему диаметру петли.

Радиус кривизны нейтрального слоя в случае торцевой закатки может быть найден по полученной автором формуле

$$\rho = R - yS = R - \frac{2 - k\alpha' - \alpha'}{2 \left(\frac{1}{\alpha'} - k \right)} S,$$

где α' — коэффициент изменения толщины материала: $\alpha' > 1$ при $R = (2-2,8) S$; $\alpha' \cong 1$ при $R = (2,8-3,2) S$; $\alpha' < 1$ при $R = (3,5-5) S$;

$k = \frac{r}{\rho_{\text{из}}}$ — коэффициент кривизны изгиба;

$\rho_{\text{из}}$ — радиус нейтрального слоя в случае изгиба без сжатия.

В таблице приведены приближенные значения $\frac{\rho}{S}$ и y в зависимости от заданного отношения $\frac{R}{S}$ для стали 10—20, подсчитанные по приведенной выше формуле.

	Относительный радиус $\frac{R}{S}$						
	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
Отношение $\frac{\rho}{S}$	1,56	1,74	1,92	2,11	2,3	2,5	2,7
Коэффициент y	0,44	0,46	0,48	0,49	0,5	0,5	0,5

Для определения размеров заготовки при торцевой закатке шарнирных петель автором предложены формулы, приведенные в табл. 34.

Рассмотренный выше слой является нейтральным слоем деформаций или нейтральным по длине и имеет большое практическое значение, так как точное определение его положения необходимо для нахождения правильной длины заготовки, предельно допустимого радиуса изгиба и пр.

От этого слоя необходимо отличать нейтральный слой напряжений, в котором происходит перемена знака напряжений (сжатие-растяжение).

Положение нейтрального слоя напряжений может быть определено по формуле, полученной из рассмотрения распределения напряжений по сечению [18]:

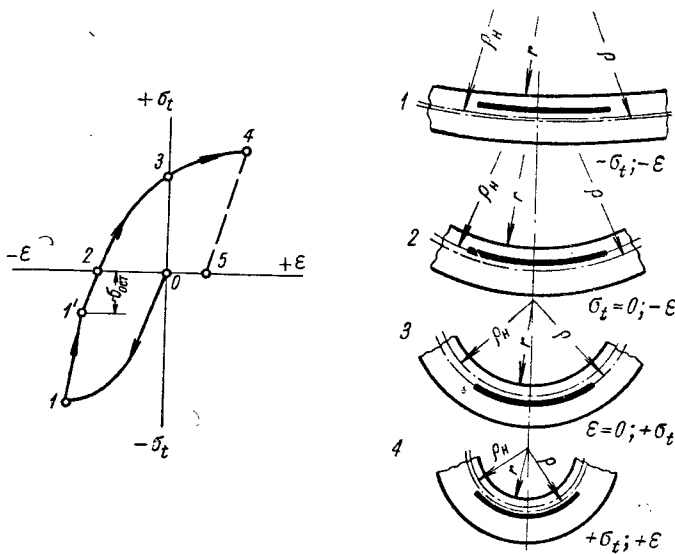
$$\rho_{\text{н}} = \sqrt{Rr} = r \sqrt{1 + \frac{\alpha S}{r}},$$

где $\rho_{\text{н}}$ — радиус кривизны нейтрального слоя напряжений.

Численно радиус кривизны нейтрального слоя напряжений меньше радиуса кривизны нейтрального слоя деформаций, а следовательно, первый находится ближе к центру кривизны изгиба.

Несовпадение нейтрального слоя напряжений с нейтральным слоем деформаций при изгибе является результатом отставания деформаций от напряжений (пластического гистерезиса) в средних слоях поперечного сечения (фиг. 37).

Пластический гистерезис возникает в результате перемены направления деформаций в этих слоях вследствие непрерывного смещения нейтрального слоя к центру кривизны, причем часть средних слоев, находившихся в начале изгиба в сжатой зоне и уже получивших укорочение, «переходит» в растя-



Фиг. 37. Отставание деформаций от напряжений при изгибе и несовпадение нейтрального слоя напряжений с нейтральным слоем деформаций.

нутую зону и подвергается растяжению. Точка O (фиг. 37) соответствует начальному, не деформированному состоянию выделенного слоя: в точке 1 этот слой сжат и укорочен; в точке 1' этот слой, получив остаточные сжимающие напряжения, подвергается растяжению; в точке 2 слой стал нейтральным по напряжениям, так как в этот момент происходит перемена знака напряжений; в точке 3 слой получил удлинение, равное первоначальному укорочению, и стал нейтральным по длине; точка 4 соответствует концу изгиба, а точка 5 — состоянию после разгрузки.

Отсюда следует важный вывод, что нейтральный слой напряжений всегда укорочен по длине, а нейтральный слой деформаций вначале укорочен, а затем вновь растянут до первоначальной длины и всегда находится в напряженном состоянии.

12. Величина деформаций и минимально допустимые радиусы гибки

Минимально допустимые радиусы гибки должны соответствовать пластичности металла и не допускать образования трещин.

Следовательно, минимальные радиусы гибки должны быть установлены по предельно допустимым деформациям крайних волокон.

Величину деформации крайних волокон можно определить по формулам [74], учитывающим утонение материала, смещение нейтрального слоя и изменение поперечного сечения.

Для растянутого наружного слоя радиуса R :

$$\epsilon_R = \frac{\frac{r}{\alpha S} + 1}{\left(\frac{r}{S} + \frac{\alpha}{2}\right)^\beta} - 1; \quad \psi_R = 1 - \frac{\left(\frac{r}{S} + \frac{\alpha}{2}\right)^\beta}{\frac{r}{\alpha S} + 1}.$$

Для сжатого наружного слоя радиуса r :

$$\epsilon_r = \frac{\left(\frac{r}{S} + \frac{\alpha}{2}\right)^\beta}{\frac{r}{\alpha S}} - 1; \quad \psi_r = 1 - \frac{\frac{r}{\alpha S}}{\left(\frac{r}{S} + \frac{\alpha}{2}\right)^\beta},$$

где ϵ — полное относительное удлинение, тождественное наибольшему относительному удлинению в шейке образца при растяжении;
 ψ — относительное сужение поперечного сечения.

Эти формулы представлены в удобном для вычисления виде, так как отношение $\frac{r}{S}$ является задаваемой величиной.

В случае изгиба узких полос ($B < 3,5S$) коэффициент β можно находить по табл. 27.

Для изгиба широких полос и листов β можно принять равным единице.

На фиг. 38 приведена диаграмма величины деформации крайних волокон в зависимости от отношения $\frac{r}{S}$ для стали 10—20 при $\beta = 1$.

В табл. 31 приведены результаты подсчета по указанным формулам величины деформации крайних растянутых волокон для стали 10—20 при гибке на 90° .

Таблица 31

Деформация наружных растянутых волокон при гибке на 90° (сталь 10—20)

Показатель деформации	Относительная ширина полосы $\frac{B}{S}$	Относительный радиус изгиба $\frac{r}{S}$						
		0,1 *	0,25 *	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0
Полное относительное удлинение ϵ_R в %	>3	120	88	61,3	38	21,6	15	11,5
	1	111	81	55	33	17	10,2	7
	0,5	104	74	49	28	12	6,3	3,2
Относительное сужение поперечного сечения ψ_R в %	>3	55	47	38	27,6	18	13	10,3
	1	53	44,6	35,6	25,2	14,5	10	7
	0,5	51	42,5	33	21,8	11,2	6	3

Примечание. Отмеченные звездочкой данные приводятся условно, так как при изгибе указанной кривизны характер деформации изменяется.

Относительное сужение поперечного сечения является более правильной характеристикой пластичности металла, чем относительное удлинение.

Для определения радиуса гибки по величине относительного поперечного сужения для стали 10—20 составлена табл. 32.

Знач ψ из испытаний на растяжение, по табл. 32 или по формуле находим минимальный радиус гибки.

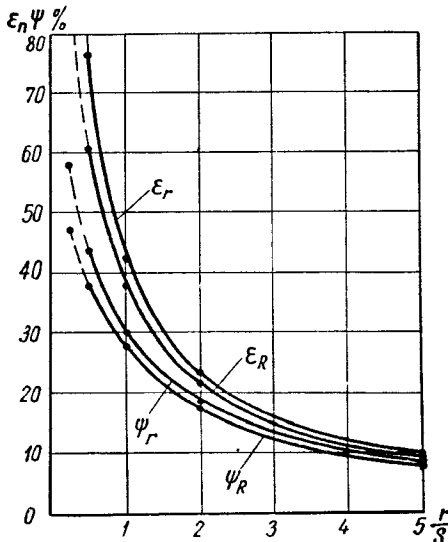
Полученные из испытаний величины относительного сужения при разрыве ψ_{\max} могут быть применены для определения наименьшего радиуса гибки поперек волокон проката, что соответствует испытанию продольных образцов.

При гибке вдоль направления проката величина предельно допустимых деформаций ψ' берется меньшей, пропорционально снижению пластических свойств поперечных образцов, что обычно составляет от 0,7 до 0,85. В дальнейшем принято

$$\psi' \cong 0,7\psi_{\max}$$

В табл. 33 для практического пользования приведены приближенные и обобщенные значения минимально допустимых радиусов гибки для различных материалов при разном расположении линии сгиба, полученные в соответствии с данными механических испытаний, приведенными в стандартах и справочниках.

Обычно гибке подвергаются заготовки, полученные вырубкой в штампах или резкой на ножницах. И в том, и в другом случае вблизи поверхности среза образуется зона наклепанного и деформированного металла, твердость которого на 20—30% выше, а пластичность ниже, чем в ненаклепанной зоне. В табл. 33 приведены данные для отожженного и для наклепанного состояния.



Фиг. 38. Диаграмма величины деформации крайних волокон в зависимости от $\frac{r}{S}$ (сталь 10—20).

Таблица 32

Радиусы гибки в зависимости от величины относительного сужения ψ

ψ в %	Радиус гибки r	ψ в %	Радиус гибки r
62	0	25	1,15 S
55	0,1 S	20	1,7 S
50	0,2 S	18	2,0 S
45	0,3 S	15	2,5 S
40	0,43 S	13	3,0 S
35	0,62 S	10,3	4,0 S
30	0,85 S	8,5	5,0 S
		4,5	10,0 S

Минимальные радиусы гибки

Материалы	Отожженные или нормализованные		Наклепанные	
	Расположение линии сгиба			
	поперек волокон проката	вдоль волокон проката	поперек волокон проката	вдоль волокон проката
Алюминий Медь отожженная Латунь Л68 Сталь 05, 08 кп	0	0,2S	0,3S 1,0S 0,4S 0,2S	0,8S 2,0S 0,8S 0,5S
Сталь 08—10, Ст. 1, Ст. 2	0	0,4S	0,4S	0,8S
Сталь 15—20, Ст. 3	0,1S	0,5S	0,5S	1,0S
Сталь 25—30, Ст. 4	0,2S	0,6S	0,6S	1,2S
Сталь 35—40, Ст. 5	0,3S	0,8S	0,8S	1,5S
Сталь 45—50, Ст. 6	0,5S	1,0S	1,0S	1,7S
Сталь 55—60, Ст. 7	0,7S	1,3S	1,3S	2,0S
Дуралюмин мягкий	1,0S	1,5S	1,5S	2,5S
Дуралюмин твердый	2,0S	3,0S	3,0S	4,0S
Магние е сплавы	(нагрев до 300°)		(в холодном состоянии)	
МА1	2S	3S	7S	9S
МА8	2S	3S	5S	8S

Примечания: 1. Минимальные радиусы гибки следует применять лишь в случае абсолютной конструктивной необходимости; во всех остальных случаях — применять увеличенные радиусы гибки.
2. При гибке под углом к направлению проката следует брать средние промежуточные значения в зависимости от угла наклона линии сгиба.
3. В случае гибки узких заготовок, полученных вырубкой или резкой без отжига, радиусы гибки нужно брать как для наклепанного металла.

Как видно из табл. 33, правило расположения линии сгиба поперек волокон проката следует строго применять лишь в случае гибки с очень малыми радиусами.

При гибке с большими радиусами расположение волокон проката безразлично, что в ряде случаев позволяет получить более экономный раскрой материала.

Значительно большую опасность для образования трещин при гибке представляют заусенцы и их расположение при изгибе, поэтому заготовку следует устанавливать заусенцами внутрь угла изгиба.

Большие заусенцы недопустимы, так как приводят к образованию трещин при любой установке заготовки.

13. Определение размеров заготовок при гибке

Определение размеров плоских заготовок, подлежащих гибке, основано на равенстве длины заготовки длине нейтрального слоя изогнутой детали, причем положение нейтрального слоя находят по табл. 28 или фиг. 35, а радиус кривизны ρ — по формуле (стр. 57).

Различают два основных случая определения размеров заготовки:

1) при гибке с закруглением (по радиусу);

2) при гибке под углом без закругления (с калибровкой угла).

Длина заготовки будет равна сумме длин прямых участков и длины нейтральной линии в изогнутом участке.

Длина нейтрального слоя в изогнутом участке определяется по формуле:

$$l = \frac{\pi\varphi}{180^\circ} (r + xS) \cong 0,017\varphi (r + xS);$$

или для $\varphi = 90^\circ$

$$l = \frac{\pi}{2} (r + xS) = 1,57 (r + xS),$$

где l — длина нейтрального слоя изогнутого участка;

φ — угол изогнутого участка;

x — коэффициент, определяющий положение нейтрального слоя (табл. 28 или фиг. 35).

Остальные обозначения известны.

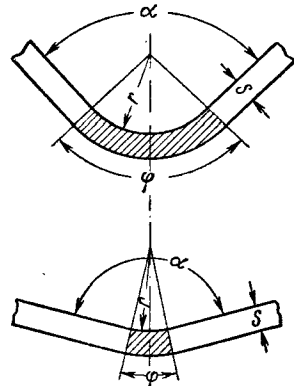
Угол изогнутого участка только при $\varphi = 90^\circ$ равен углу гибки, во всех же других случаях он составляет (фиг. 39):

$$\varphi = 180^\circ - \alpha,$$

где α — внутренний угол гибки (пуансона).

В табл. 34 приведены примеры определения размеров заготовок для наиболее распространенных случаев гибки по радиусу.

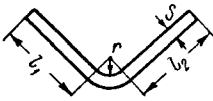
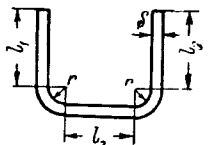
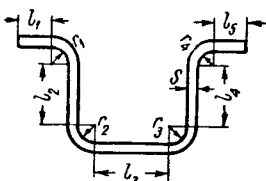
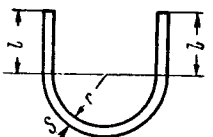
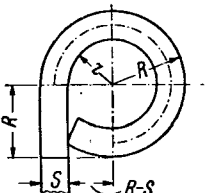
Расположение нейтральной линии (xS) определяется в зависимости от отношения $\frac{r}{S}$ и находится по диаграмме (фиг. 35) или по табл. 28.



Фиг. 39. Соотношение между углом изогнутого участка и углом гибки ($\varphi = 180^\circ - \alpha$).

Таблица 34

Определение размеров заготовки при гибке с закруглением (по радиусу)

Тип гибки	Эскиз	Длина заготовки в мм
Однoугловая гибка под прямым углом с закруглением		$L = l_1 + l_2 + \frac{\pi}{2}(r + xS)$
Двухугловая гибка под прямым углом с закруглением		$L = l_1 + l_2 + l_3 + \pi(r + xS)$
Многоугловая гибка под прямыми углами с закруглениями		$L = l_1 + l_2 + \dots + l_n + \frac{\pi}{2}(r_1 + x_1S) + \frac{\pi}{2}(r_2 + x_2S) + \dots + \frac{\pi}{2}(r_{n-1} + x_{n-1}S)$
Полукруглая (U-образная) гибка		$L = 2l + \pi(r + xS)$
Торцевая гибка (закатка) шарнирной петли		$L = 1,5 \pi r + 2R - S$ $r = R - yS$

Примечание. Коэффициент x — см. табл. 28, коэффициент y — см. табл. на стр. 62.

Для упрощения подсчетов и удобства пользования в заводских условиях может применяться способ расчета длины заготовки для гибки, не требующий больших вычислений и основанный на той же формуле радиуса нейтрального слоя (стр. 57).

Длина заготовки определяется как сумма внутренних размеров изогнутой детали A и B (фиг. 40) и поправки a , находимой по табл. 35.

$$L = A + B \pm a \text{ мм.}$$

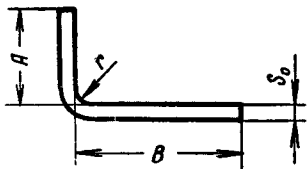
Величина поправки α , применяемой при расчете заготовок для гибки, в мм

Толщина материала S в мм	Радиус гибки r в мм																
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,8	1	1,2	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10
0,3	0,125	0,10	0,07	0,085	0,00	-0,125	-0,21	-0,3	-0,42	-0,64	-0,85	-1,05	-1,50	-1,9	-2,34	-3,2	-4,07
0,4	0,18	0,15	0,12	0,09	0,05	-0,06	-0,14	-0,22	-0,35	-0,56	-0,78	-1,0	-1,40	-1,84	-2,25	-3,1	-4,0
0,5	0,22	0,20	0,18	0,15	0,12	0	-0,07	-0,16	-0,28	-0,48	-0,7	-0,9	-1,34	-1,75	-2,2	-3,0	-3,9
0,8	0,37	0,35	0,33	0,31	0,28	0,18	0,11	0,04	-0,07	-0,3	-0,5	-0,7	-1,12	-1,57	-1,96	-2,80	-3,66
1	0,46	0,45	0,43	0,41	0,38	0,30	0,23	0,15	0,05	-0,14	-0,35	-0,57	-0,96	-1,38	-1,82	-2,66	-3,50
1,2	0,56	0,55	0,53	0,51	0,48	0,40	0,35	0,25	0,15	-0,01	-0,23	-0,45	-0,82	-1,25	-1,67	-2,52	-3,38
1,5	0,70	0,68	0,67	0,66	0,63	0,56	0,50	0,45	0,35	0,15	-0,02	-0,21	-0,62	-1,02	-1,47	-2,30	-3,12
2	0,93	0,92	0,91	0,89	0,88	0,81	0,76	0,70	0,63	0,46	0,28	0,09	-0,27	-0,68	-1,10	-1,93	-2,78
2,5	1,2	1,18	1,16	1,15	1,13	1,07	1,01	0,96	0,88	0,75	0,57	0,39	0,05	-0,35	-0,75	-1,60	-2,45
3	1,42	1,40	1,39	1,38	1,36	1,32	1,26	1,20	1,13	1,00	0,87	0,69	0,35	-0,02	-0,40	-1,25	-2,20
4	—	1,88	1,86	1,85	1,83	1,79	1,77	1,71	1,64	1,51	1,39	1,25	0,92	0,57	0,22	-0,54	-1,36
5	—	—	2,36	2,34	2,30	2,26	2,24	2,22	2,18	2,07	1,91	1,77	1,55	1,16	0,80	0,10	-0,70

Величина поправки подсчитана по формуле:

$$a = \frac{\pi}{2} \rho - 2r \text{ мм.}$$

Как видно из табл. 35, при известных соотношениях $\frac{r}{S}$ (слева от жирной ломаной линии) поправка берется со знаком плюс, а для соотношений, находящихся справа от жирной линии, — со знаком минус (вычитается)



Фиг. 40. Схема к определению длины заготовки (табл. 35).

Данные табл. 35 применимы для мягкой стали и цветных сплавов при одноугловой и двухугловой гибке без прижима боковых полок и без растяжения заготовки вследствие малого зазора.

В случае гибки под углом без закругления определение размеров заготовки производится исходя из равенства объемов заготовки и изогнутой детали с учетом утонения в месте изгиба.

В данном случае длина заготовки определяется как сумма длин прямых участков и прибавки на образование углов:

$$L = l_1 + l_2 + \dots + l_n + kS(n-1) \text{ мм,}$$

где n — число прямых участков;
 l_1, l_2, \dots, l_n — длины прямых участков в мм;
 k — коэффициент, составляющий для одноугловой гибки — $0,48 \div 0,50$, для двухугловой гибки — $0,45 \div 0,48$ (при достаточном зазоре).

14. Упругое пружинение при гибке

Гибка, являющаяся процессом пластической деформации сопровождается упругой деформацией, определяемой законом Гука. По окончании гибки упругая деформация устраняется, вследствие чего происходит изменение размеров изделия по сравнению с размерами, заданными инструментом, называемое упругим пружинением.

Упругое пружинение обычно выражается в угловом изменении и является той величиной, на которую следует уменьшать угол гибки или пуансона, чтобы получить требуемый угол изогнутой детали. Величина угла пружинения может быть определена двумя способами: аналитическим расчетом величины упругой деформации и опытным путем посредством испытаний и замеров.

Первому способу посвящен ряд научных работ советских ученых и исследователей [71, 85, 221], однако формулы, полученные в результате этих работ, сложны и неудобны для практического пользования.

Величина упругого пружинения различна: а) для свободной гибки без калибровки материала; б) для гибки в упор с калибровкой материала и чеканкой угла.

При свободной гибке величина упругого пружинения зависит от упругих свойств материала, степени деформации при гибке $\left(\frac{r}{S}\right)$, угла гибки и способа гибки (V- или П-образная).

Ниже приводятся упрощенные формулы для приближенного определения упругого пружинения при свободной гибке [74].

Для V-образной гибки:

$$\text{tg } \beta = 0,375 \frac{l}{kS} \cdot \frac{\sigma_s}{E}.$$

Для П-образной гибки:

$$\operatorname{tg} \beta = 0,75 \frac{l_1}{kS} \cdot \frac{\sigma_s}{E},$$

где β — угол пружинения (односторонний);
 k — коэффициент, определяющий положение нейтрального слоя в зависимости от $\frac{r}{S}$, равный $1-x$;

l — расстояние между опорами — губками матрицы в мм;
 l_1 — плечо гибки, равное $r_m + r_n + 1,2S$, в мм.

Коэффициент x находится или по диаграмме (фиг. 35) или по табл. 28.

При гибке с большими радиусами закруглений, или при U-образной гибке, необходимо определить не угловое пружинение, а упругое изменение радиуса после гибки.

В данном случае, по заданному чертежом отношению $\frac{r}{S}$ определяют величину остаточной деформации крайних волокон по приближенной формуле

$$\epsilon_0 = \frac{1}{2 \frac{r}{S} + 1}.$$

Затем по диаграмме растяжения данного материала находят величину полной деформации

$$\epsilon_n = \epsilon_0 + \epsilon_{\text{упр}}.$$

Наконец, по ϵ_n по приведенной выше формуле определяют искомый (уменьшенный) радиус пуансона.

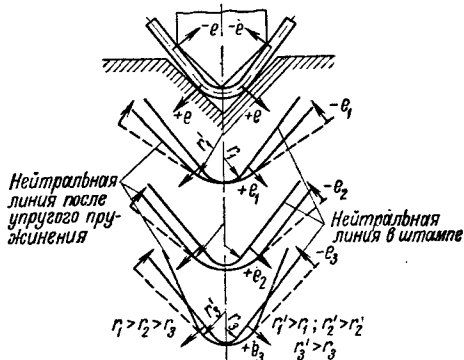
В случае гибки в упор, с калибровкой материала и чеканкой угла, упругое пружинение зависит не только от отношения $\frac{r}{S}$, но также от настройки пресса и степени наклепа металла. Из практики известны случаи, когда упругое пружинение при гибке в упор с малым радиусом закругления пуансона ($\frac{r}{S} < 0,2-0,3$) и чеканкой угла дает не увеличение, а уменьшение угла детали.

Объяснение этому дает последовательность процесса гибки, приведенная на фиг. 29, в частности, последние две стадии — выпрямление боковых полок и чеканка угла.

При гибке в упор с чеканкой угла имеет место взаимоположенное упругое пружинение:

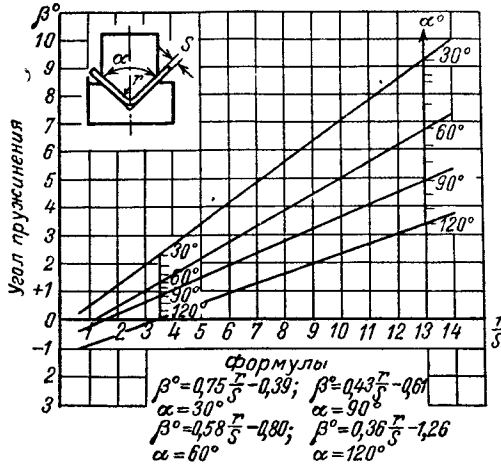
- а) пружинение закругления угла изгиба (положительное пружинение);
- б) пружинение выпрямляемых пуансоном боковых полок (отрицательное пружинение).

В результате взаимокомпенсирующего действия положительного и отрицательного пружинений, в зависимости от величин $\frac{r}{S}$, $\frac{l}{S}$ и α , возможны три случая: общий угол пружинения положителен, или равен нулю, или отрицателен как изображено на фиг. 41.

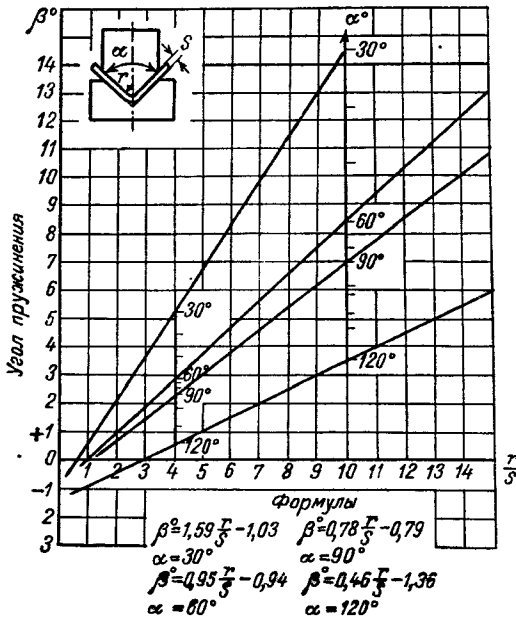


При $(+\epsilon_1) > (-\epsilon_2)$ — угол пружинения положителен
 При $(+\epsilon_2) = (-\epsilon_2)$ — " — " — равен нулю
 При $(+\epsilon_3) < (-\epsilon_3)$ — " — " — отрицателен

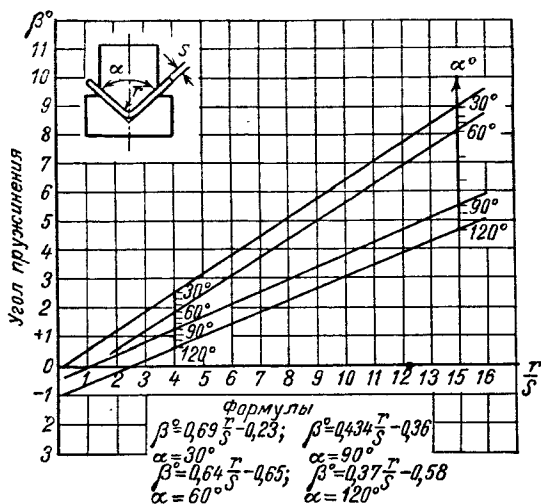
Фиг. 41. Различные случаи пружинения при гибке в упор с малым радиусом.



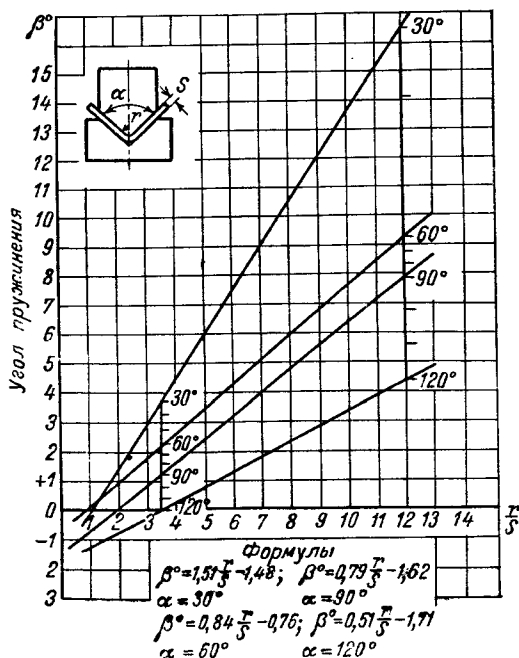
Фиг. 42. Диаграмма для определения углов пружинения при гибке стали марок 08—10 и Ст. 1.



Фиг. 43. Диаграмма для определения углов пружинения при гибке стали марок 25—30 и Ст. 4.



Фиг. 44. Диаграмма для определения углов пружинения при гибке стали марок 15—20 и Ст. 2 — Ст. 3.



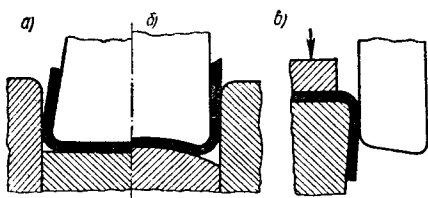
Фиг. 45. Диаграмма для определения углов пружинения при гибке стали марки 35 и Ст. 5.

Необходимо указать, что при гибке в упор с чеканкой угла даже в одном и том же штампе может быть получена различная величина упругого пружинения в зависимости от настройки пружина и положения нижней мертвой точки.

Вследствие этого, в данном случае наиболее простым способом является определение угла пружинения опытным путем.

Выше приведены графики (фиг. 42—45) для определения углов пружинения при гибке стальных деталей в зависимости от относительного радиуса и угла изгиба, полученные экспериментально [193].

Графики построены отдельно для разных марок стали. Внизу на графиках приведены обобщенные зависимости, по которым они построены.



Фиг. 46. Способы компенсации угла пружинения.

Эти графики дают положительную, а в некоторых случаях отрицательную величину угла пружинения, причем знак (+) или (-) определяется положением участка наклонных линий относительно нулевой линии.

Экспериментально установлено, что в случае одноугловой гибки на 90° наименьшая величина пружинения получается при отношении

$\frac{r}{S} = 1 - 1,5$. Поэтому для

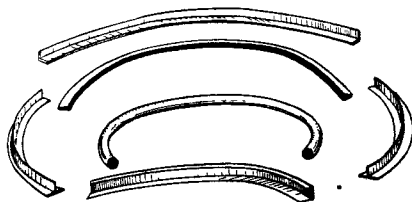
уменьшения угла пружинения при угловой гибке следует уменьшить радиус закругления пуансона и усилить чеканку ребра изгиба.

Для компенсации угла пружинения при одноугловой гибке следует уменьшить угол пуансона и величину угла пружинения, а при двухугловой гибке — или сделать поднутрение, равное углу пружинения (фиг. 46, а), или сделать радиусный выгиб средней полки (фиг. 46, б).

В случае одноугловой гибки с прижимом (фиг. 46, в) поднутрение делается на матрице, а зазор берется равным наименьшей толщине материала.

15. Изгиб с растяжением

Во многих отраслях промышленности применяются полосовые или профилированные детали (фиг. 47), изогнутые под весьма большим радиусом (малой кривизны).



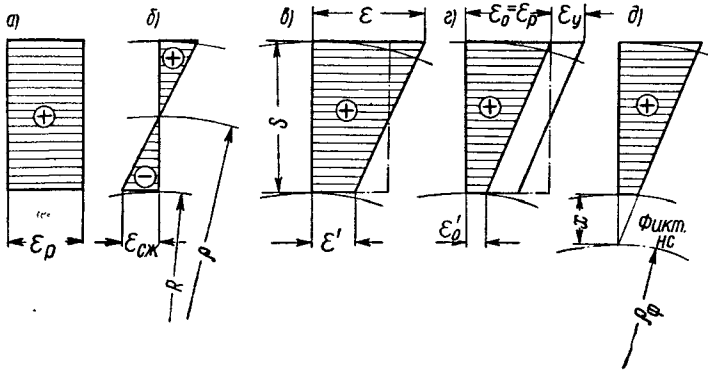
Фиг. 47. Примеры контурной гибки профилей.

Обычной гибкой такие детали получить нельзя, так как при изгибе большим радиусом деформации поперечного сечения будут целиком или в значительной мере упругими, вследствие чего заготовка будет распружинивать и выпрямляться.

Для изготовления деталей малой кривизны применяется изгиб с растяжением заготовки. При этом растягивающая сила создает деформации удлинения, по величине превышающие упругие, благодаря чему изгиб происходит в области пластических (остаточных) деформаций, а деталь сохраняет свою форму.

Деформации удлинения, вызванные растяжением заготовки, накладываются на разноименные деформации, получающиеся при изгибе, и дают измененную схему распределения деформаций по сечению.

На фиг. 48 приведены следующие схемы распределения деформаций по высоте сечения при изгибе с растяжением: *a* — схема деформаций удлинения ϵ_p при растяжении, равномерно распределенных по сечению;



Фиг. 48. Схемы распределения деформаций при изгибе с растяжением.

b — схема распределения деформаций удлинения (+) и укорочения (-) от изгиба радиусом R ; *c* — общая схема распределения деформаций в момент действия приложенных нагрузок, полученная наложением схем *a* и *b*; *d* — схема, показывающая уменьшение деформаций в результате снятия упругих деформаций после прекращения нагрузки; *e* — окончательная схема распределения остаточных деформаций удлинения по всему сечению.

Как указано на фиг. 48, *d*, нейтрального слоя в сечении заготовки нет, так как все сечение получило удлинение. Нейтральный слой стал фиктивным и переместился наружу, находясь на расстоянии x от внутренней поверхности изогнутого сечения.

Из рассмотрения схем распределения деформаций при изгибе с растяжением можно сделать следующие выводы.

Для того, чтобы при малой кривизне изгиба (большом R) обеспечить пластическую деформацию по всему сечению, необходимо при растяжении получить удлинение

$$\epsilon_p \geq \epsilon_s + \frac{S}{2\rho},$$

где $\epsilon_s = 0,002$ — величина деформации, соответствующая пределу текучести.

Учитывая некоторую приближенность выводов, можно принять

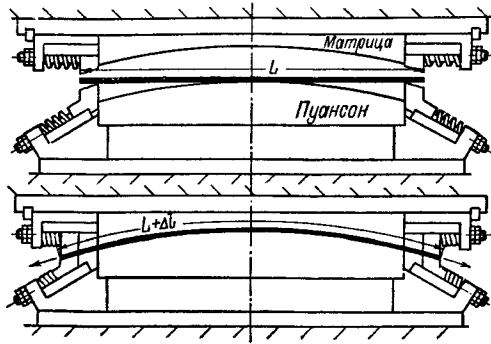
$$\epsilon_p \geq 2,5\epsilon_s \geq 0,005.$$

Следовательно, при изгибе с растяжением для получения полностью остаточных деформаций по всему сечению достаточно растянуть заготовку на 0,5% ее длины.

Однако в этом случае пружинение будет достигать большого значения, так как величина упругой деформации по сравнению с остаточной довольно велика. Поэтому при изгибе профилированного материала обычно применяют значительно большую величину удлинения при растяжении (~5%), которая дает большую степень пластической деформации, большую величину наклепа и меньшую величину упругого пружинения. Это, однако, приводит к значи-

тельному искажению профиля заготовки и требует принятия предупредительных мер.

На фиг. 49 изображен штамп для гибки плоской заготовки с растяжением, устройство и способ действия которого ясны из чертежа.



Фиг. 49. Штамп для гибки с растяжением.

16. Изгибающие моменты и усилия гибки

Внешний изгибающий момент при гибке определяется из условия равновесия его с моментом внутренних сил, а последний складывается из моментов нормальных напряжений в растягиваемой и сжимаемой зонах.

Для определения моментов внутренних сил необходимо знать распределение напряжений по поперечному сечению и величину наибольшего напряжения для данной степени деформации.

В табл. 36 приведены схемы распределения тангенциальных напряжений и формулы для определения моментов внутренних сил: для приближенного подсчета (без учета смещения нейтрального слоя, утонения и упрочнения материала) и для уточненного подсчета с учетом этих реальных условий процесса гибки.

Таблица 3

Формулы для определения моментов внутренних сил при гибке

Способ подсчета	Схема напряжений	Момент внутренних сил в кг/мм
Приближенный		$M = 1,5W\sigma_s = W_{пл} \sigma_s$

Продолжение табл. 36

Способ подсчета	Схема напряжений	Момент внутренних сил в кг/см
Уточненный		$M = 1,5W\sigma_b n = W_{пл} \sigma_b n$

Принятые обозначения:

W — момент сопротивления (для прямоугольного сечения $W = \frac{BS^2}{6}$);
 $W_{пл} = 1,5W$ — пластический момент сопротивления для прямоугольного сечения;

n — коэффициент, характеризующий влияние упрочнения, приближенные значения которого составляют для разных материалов от 1,8 до 1,6, причем большее значение относится к более пластичным материалам.

Действительные схемы распределения напряжений, построенные методами теории пластических деформаций с учетом реальных условий гибки, имеют максимум сжимающих напряжений вблизи нейтрального слоя.

Это происходит вследствие противоположного влияния радиальных сжимающих напряжений на величину тангенциальных напряжений в сжатой и растянутой зонах сечения, что приводит к разному характеру деформаций сдвига в этих зонах.

В сжатой зоне радиальные напряжения сжатия противодействуют деформациям сдвига, которые вследствие этого могут быть осуществлены лишь при большей величине тангенциальных сжимающих напряжений.

В растянутой зоне сечения радиальные напряжения, наоборот, способствуют осуществлению деформаций сдвига, которые происходят при меньшей величине тангенциальных растягивающих напряжений.

Усилие гибки определяется из равенства внешнего изгибающего момента моменту внутренних сил. Изгибающие моменты для различных схем гибки приведены в табл. 37.

Таблица 37

Формулы для определения изгибающих моментов

	Схема гибки		
	V-образная	U-образная	П-образная
Изгибающий момент в кг.м.м	$M = \frac{Pl}{4}$ $l \cong 2(r + S)$	$M = \frac{Pl}{4}$ $l = 2(r + 1,2S)$	$2M = Pl$ $l = r + 1,2S$

Принятые обозначения:

l — плечо в конце гибки в мм;

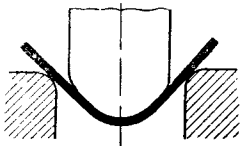
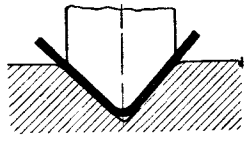
r — радиус гибки (пуансона) в мм.

В табл. 38 приведена формула усилия гибки для случая свободного изгиба, подсчитанная указанным методом, и приближенная формула для гибки с калибровкой материала.

В последнем случае усилие гибки определяется не столько процессом изгиба, сколько процессом калибровки, требующим значительного давления и практически зависящим от регулировки величины хода пресса и отклонений материала по толщине.

Таблица 38

Формулы для определения усилий гибки

Способ гибки	Схемы гибки	Усилия гибки в кг
Свободная гибка		$P = \frac{BS^2}{l} \sigma_b n = BS \sigma_b k_1$
Угловая гибка с калибровкой		$P = pF$

Принятые обозначения:

l — расстояние между опорами в мм;

n — коэффициент, характеризующий влияние упрочнения, равный 1,6—1,8;

p — удельное давление калибровки (правки) в кг/мм² (по табл. 40);

F — площадь калибруемой заготовки (под пуансоном) в мм²;

k_1 — коэффициент, находимый по табл. 39.

Оптимальным плечом для свободного изгиба следует считать

$$l = 15S \div 20S.$$

Таблица 39

Значения коэффициента k_1 для свободного изгиба

Материалы	Отношение $\frac{l}{S}$					
	8	10	15	20	25	30
Сталь 10—15, латунь, алюминий (мягкий)	0,23	0,18	0,12	0,09	0,073	0,06
Сталь 20—25, алюминий наклепанный . .	0,21	0,17	0,11	0,086	0,070	0,057
Сталь 30—40, дуралюмин	0,20	0,16	0,10	0,08	0,065	0,053

Таблица 4

Приближенные значения удельного давления калибровки (правки) p в кг/мм²

Материал	Толщина материала в мм	
	до 3	от 3 до 10
Алюминий	3—4	5—6
Латунь	6—8	8—10
Сталь 10—20	8—10	10—12
Сталь 25—35	10—12	12—15

17. Конструктивно-технологические элементы и указания при гибке

К конструктивно-технологическим элементам относятся: зазоры, радиусы закруглений матриц, глубина рабочей полости и другие элементы рабочих частей штампа, от правильного выполнения которых зависят нормальный ход процесса гибки и качество деталей.

В случае гибки небольших деталей радиус закругления матрицы обычно принимают равным $r = (2-5) S$.

Однако радиус закругления зависит также от глубины матрицы, а последняя — от длины загибаемой полки.

В табл. 41 приведены радиусы закруглений гибочных матриц, глубина рабочей полости матриц (фиг. 50) и коэффициенты для определения зазора [112].

Зазор между матрицей и пуансоном при двухугловой гибке составляет:

$$z_{\text{гиб}} = S_{\text{max}} + Sn,$$

где $z_{\text{гиб}}$ — односторонний зазор между матрицей и пуансоном в мм;
 S_{max} — наибольшая толщина материала (с учетом допуска) в мм;
 n — коэффициент, находимый по табл. 41.

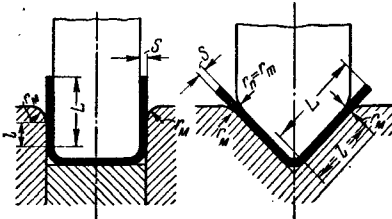
Таблица 4

Радиусы закруглений матриц r_m , глубина матриц l и коэффициенты n для определения зазора при гибке

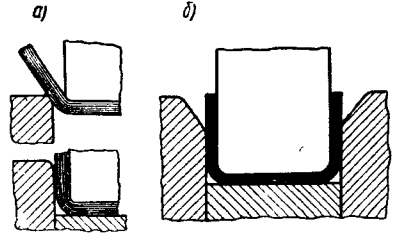
Длина загибаемой полки L в мм	Толщина материала в мм											
	до 0,5			0,5—2,0			2,0—4,0			4,0—7,0		
	l	r_m	n	l	r_m	n	l	r_m	n	l	r_m	n
10	6	3	0,1	10	3	0,1	10	4	0,08	—	—	—
20	8	3	0,1	12	4	0,1	15	5	0,08	20	8	0,06
35	12	4	0,15	15	5	0,1	20	6	0,08	25	8	0,06
50	15	5	0,2	20	6	0,15	25	8	0,1	30	10	0,08
75	20	6	0,2	25	8	0,15	30	10	0,1	35	12	0,1
100	—	—	—	30	10	0,15	35	12	0,1	40	15	0,1
150	—	—	—	35	12	0,2	40	15	0,15	50	20	0,1
200	—	—	—	45	15	0,2	55	20	0,15	65	25	0,15

Радиусы закруглений гибочной матрицы должны быть одинаковыми с обеих сторон, в противном случае скольжение заготовки будет различным и деталь получится несимметричной.

Глубина матриц, указанная в табл. 41, применяется в случае сравнительно небольшой величины рабочего хода большинства кривошипных прессов малой мощности, а поэтому она меньше длины загибаемых полок.



Фиг. 50. Радиусы закруглений и глубина гибочных матриц.



Фиг. 51. Вмятины при гибке и рекомендуемая форма матрицы.

Это применимо только в том случае, когда к прямолинейности полок не предъявляется высоких требований, иначе глубина матрицы l должна быть больше высоты изгибаемой детали L . При этом, в случае гибки деталей с большими полками, требуется большая величина рабочего хода пресса и повышенное давление.

В ряде случаев для уменьшения величины пружинения гибку производят с небольшим утонением полок, применяя зазор, равный наименьшей толщине материала $z = S_{\min}$.

Малые радиусы закруглений матрицы (меньше табличных) приводят к большему утонению материала и образованию вмятин и отпечатков (фиг. 51, а).

При гибке скобы с прижимом рекомендуется применять матрицу со скосом и закруглением углов (фиг. 51, б).

На фиг. 52 приведены способы гибки некоторых типовых деталей [17]. Гибку уголков с разной длиной полок следует производить, как указано на фиг. 52, а. Детали с очень короткой полкой ($h = 2 - 3S$) необходимо гнуть в матрице с упором (фиг. 52, в) или по способу завивки края давлением на торец.

Детали Z-образного профиля следует гнуть в одну операцию (фиг. 52, г и д).

Для гибки деталей швеллерного профиля, особенно с криволинейной осью или разной ширины, рекомендуется применять штампы клинового типа (фиг. 52, е) с ходом ползушек, равным $(2-3)S$.

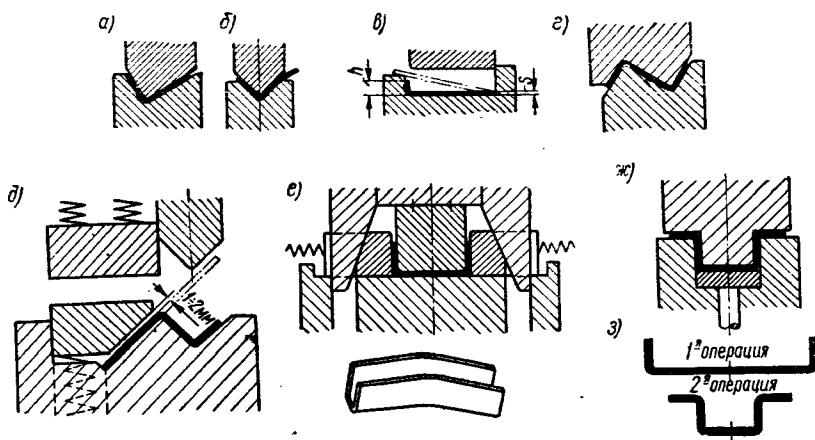
Детали коробчатого профиля с фланцами при небольшой толщине материала (до 3 мм) и достаточно больших радиусах закруглений ($r \geq 2+3S$) можно гнуть в одну операцию (фиг. 52, ж). Однако при этом происходит утонение и удлинение материала. В случае же большей толщины материала или малых радиусов в углах гибку следует производить в две операции (фиг. 52, з), если допустимы неизбежные при этом погрешности размеров и формы, или в штампах клинового типа (фиг. 52, и).

Детали с криволинейной осью (фиг. 52, к) можно гнуть только на штампах указанного типа.

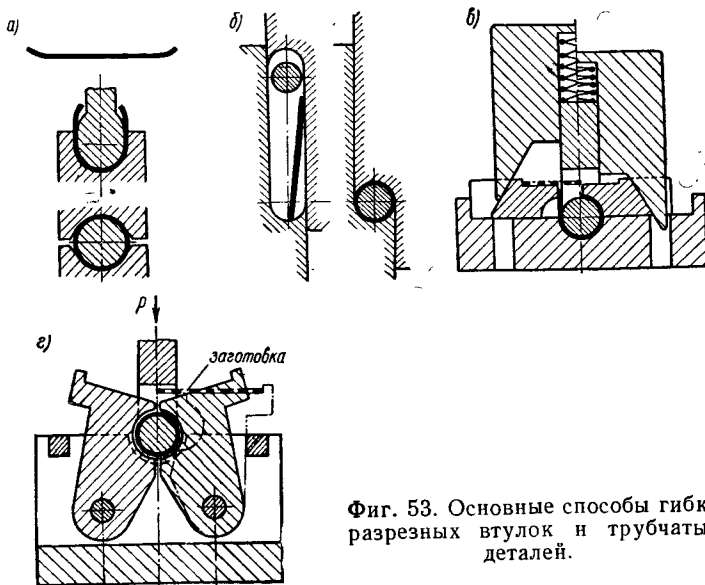
На фиг. 53 изображены основные способы гибки разрезных втулок и трубчатых деталей.

На фиг. 53, а показан способ гибки втулок в три операции, применение которого наиболее целесообразно в случае толстого материала.

Эта же последовательность переходов применяется и при штамповке втулок на специальных штампах-автоматах при повороте положения заготовки на 180° .



Фиг. 52. Способы гибки типовых деталей.



Фиг. 53. Основные способы гибки разрезных втулок и трубчатых деталей.

На фиг. 53, б, в и г показаны схемы гибки втулок в одну операцию: на фиг. 53, б — по способу завивки по желобу вокруг стержневой оправки, на фиг. 53, в — клиновым штампом, а на фиг. 53, г — шарнирным штампом.

Общие технологические правила, относящиеся к заготовкам, подлежащим гибке:

1. При вырезке заготовки, в случае гибки с малым радиусом, линия сгиба должна проходить поперек или под углом к направлению волокон проката; в противном случае возможны трещины.

2. Если соблюдение этого правила приводит к неэкономному раскрою материала, то следует от него отказаться, применив увеличенные радиусы гибки, для которых направление волокон проката не опасно.

3. Вырезку заготовок несимметричного контура следует производить в таком направлении, чтобы при гибке заусенцы были направлены внутрь угла гибки, а не наружу. В противном случае неизбежно образование трещин.

4. Заготовки желательно обкатывать в барабане для удаления заусенцев или зачищать другим способом.

ВЫТЯЖКА

18. Процесс вытяжки

В соответствии с классификацией холодной штамповки (фиг. 1) к вытяжным работам относятся операции, предназначенные для изготовления пустотелых деталей: вытяжка без утонения стенок, протяжка с утонением стенок и обтяжка с растяжением материала. Первая группа операций является наиболее многообразной и наиболее распространенной в холодной штамповке.

Вытяжка представляет собой превращение плоской заготовки в полую деталь любой формы (или дальнейшее изменение ее размеров) и производится на вытяжных штампах.

На фиг. 54 представлена схема простой вытяжки цилиндрического колпачка диаметром d и высотой h из заготовки диаметром D .

В процессе вытяжки кольцевая часть заготовки ($D - d$) превращается в цилиндр диаметром d и высотой h . Так как объем металла при вытяжке не изменяется, то высота колпачка h больше ширины кольцевой части h_0

$$h > \frac{D-d}{2}.$$

Следовательно, вытяжка происходит за счет пластической деформации, сопровождаемой смещением значительного объема металла в высоту.

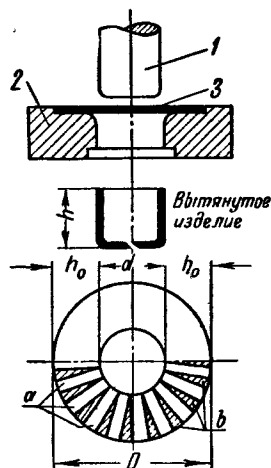
Этот смещенный объем условно изображен на фиг. 54 в виде заштрихованных треугольников, как бы вытесняемых при вытяжке и идущих на увеличение высоты колпачка.

Из элементарных геометрических соотношений смещенный объем выражается формулой

$$V_{см} = S \frac{\pi}{4} (D-d)^2.$$

Степень деформации при вытяжке может быть выражена отношением смещенного объема к деформируемому

$$E = \frac{V_{см}}{V_{деф}} = \frac{(D-d)^2}{D^2 - d^2} = \frac{D-d}{D+d}.$$



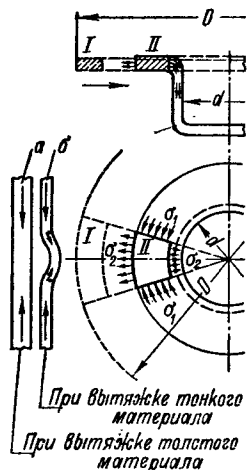
Фиг. 54. Схема вытяжки колпачка:

1 — пуансон; 2 — матрица;
3 — заготовка.

При большой степени деформации, что соответствует глубокой вытяжке, смещенный «избыточный» объем является причиной образования гофров и складок. При малой степени деформации и при относительно большой толщине материала складкообразования не происходит, так как высота гофров незначительна и они проглаживаются при продавливании вытянутого изделия через отверстие матрицы.

Для предотвращения образования складок при вытяжке применяется прижим заготовки особыми складкодержателями.

При вытяжке имеет место сложная пластическая деформация, в процессе которой элемент плоской заготовки I (фиг. 55) изменяет свои размеры (удлиняется в радиальном и укорачивается в тангенциальном направлении) и занимает положение II, а затем превращается в элемент боковой поверхности полого изделия.



Фиг. 55. Напряжения и деформации элемента заготовки при вытяжке.

В начале первой операции вытяжки для элемента заготовки I, находящегося вблизи наружного края фланца (фиг. 55), наибольшей по величине является деформация тангенциального сжатия, средней — деформация удлинения в радиальном направлении, а наименьшей — утолщение металла.

В результате деформации тангенциального сжатия при вытяжке тонкого материала образуются гофры (фиг. 55, б). В толстом материале, при тех же размерах заготовки и изделия, гофры не образуются (фиг. 55, а).

При перемещении элемента к вытяжному ребру матрицы II наибольшей деформацией становится деформация радиального удлинения, так как тангенциальное сжатие постепенно уменьшается. При переходе элемента через вытяжное ребро матрицы эта деформация элемента усложняется появлением дополнительной деформации пространственной изгиба.

После этого элемент заготовки переходит в криволинейно-вертикальную стенку и претерпевает лишь осевое удлинение вдоль образующей,

при незначительном утонении материала. Лишь вблизи дна изделия возникает сосредоточенная деформация значительного утонения.

Дно изделия подвергается незначительному плоскому удлинению (1—2%) и утонению (2—3%), которыми практически можно пренебречь.

Произведенные опыты показывают, что деформация цилиндрических стенок в зазоре и у донного закругления продолжается на протяжении всего рабочего хода, сопровождаемая непрерывным уменьшением толщины.

На фиг. 56 приведены схемы напряженно-деформированного состояния в разных частях изделия при вытяжке с прижимом (складкодержателем). При вытяжке без прижима меняется лишь схема напряженного состояния во фланце.

Таким образом, вытяжка представляет собой процесс сложного нагружения при непрерывно меняющихся видах напряженно-деформированного состояния.

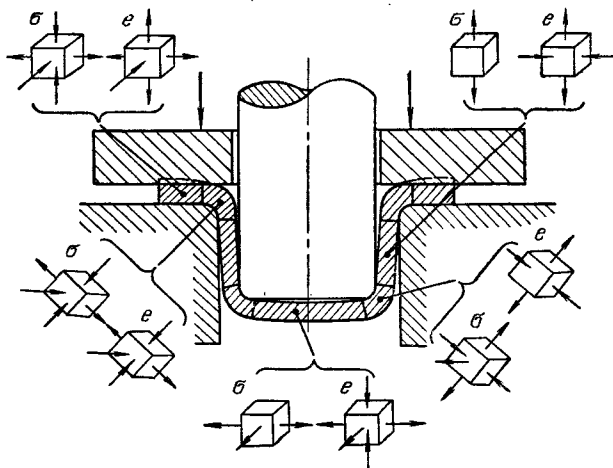
Интенсивность напряженно-деформированного состояния различна для различных стадий вытяжки и участков заготовки. Наибольшая интенсивность напряженно-деформированного состояния имеется на краю вытягиваемой детали.

Однако наиболее опасным местом является зона перехода от дна к стенкам детали, вследствие возникающего в этом месте значительного утонения материала.

Последующие операции вытяжки имеют несколько иную схему напряженно-деформированного состояния, но также являются процессами сложной пластической деформации.

Для наглядного представления о характере деформации и возможности определения ее величины на отдельных участках применяют метод нанесения на заготовку прямоугольной (фиг. 57) или радиально-кольцевой (фиг. 58) координатной сетки, а затем изучают ее искажение при вытяжке.

Искажение показывает, что деформации тангенциального сжатия превосходят величину деформаций радиального растяжения.



Фиг. 56. Схемы напряженно-деформированного состояния при вытяжке (σ — напряжения, e — деформации).

На фиг. 59, *a* приведена деформация и подсчитаны относительные удлинения (+) и укорочения (—) отдельных участков пятимиллиметровой координатной сетки, выраженные в процентах, а на фиг. 59, *б* указаны изменения толщины стенок той же детали при вытяжке со складкодержателем. Обращает внимание сильное утонение у донного закругления (27,5%) и небольшое утолщение фланца (+10%).

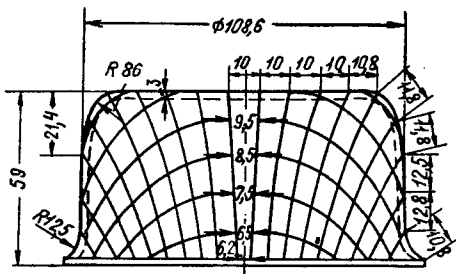
На фиг. 60 представлена последовательность процесса вытяжки без прижима, иллюстрирующая превращение плоской заготовки в полое изделие.

При вытяжке без прижима заготовки утонение вблизи дна получается несколько меньше, а утолщение у края колпачка значительно больше (до 30%).

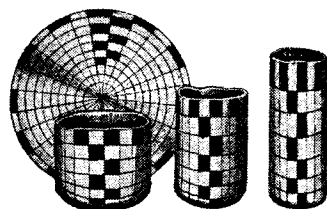
На фиг. 61 приведено изменение толщины стенок при вытяжке деталей различной формы [44].

В случае вытяжки цилиндрических деталей без фланца наибольшее утонение составляет 10—18%, а утолщение у края 20—30% от толщины материала.

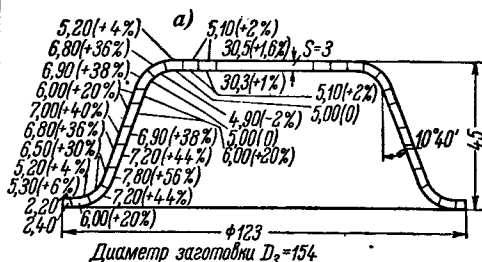
Толщина материала в месте перехода от дна к стенкам уменьшается с увеличением степени деформации, относительной толщины заготовки $\frac{S}{D}$, пластичности металла, количества операций вытяжки и с уменьшением радиусов закругления пуансона и матрицы.



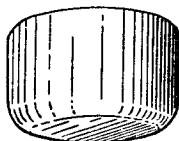
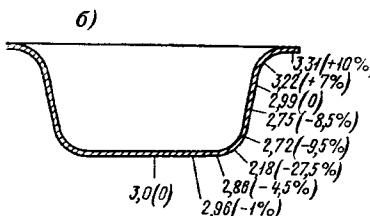
Фиг. 57. Деформация прямоугольной координатной сетки при вытяжке.



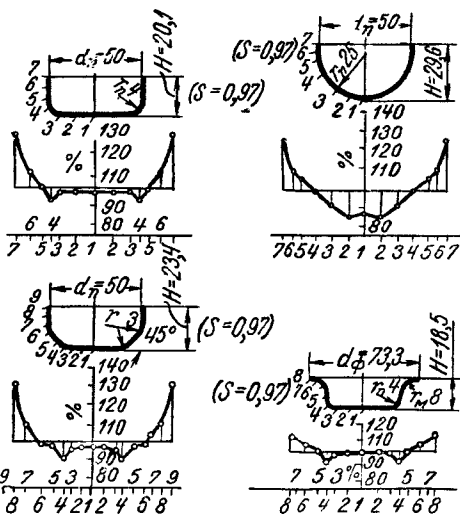
Фиг. 58. Деформация радиально-кольцевой сетки при вытяжке.



Фиг. 59. Изменение координатной сетки и толщины заготовки при вытяжке с прижимом.



Фиг. 60. Последовательность процесса вытяжки.



Фиг. 61. Изменение толщины стенок при вытяжке деталей различной формы.

Утолщение края при этих условиях также увеличивается, за исключением влияния радиуса закругления матрицы.

Приблизительная толщина края определяется из следующих зависимостей [44]:

для деталей без фланца

$$S' = S \sqrt{\frac{D}{d}};$$

для деталей с фланцем

$$S' = S \sqrt{\frac{D}{D_{\phi}}},$$

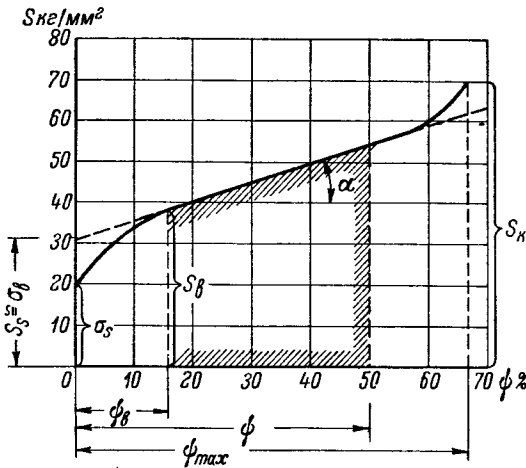
где S' — толщина у края детали в мм;

S — толщина заготовки в мм;

D — диаметр заготовки в мм;

d — диаметр вытяжки в мм;

D_{ϕ} — диаметр фланца в мм.



Фиг. 62. Диаграмма истинных напряжений (сталь 10).

Сильное утонение стенок у*донного закругления свидетельствует о наличии сосредоточенной деформации значительной величины.

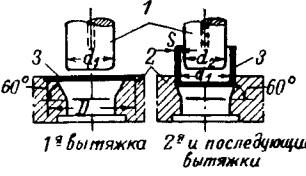
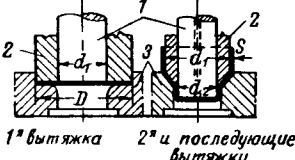
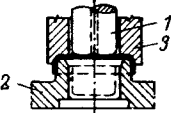
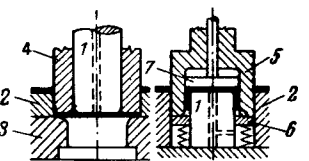
Отсюда следует, что пластические деформации в опасном сечении вытяжки по своей величине относятся к области сосредоточенных деформаций, как указано на диаграмме истинных напряжений (фиг. 62), т. е. находятся за пределами деформаций, соответствующих пределу прочности (σ_b и S_b).

В табл. 42 приведены основные, наиболее распространенные способы вытяжки и указана область их применения.

Указанные способы применяются при вытяжке из штучных заготовок и в ленте, для изготовления полых деталей различной формы: цилиндрической, конической, сферической, прямоугольной и сложной.

В табл. 43 приведены специальные (особые) способы вытяжки, более подробное описание которых дается ниже.

Основные способы вытяжки

Способ вытяжки	Схема вытяжки	Обозначения	Область применения
Вытяжка без прижима заготовки	 <p>1 — вытяжной пуансон 2 — вытяжная матрица 3 — заготовка</p> <p>1^я вытяжка 2^я и последующие вытяжки</p>	<p>1 — вытяжной пуансон 2 — вытяжная матрица 3 — заготовка</p>	<p>Неглубокая вытяжка при сравнительно большой толщине материала</p> <p>Для 1-й вытяжки при $S > 0,02 D$ и $\frac{d_1}{D} > 0,6$</p> <p>Для 2-й вытяжки при $S > 0,015 D$ и $\frac{d_1}{d_2} > 0,8$</p>
Вытяжка с прижимом заготовки	 <p>1 — вытяжной пуансон 2 — прижим (складкодержатель) 3 — вытяжная матрица</p> <p>1^я вытяжка 2^я и последующие вытяжки</p>	<p>1 — вытяжной пуансон 2 — прижим (складкодержатель) 3 — вытяжная матрица</p>	<p>Сравнительно глубокая вытяжка и вытяжка из тонкого материала</p> <p>Для 1-й вытяжки при $S < 0,015 D$ и $\frac{d_1}{d_2} \leq 0,6$</p> <p>Для 2-й вытяжки при $S < 0,01 D$ и $\frac{d_1}{d_2} \leq 0,8$</p> <p>Примечание. Для прессов простого действия — обратное расположение рабочих частей штампа</p>
Обратная вытяжка (с выворачиванием)		<p>1 — вытяжной пуансон 2 — вытяжная матрица 3 — прижим</p>	<p>Последующие вытяжки из пластичного металла, также вытяжка двустенных полых деталей</p>
Вырезка и вытяжка комбинированными штампами	 <p>На прессе двойного действия На кривошипном прессе</p>	<p>1 — вытяжной пуансон 2 — вырезная матрица 3 — вытяжная матрица 4 — вырезной пуансон 5 — пуансон-матрица 6 — прижим 7 — выбрасыватель</p>	<p>Изготовление мелких и средних полых деталей на прессах простого и двойного действия</p>

Продолжение табл. 42

Способ вытяжки	Схема вытяжки	Обозначения	Область применения
Многооперационная вытяжка в ленте		<p>1 — вырезной пуансон 2 — вытяжные пуансоны 3 — матрица 4 — выталкиватель 5 — прижим</p>	Изготовление мелких деталей ($d \leq 40$ мм) типа колпачков, пистонов, пустотелых заклепок и т. п. В случае глубоких вытяжек применяется надрезка ленты, а в случае мелких — штамповка в целой ленте

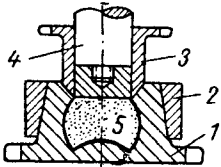
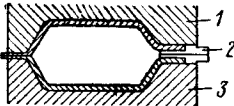
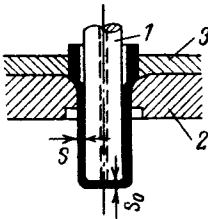
Таблица 43

Особые способы вытяжки

Способ вытяжки	Схема вытяжки	Обозначения	Область применения
Вытяжка резиновым пуансоном		<p>1 — матрица 2 — резиновый пуансон 3 — пластина 4 — прижимная рамка</p>	Серийное и мелкосерийное производство полых деталей из тонкого пластичного металла (алюминий, алюминиевые сплавы, нержавеющая сталь) толщиной до $1-1,5$ мм, а также из магниевых сплавов
Вытяжка резиновой матрицей		<p>1 — плайка 2 — фиксирующий штифт 3 — резина 4 — пуансон 5 — деталь 6 — накладное кольцо</p>	Неглубокая вытяжка алюминиевых и дуралюминовых деталей в мелкосерийном производстве при давлении резины $50-85$ кг/см ² . При высоком давлении резины (до 500 кг/см ²) глубокая вытяжка из любого материала большой толщины

Способ вытяжки	Схема вытяжки	Обозначения	Область применения
Гидравлическая вытяжка		<p>1 — матрица 2 — неподвижный блок 3 — прижимная планка 4 — пружины 5 — трубопровод</p>	<p>Серийное и мелкосерийное производство полых деталей сложной формы из тонкого листового металла (алюминий, алюминиевые сплавы, нержавеющая сталь) Отпадает изготовление пуансона и пригонка его по матрице</p>
Вытяжка-формовка на падающих молотах (литыми штампами)		<p>1 — верхний штамп (пуансон) 2 — фанерные кольца 3 — нижний штамп (матрица)</p>	<p>Серийное и мелкосерийное производство крупных полых деталей сложной конфигурации из алюминия и его сплавов толщиной до 3—4 мм и мягкой стали толщиной до 1,5—2 мм</p>
Вытяжка-обтяжка на гидравлических прессах		<p>1 — обтяжной шаблон 2 — зажимы 3 — плунжер пресса</p>	<p>Вытяжка-формовка путем обтяжки тонкого листового материала (алюминий, дуралюмин, магниевые сплавы, нержавеющая сталь, углеродистая сталь) по металлическим или деревянным пуансонам (шablонам) в мелкосерийном производстве при изготовлении крупных деталей несложной конфигурации</p>

Продолжение табл. 43

Способ вытяжки	Схема вытяжки	Обозначения	Область применения
Вытяжка с наполнителями		<p>1 — разъемная матрица 2 — обойма 3 — прижим 4 — пуансон 5 — наполнитель (вода, масло, резина и др.)</p>	<p>Изготовление выпуклых полых изделий из тонкого металла в случае невозможности или сложности изготовления механических разжимных пуансонов</p>
Вытяжка-формовка сжатым воздухом		<p>1 — верхний штамп (форма) 2 — сопло для впуска сжатого воздуха 3 — нижний штамп (форма)</p>	<p>Изготовление целлулоидных и пластмассовых изделий, неглубокая вытяжка-формовка деталей из тонколистовых алюминиевых сплавов одновременно с пластической сваркой краев</p>
Вытяжка с утонением (протяжка)		<p>1 — протяжной пуансон 2 — протяжное кольцо (матрица) 3 — фиксатор</p>	<p>Изготовление весьма глубоких изделий (гильз, сифонов, стаканов и т. п.) с неодинаковой толщиной стенок и дна $\frac{S}{S_0}$ до $\frac{1}{10} - \frac{1}{20}$</p> <p>В ряде случаев применяется одновременная вытяжка через несколько матриц</p>

19. Определение размеров и формы заготовок при вытяжке

Так как в процессе пластической деформации объем металла остается постоянным, то основным правилом для определения размеров заготовок при вытяжке является равенство объемов заготовки и готовой детали.

При вытяжке без утонения стенок изменением толщины материала обычно пренебрегают, и определение размеров заготовки производят по равенству поверхностей заготовки и готовой детали, с припуском на обрезку.

При вытяжке с утонением стенок (протяжки) определение размеров заготовки производится по равенству объемов заготовки и изделия.

На практике встречаются следующие случаи вытяжки деталей различной конфигурации, требующие разных способов подсчета размеров заготовки:

1) вытяжка круглых деталей (являющихся телами вращения) простой формы;

2) вытяжка круглых деталей сложной формы;

3) вытяжка прямоугольных деталей;

4) вытяжка деталей сложной и несимметричной конфигурации;

5) вытяжка с утонением материала.

Размеры заготовок для вытяжки круглых деталей (являющихся телами вращения) простой формы

Рассматриваемый случай относится к вытяжке без утонения материала, следовательно, определение размеров заготовок производится по равенству поверхностей заготовки и готовой детали (с припуском на обрезку).

Для данного случая вытяжки заготовка имеет форму круга, диаметр которого находится по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} F} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \sum f} \text{ мм.}$$

где F — поверхность готовой детали в мм^2 ;

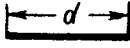
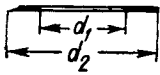
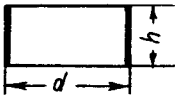
$\sum f$ — сумма площадей отдельных элементов поверхности детали в мм^2 .

Поверхность готовой детали определяется путем суммирования площадей отдельных геометрических простых элементов, составляющих ее поверхность (круг, цилиндр, кольцо и т. п.).

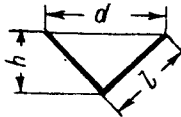
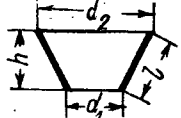
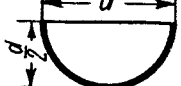
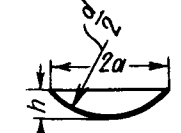
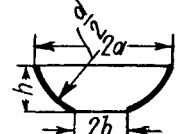
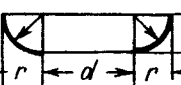
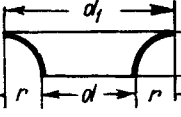
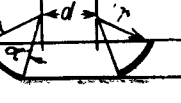
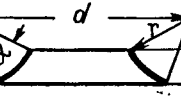
В табл. 44 приведены формулы для определения поверхностей простой геометрической формы.

Таблица 44

Поверхности простых геометрических форм

№ по пор.	Форма поверхности	Эскиз	Площадь поверхности F
1	Круг		$\frac{\pi d^2}{4}$
2	Кольцо		$\frac{\pi}{4} (d_2^2 - d_1^2)$
3	Цилиндр		πdh

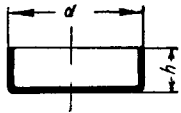
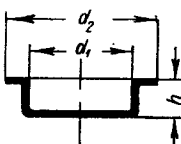
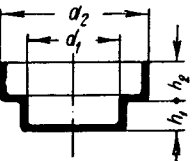
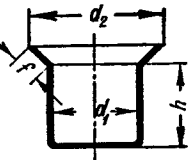
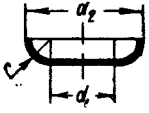
Продолжение табл. 44

№ по пор.	Форма поверхности	Эскиз	Площадь поверхности F
4	Конус		$\frac{\pi dl}{2}$
5	Усеченный конус		$\frac{\pi l}{2} (d_2 + d_1)$
6	Полушарие		$\frac{\pi d^2}{2}$
7	Шаровой сегмент		πdh
8	Шаровой пояс		πdh
9	Четверть сферического кольца (выпуклая)		$\frac{\pi}{4} (2\pi dr + 8r^2)$
10	Четверть сферического кольца (вогнутая)		$\frac{\pi}{2} (\pi dr + 2,28r^2)$ или $\frac{\pi}{4} (2\pi d_1 r - 8r^2)$
11	Часть выпуклого сферического кольца		$\pi (dL + 2rh),$ где $L = \frac{\pi r \alpha}{180} = 0,017 r \alpha$
12	Часть вогнутого сферического кольца		$\pi (dL - 2rh),$ где $L = \frac{\pi r \alpha}{180} = 0,017 r \alpha$

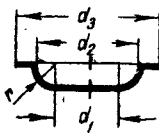
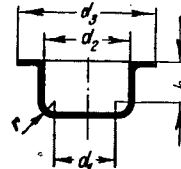
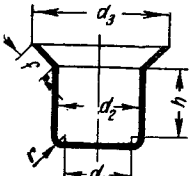
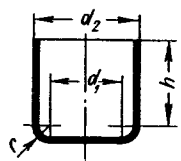
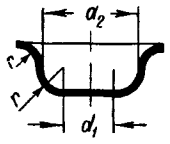
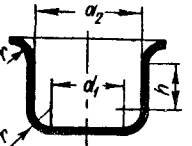
Однако вычисление диаметра заготовки путем разбивки поверхности детали на отдельные элементы довольно сложно и длительно. Поэтому определение диаметров заготовок для наиболее распространенных форм вытягиваемых деталей производится по формулам, приведенным в табл. 45.

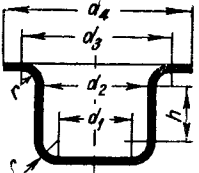
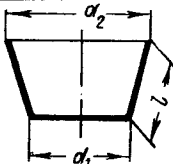
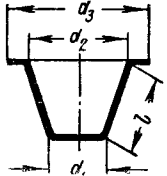
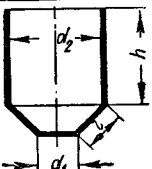
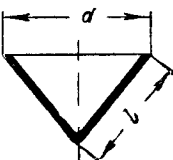
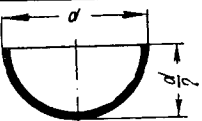
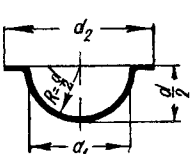
Таблица 45

Формулы для определения диаметра заготовки

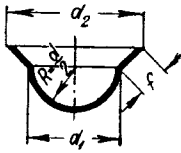
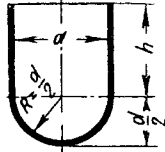
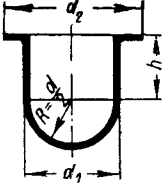
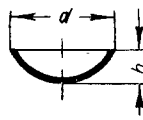
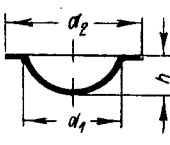
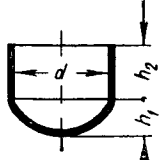
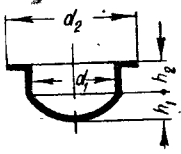
№ по пор.	Форма детали	Диаметр заготовки D
1		$\sqrt{d^2 + 4dh}$
2		$\sqrt{d_2^2 + 4d_1h}$
3		$\sqrt{d_2^2 + 4(d_1h_1 + d_2h_2)}$
4		$\sqrt{d_1^2 + 4d_1h + 2f(d_1 + d_2)}$
5		$\sqrt{d_1^2 + 2\pi rd_1 + 8r^2}$

Продолжение табл. 45

№ по пор.	Форма детали	Диаметр заготовки D
6		$\sqrt{d_1^2 + 2\pi r d_1 + 8r^2 + d_3^2 - d_2^2}$
7		$\sqrt{d_1^2 + 2\pi r d_1 + 8r^2 + 4d_2 h + d_3^2 - d_2^2}$
8		$\sqrt{d_1^2 + 2\pi r d_1 + 8r^2 + 4d_2 h + 2f(d_2 + d_3)}$
9		$\sqrt{d_1^2 + 2\pi r d_1 + 8r^2 + 4d_2 h}$
10		$\sqrt{d_1^2 + 2\pi r (d_1 + d_2) + 4\pi r^2}$
11		$\sqrt{d_1^2 + 4d_2 h + 2\pi r (d_1 + d_2) + 4\pi r^2}$

№ по пор.	Форма детали	Диаметр заготовки D
12		$\sqrt{d_1^2 + 4d_2h + 2\pi r (d_1 + d_2) + 4\pi r^2 + d_4^2 - d_3^2}$
13		$\sqrt{d_1^2 + 2l(d_1 + d_2)}$
14		$\sqrt{d_1^2 + 2l(d_1 + d_2) + d_3^2 - d_2^2}$
15		$\sqrt{d_1^2 + 2l(d_1 + d_2) + 4d_2h}$
16		$\sqrt{2dl}$
17		$\sqrt{2d^2} = 1,4d$
18		$\sqrt{d_1^2 + d_2^2}$

Продолжение табл. 4

№ по пор.	Форма детали	Диаметр заготовки D
19		$1,4 \sqrt{d_1^2 + f(d_1 + d_2)}$
20		$1,4 \sqrt{d^2 + 2dh}$
21		$\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + 4d_1h}$
22		$\sqrt{d^2 + 4h^2}$
23		$\sqrt{d_2^2 + 4h^2}$
24		$\sqrt{d^2 + 4(h_1^2 + dh_2)}$
25		$\sqrt{d_2^2 + 4(h_1^2 + d_1h_2)}$

В большинстве случаев вытяжка производится с последующей обрезкой неровного края или фланца детали, для чего при подсчетах заготовки необходимо предусматривать соответствующий припуск на обрезку.

Приведенные в табл. 45 формулы не содержат припуска, поэтому при пользовании некоторыми из указанных формул в случае вытяжки с последующей обрезкой к номинальным размерам по высоте или радиусу фланца готовой детали необходимо прибавить величину припуска на обрезку.

Необходимо помнить, что формулы, не учитывающие радиусов закруглений в углах, дают несколько завышенные размеры заготовок, поэтому при пользовании такими формулами припуск на обрезку можно не учитывать.

Для вытяжек, не требующих большой точности определения диаметра заготовки, подсчет производится по наружным размерам детали. Получаемая при этом погрешность несколько увеличивает размер припуска на обрезку, который может быть уменьшен.

В случае более точной вытяжки (без обрезки), а также при вытяжке вебольших деталей, или из материала толщиной свыше 2 мм, подсчеты производятся по средней линии, принявая расчетный диаметр вытягиваемой детали

$$d = d_{\text{нар}} - S,$$

где $d_{\text{нар}}$ — наружный диаметр детали.

В табл. 46 приведены рекомендуемые автором величины припусков на обрезку в зависимости от абсолютной и относительной высоты деталей без фланца, а в табл. 47 для деталей с большими фланцами.

Таблица 46

Припуски на обрезку цилиндрических деталей без фланца в мм

Полная высота детали h в мм	Величины припуска			
	при относительной высоте			
	детали $\frac{h}{d}$			
	0,5—0,8	0,8—1,6	1,6—2,5	2,5—4
10	1,0	1,2	1,5	2
20	1,2	1,6	2	2,5
50	2	2,5	3,3	4
100	3	3,8	5	6
150	4	5	6,5	8
200	5	6,3	8	10
250	6	7,5	9	11
300	7	8,5	10	12

Таблица 47

Припуски на обрезку деталей с широким фланцем в мм

Диаметр фланца $d_{\text{ф}}$ в мм	Величины припуска			
	при относительном диаметре фланца $\frac{d_{\text{ф}}}{d}$			
	до 1,5	1,5—2	2—2,5	2,5—3
25	1,6	1,4	1,5	1,0
50	2,5	2,0	1,8	1,6
100	3,5	3,0	2,5	2,2
150	4,3	3,6	3,0	2,5
200	5,0	4,2	3,5	2,7
250	5,5	4,6	3,8	2,8
300	6	5	4	3

Неучитываемое небольшое увеличение поверхности детали при вытяжке, вследствие растяжения материала, несколько увеличивает фактическую величину припуска на обрезку.

Упрощенный метод определения диаметра заготовок [80] заключается в использовании зависимости

$$D = Kd$$

где K — коэффициент общей степени вытяжки, находимый по соотношению высоты и диаметра вытягиваемой детали (табл. 48).

По отношению $\frac{h}{d}$ готовой детали легко находится коэффициент общей степени вытяжки K , а следовательно, и диаметр заготовки D .

В табл. 49 приведены значения K , в которые надо умножить диаметр детали d , чтобы получить размер диаметра заготовки для цилиндрической вытяжки с плоским дном.

Таблица 48

Формулы для определения коэффициента общей степени вытяжки K в зависимости от относительной высоты детали $\frac{h}{d}$

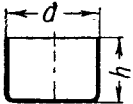
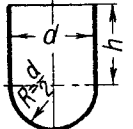
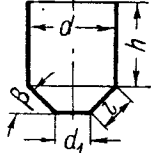
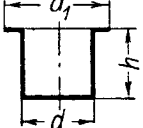
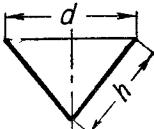
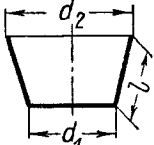
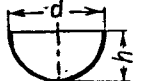
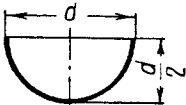
№ по пор.	Форма детали	Эскиз	Степень вытяжки K
1	Цилиндр с плоским дном		$\sqrt{1 + 4 \frac{h}{d}}$
2	Цилиндр со сферическим дном		$\sqrt{2 + 4 \frac{h}{d}}$
3	Цилиндр с дном по форме усеченного конуса		$\sqrt{\left(\frac{d_1}{d}\right)^2 + 2 \frac{l}{d} \left(1 + \frac{d_1}{d}\right) + 4 \frac{h}{d}}$
4	Цилиндр с плоским дном и фланцем		$\sqrt{\left(\frac{d_1}{d}\right)^2 + 4 \frac{h}{d}}$
5	Конус		$\sqrt{2 \frac{h}{d}}$
6	сеченный конус (в зависимости от $\frac{d_2}{d_1}$)		$\sqrt{1 + 2 \frac{l}{d_1} + 2 \frac{l}{d_1} \frac{d_2}{d_1}}$
7	Сферическая (шаровой сегмент)		$\sqrt{1 + 4 \left(\frac{h}{d}\right)^2}$
8	Полушарие		$\sqrt{2} = 1,41$

Таблица 49

Значения коэффициента K для цилиндрической вытяжки с плоским дном (табл. 48, фиг. 1) в зависимости от заданного отношения $\frac{h}{d}$

$\frac{h}{d}$	K	$\frac{h}{d}$	K	$\frac{h}{d}$	K	$\frac{h}{d}$	K
0,2	1,34	1,0	2,24	1,9	2,93	2,8	3,50
0,3	1,48	1,1	2,32	2,0	3,0	2,9	3,54
0,4	1,61	1,2	2,41	2,1	3,06	3,0	3,60
0,5	1,73	1,3	2,49	2,2	3,13	4,0	4,12
0,6	1,84	1,4	2,57	2,3	3,18	5,0	4,58
0,7	1,95	1,5	2,64	2,4	3,26	6,0	5,0
0,8	2,05	1,6	2,72	2,5	3,31	7,0	5,38
0,9	2,19	1,7	2,79	2,6	3,38	8,0	5,74
		1,8	2,86	2,7	3,42		

Формы 1, 3, 4, 5 и 6 не учитывают радиусов закруглений, что несколько увеличивает размер заготовки, вследствие чего припуск на обрезку может не учитываться или браться меньшей величины.

Размеры заготовок для вытяжки круглых деталей сложной формы

В данном случае определение диаметра заготовки производится на основании правила Гюльдена — Паппуша, по которому поверхность тела вращения, образованного кривой произвольной формы, при вращении ее вокруг оси, находящейся в той же плоскости, равна произведению длины образующей на путь ее центра тяжести (длины окружности, описанной центром тяжести образующей):

$$F = 2\pi R_S L,$$

где F — площадь поверхности тела вращения в $мм^2$;

L — длина образующей, равная $l + l_2 + \dots + l_n$, в $мм$;

R_S — расстояние от оси до центра тяжести образующей в $мм$.

Диаметр заготовки находится по формуле:

$$D = \sqrt{8LR_S} = \sqrt{8 \sum lr},$$

где $LR_S = \sum lr$, а r — расстояние до центра тяжести элементов образующей.

Применяются два способа определения длины образующей и положения ее центра тяжести: графический и графо-аналитический.

Первый способ дает приближенные, а второй более точные результаты. Графический способ нахождения центра тяжести образующей приведен на фиг. 63.

Образующая разбивается на отдельные отрезки (прямые или закругленные), для которых графически находят центр тяжести отрезка и проводят линии, параллельные оси.

Сбоку чертежа строят многоугольник сил, откладывая длину отрезков (фиг. 63, справа) и проводя лучи из произвольно взятого центра O . Затем строят веревочный многоугольник, проводя прямые, параллельные лучам ($6' || 6$; $7' || 7$ и т. д.). Пересечение крайних лучей $6'$ и $11'$ дает положение центра тяжести S и величину R_S .

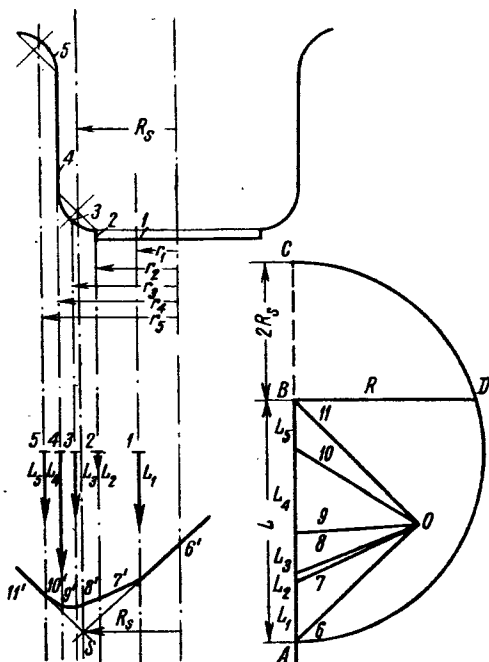
Диаметр заготовки находится или по приведенной выше формуле, или графически (фиг. 63, справа), исходя из зависимости

$$R^2 = 2R_S L,$$

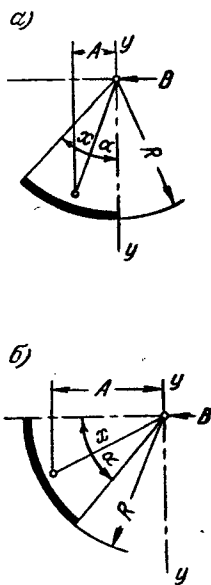
где R — радиус заготовки, находимый как перпендикуляр в точке B (фиг. 63) до пересечения с полуокружностью, построенной на диаметре, равном $L + 2R_S$.

Приводим графо-аналитический способ определения размеров заготовки для деталей сложной формы.

1. Линию контура детали (по средней линии) разбивают на отдельные участки, преимущественно на прямые отрезки и части окружности. Криволинейные участки разбивают на небольшие отрезки, близкие к прямой.



Фиг. 63. Графический способ нахождения размеров заготовки.



Фиг. 64. Схемы к табл. 50.

2. Центр тяжести каждого участка отмечают точкой. Для прямых отрезков центр тяжести находится посередине. Для частей окружности (дуг) (фиг. 64) положение центра тяжести находится по табл. 50.

Таблица 50

Положение центра тяжести отрезка дуги

Центральный угол дуги α в градусах	Расстояние A до вертикальной оси $y - y$		Расстояние от центра тяжести дуги до центра закругления x
	для углов, примыкающих к вертикали (фиг. 64, а)	для углов, примыкающих к горизонтали (фиг. 64, б)	
30	0,256 R	0,955 R	0,988 R
45	0,373 R	0,901 R	0,978 R
60	0,478 R	0,827 R	0,955 R
90	0,637 R	0,637 R	0,90 R

Радиус центра тяжести дуги составляет:
для выпуклых закруглений

$$r = B + A,$$

для вогнутых закруглений

$$r = B - A,$$

где B — расстояние от оси детали до центра закругления (фиг. 64).

3. Определяют длину участков образующей: для прямых участков по чертежу, а для дуг — как для части длины окружности или по таблицам [30, 74].

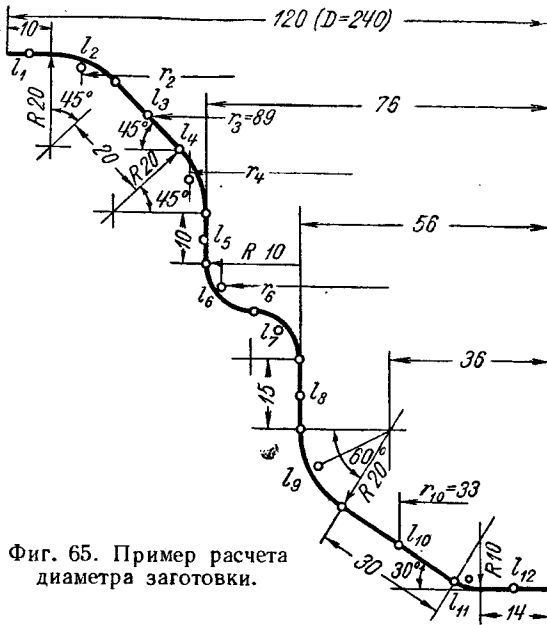
4. Перемножают длину участков l и радиусы центров тяжести r , суммируют и находят

$$\sum lr = l_1 r_1 + l_2 r_2 + \dots + l_n r_n.$$

5. По величине суммы находят в табл. 51 искомый диаметр заготовки. Эта таблица подсчитана по формуле:

$$D = \sqrt{8 \sum lr}.$$

На фиг. 65 приведен пример расчета диаметра заготовки для детали сложной формы, а в табл. 52 — результаты подсчетов.



Фиг. 65. Пример расчета диаметра заготовки.

По табл. 51 находим диаметр заготовки $D \cong 306$ мм.

Рассмотренный метод расчета, как и приведенные ранее формулы для определения диаметра заготовки, не учитывает утонения материала, так как в большинстве случаев вытяжка производится с последующей обрезкой неровных кромок.

В случае вытяжки без обрезки кромок диаметр заготовки подсчитывают более точно с учетом утонения материала и находят по формулам:

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} F \alpha} \text{ или } D = \sqrt{8 \sum l r \alpha},$$

где α — средний коэффициент утонения (табл. 53).

Таблица 51

Определение диаметра заготовки по величине Σlr

D в мм	Σlr	D в мм	Σlr	D в мм	Σlr	D в мм	Σlr
20	50	65	528	110	1512	155	3003
21	55	66	544,5	111	1540	156	3042
22	60,5	67	561	112	1568	157	3081
23	66	68	578	113	1596	158	3120
24	72	69	595	114	1624	159	3160
25	78	70	612,5	115	1653	160	3200
26	84,5	71	630	116	1682	161	3240
27	91	72	645,5	117	1711	162	3280
28	98	73	666	118	1740	163	3321
29	105	74	684,5	119	1770	164	3362
30	112,5	75	703	120	1800	165	3403
31	120	76	722	121	1830	166	3444
32	128	77	741	122	1860	167	3486
33	136	78	760,5	123	1891	168	3528
34	144,5	79	780	124	1922	169	3570
35	154	80	800	125	1953	170	3612
36	162	81	820	126	1984	171	3655
37	171	82	840,5	127	2016	172	3698
38	180,5	83	861	128	2048	173	3741
39	190	84	882	129	2080	174	3784
40	200	85	903	130	2112	175	3828
41	210	86	924,5	131	2145	176	3872
42	220,5	87	946	132	2178	177	3916
43	231	88	968	133	2211	178	3960
44	242	89	990	134	2244	179	4005
45	253	90	1012,5	135	2278	180	4050
46	264,5	91	1035	136	2312	181	4095
47	276	92	1058	137	2346	182	4140
48	285,5	93	1081	138	2380	183	4186
49	300	94	1104,5	139	2415	184	4232
50	312,5	95	1128	140	2450	185	4278
51	325	96	1152	141	2485	186	4324
52	338	97	1176	142	2520	187	4371
53	351	98	1200	143	2556	188	4418
54	364,5	99	1225	144	2592	189	4465
55	378	100	1250	145	2628	190	4512
56	392	101	1275	146	2664	191	4560
57	406	102	1300	147	2701	192	4608
58	420,5	103	1326	148	2738	193	4656
59	435	104	1352	149	2775	194	4704
60	450	105	1378	150	2812	195	4753
61	465	106	1404	151	2850	196	4802
62	480,5	107	1430	152	2888	197	4851
63	496	108	1458	153	2926	198	4900
64	512	109	1485	154	2964	199	4950

Продолжение табл. 51

D в .мм	Σlr	D в .мм	Σlr	D в .мм	Σlr	D в .мм	Σlr
200	5000	260	8450	350	15312	500	31250
202	5100	262	8580	355	15753	505	31878
204	5202	264	8712	360	16200	510	32512
206	5304	266	8844	365	16653	515	33153
208	5408	268	8978	370	17112	520	33800
210	5512	270	9112	375	17578	525	34453
212	5618	272	9248	380	18050	530	35112
214	5724	274	9384	385	18528	535	35778
216	5832	276	9522	390	19012	540	36450
218	5940	278	9660	395	19503	545	37128
220	6050	280	9800	400	20000	550	37812
222	6166	282	9940	405	20503	555	38503
224	6272	284	10082	410	21012	560	39200
226	6384	286	10224	415	21528	565	39903
228	6485	288	10368	420	22050	570	40612
230	6612	290	10512	425	22578	575	41328
232	6715	292	10658	430	23112	580	42050
234	6844	294	10804	435	23653	585	42778
236	6962	296	10952	440	24200	590	43512
238	7080	298	11100	445	24753	595	44253
240	7200	300	11250	450	25312	600	45000
242	7320	305	11628	455	25878	610	46512
244	7442	310	12012	460	26450	620	48050
246	7564	315	12403	465	27028	630	49612
248	7688	320	12800	470	27612	640	51200
250	7812	325	13203	475	28203	650	52812
252	7938	330	13612	480	28800	660	54450
254	8064	335	14028	485	29403	670	56112
256	8192	340	14450	490	30012	680	57800
258	8320	345	14878	495	30628	690	59512

К примеру расчета диаметра заготовки

Таблица 52

Отрезки	l	r	lr	Отрезки	l	r	lr
1	10	115	1150	7	15,7	59,6	935
2	15,7	102,5	1609	8	15	56	840
3	20	89	1780	9	21	52,5	1103
4	15,7	78	1225	10	30	33	990
5	10	76	760	11	5,2	16,6	86
6	15,7	72,4	1137	12	14	7	98
$\Sigma lr = 11\ 710$							

Таблица 53

Коэффициенты утонения и растяжения при вытяжке с прижимом [112]

R_0	z_0	$q \text{ кг/см}^2$	$v \text{ м/сек}$	$\alpha = \frac{S_1}{S}$	$\beta = \frac{F_1}{F}$
>3	$>1,1$	10—20	$<0,2$	1,0—0,97	1,0—1,03
3—2	1,1—1,0	20—25	0,2—0,4	0,97—0,93	1,03—1,08
<2	1,0—0,98	25—30	$>0,4$	0,93—0,90	1,08—1,11

В табл. 53 приведены зависимости коэффициента утонения $\alpha = \frac{S_1}{S}$ и коэффициента растяжения $\beta = \frac{F_1}{F} = \frac{1}{\alpha}$:

от относительного радиуса закругления

$$R_0 = \frac{r_m + r_n}{S},$$

относительной величины зазора

$$z_0 = \frac{d_m - d_n}{2S},$$

давления прижима $q \text{ кг/см}^2$ и скорости вытяжки $v \text{ м/сек}$.

Вытяжку производят при таком сочетании перечисленных факторов, чтобы коэффициенты утонения и растяжения были приблизительно равны единице.

При вытяжке без прижима, а также при вытяжке небольших деталей из материала толщиной свыше 3 мм утолщение материала преобладает над утонением и коэффициент утонения получается больше единицы.

Размеры заготовок для последовательной вытяжки в ленте

Размеры заготовок при вытяжке в ленте определяют различно:

- 1) для вытяжки в ленте с надрезкой или вырезкой промежутков;
- 2) для вытяжки в целой ленте.

При вытяжке с надрезкой ленты размеры заготовок определяют, как при вытяжке из штучных заготовок, исходя из равенства поверхности заготовки и детали и принимая, что средняя толщина стенок равна толщине заготовки.

В данном случае применимы формулы, приведенные в табл. 45, или способ подсчета, основанный на правиле Гюльдена.

Фактический размер заготовки берется больше расчетного на величину припуска на кольцевой отход при вырезке (1,5—2 мм на диаметр).

При вытяжке с надрезкой ленты (фиг. 66, а) ширина ее равна

$$B = D + b + 2n_2 = D_3 + 2n_2, \text{ мм.}$$

При вытяжке в ленте с вырезкой промежутков (фиг. 66, б) ширина ленты составляет

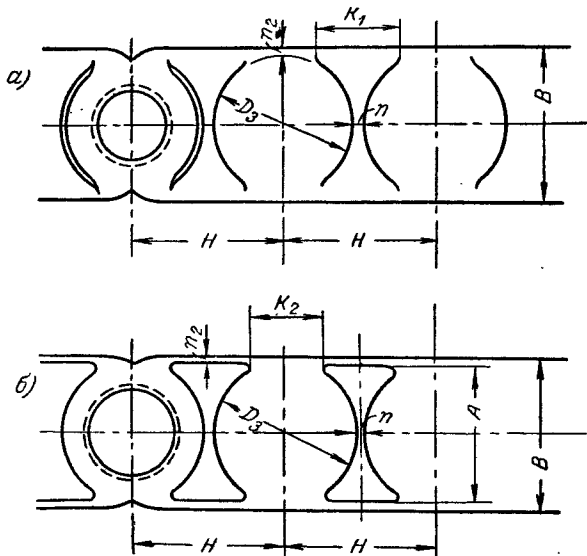
$$B = (1 \div 1,05) (D + b) + 2n_2 = A + 2n_2, \text{ мм,}$$

где D — расчетный диаметр заготовки в мм;

b — припуск на обрезку (1,5—2 мм на диаметр) в мм;

D_3 — фактический диаметр заготовки в мм;

- n_2 — ширина боковой перемычки по табл. 54;
 n — ширина перемычки между вырезками в мм, принимаемая равной n_1 по табл. 54;
 H — шаг подачи, равный $D_3 + n$, в мм;
 A — размер вырезки, равный $(1 + 1,05) D_3$, в мм;
 k_1 и k_2 — ширина мостиков: $k_1 \cong (0,5 + 0,7) D_3$; $k_2 \cong (0,25 + 0,35) D_3$.
 При последовательной вытяжке в ленте подсчет размеров заготовки следует производить весьма точно, по средней линии с учетом всех радиусов закруглений.



Фиг. 66. К расчету заготовок для последовательной вытяжки в ленте.

Таблица 54

Боковые перемычки при последовательной вытяжке в ленте

Размеры заготовок D_3 в мм	При вытяжке в целой ленте n_1	При вытяжке с надрезами или вырезами промежуток n_2
До 10	1—1,5	1,5—2
10—30	1,5—2	2—2,5
Свыше 30	2—2,5	2,5—3

При вытяжке в целой ленте размеры условных заготовок подсчитываются с учетом коэффициента утонения, составляющего при одиорядной вытяжке — $0,96 + 0,98$, а при многорядной вытяжке — $0,92 + 0,95$.

Но так как при вытяжке в целой ленте первая вытяжка делается несколько больших размеров, чем требуется для образования готовой детали, то диаметр условной заготовки берется больше расчетного на 10%, вследствие чего коэффициентами утонения можно пренебречь.

При вытяжке в целой ленте ширина ее берется

$$B = 1,1D + 2n_1,$$

где n_1 — ширина боковой перемычки (по табл. 54).

Размеры и конфигурация заготовок для вытяжки прямоугольных деталей [188]

Вытяжка прямоугольных деталей (коробок) является сложным процессом холодной штамповки, так как в данном случае деформация вдоль периметра прямоугольной детали переменна по своей величине, достигая максимума в углах детали.

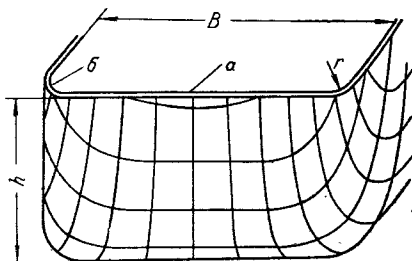
На фиг. 67 показана деформация прямоугольной координатной сетки, нанесенной на заготовку. Из фигуры видно, что боковые стенки не просто отгибаются, а претерпевают более сложную деформацию, состоящую из сжатия (укорочения) вдоль периметра, удлинения в вертикальном направлении и некоторого увеличения толщины стенок в верхней части детали.

Таким образом, распространенное представление о т.м., что вытяжка происходит лишь в углах прямоугольной детали, а прямые стенки просто отгибаются, является упрощенным и недостаточно точным.

В табл. 55 приведены приближенные значения относительной деформации сжатия вдоль периметра, замеренные в двух точках: по середине верхнего края прямой стенки и по краю углового закругления. Для сопоставления указана величина относительной деформации при вытяжке цилиндрических деталей той же относительной высоты.

Величина деформации дана в известных пределах, так как она находится в зависимости от отношения $\frac{r}{B}$.

Таким образом, если для низких прямоугольных коробок ($h = 0,3B$) можно пренебречь деформацией прямых стенок и с некоторой погрешностью



Фиг. 67. Деформация прямоугольной координатной сетки при вытяжке прямоугольных деталей.

Таблица 55

Приближенные значения относительной деформации сжатия (в %)

Относительная высота коробки	Относительная деформация при прямоугольной вытяжке		Относительная деформация при цилиндрической вытяжке
	в середине по краю стенки	по краю углового закругления	
$h = B$	25—30	45—50	55
$h = 0,5 B$	15—20	33—38	42
$h = 0,3 B$	5—8	25—30	32

считать, что они просто отгибаются, то для более высоких коробок ($h \geq 0,5B$) этой деформацией пренебрегать нельзя.

Отсюда вытекает необходимость строго различать вытяжку низких и высоких прямоугольных деталей, имеющих разные формы заготовок и различные методы их построения.

Низкими прямоугольными коробками следует считать коробки, вытягиваемые за одну операцию.

Наибольшая высота их зависит от ширины коробки B , относительного радиуса закругления в углах и у дна $\frac{r}{B}$ и относительной толщины заготовки $\frac{S}{D}$.

Для стали 10 наибольшая высота коробок без фланца, вытягиваемых в одну операцию, примерно составляет:

$$\begin{aligned} h &= (0,26-0,3) B & \text{при } r &= 0,05 B \\ h &= (0,45-0,55) B & \text{при } r &= 0,1 B \\ h &= (0,7-0,9) B & \text{при } r &= 0,2 B \\ h &= (0,85-1,0) B & \text{при } r &= 0,3 B \end{aligned}$$

Меньшие значения соответствуют относительной толщине заготовки $\frac{S}{D} \cdot 100 = 0,1-0,3$, а большие значения — $\frac{S}{D} \cdot 100 = 1,5-2$.

К высоким прямоугольным коробкам необходимо отнести коробки, требующие нескольких последовательных операций вытяжки, высотой более указанной выше.

В высоту коробки h входит припуск на обрезку, величина которого приведена в табл. 56.

Таблица 56

Величина припуска на обрезку прямоугольных коробок

Относительная высота $\frac{h_0}{r}$	2,5—6	7—17	18—44	45—100
Припуск на обрезку Δh_0	$(0,03-0,05) h_0$	$(0,04-0,06) h_0$	$(0,05-0,08) h_0$	$(0,06-0,1) h_0$

Общая высота прямоугольной коробки, принимаемая в технологических расчетах, равна

$$h = h_0 + \Delta h_0 = (1 + \Delta) h_0$$

где h_0 — высота коробки по чертежу.

Построение конфигурации заготовки в случае вытяжки низких прямоугольных и квадратных деталей (коробок)

В данном случае конфигурация заготовки получается путем геометрической развертки элементов прямоугольной коробки на плоскость основания, с вычерчиванием плавного контура в углах развертки.

При этом учитывается, что избыточный металл в углах закруглений вытесняется в прямые боковые стенки. Вследствие этого плавный переход в углах заготовки производится таким образом, чтобы избыточный (вытесняемый) металл в угловом закруглении был компенсирован уменьшением металла заготовки для образования прямолинейных стенок.

В данном случае может быть применен способ построения контура заготовки для вытяжки низких прямоугольных деталей с закругленными углами (фиг. 68) [159].

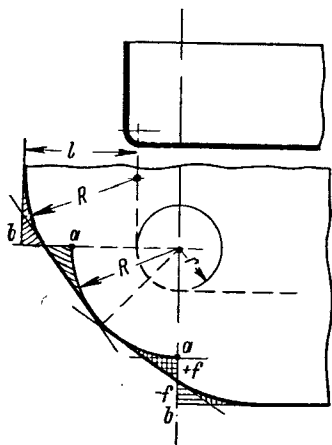
Расчет и построения ведутся в следующем порядке:

- 1) определяют длину отгибаемой части l , включая закругление у дна;
- 2) определяют радиус заготовки R , как для вытяжки четверти цилиндрического стаканчика;
- 3) строят заготовку со ступенчатым переходом от закругления к прямым стенкам;
- 4) отрезки $a-b$ делят пополам и проводят касательные к окружности;
- 5) углы между касательными и прямыми стенками закругляют радиусом R .

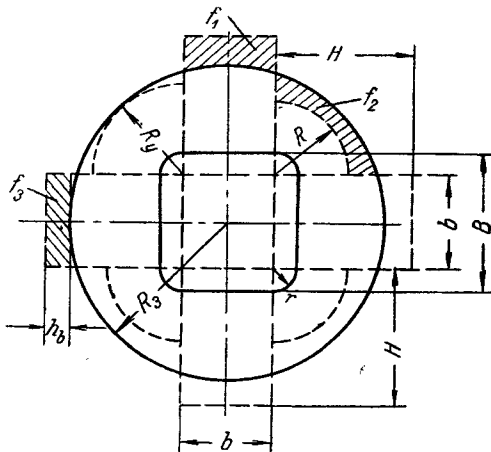
Как установлено опытом, вытянутые низкие прямоугольные детали при данном построении контура заготовки в большинстве случаев не требуют последующей обрезки, так как срезанные площади ($-f$) равны прибавленным площадям ($+f$).

Построение конфигурации заготовок в случае вытяжки высоких квадратных и прямоугольных коробок [188]

Приведенный выше способ построения не применим при вытяжке высоких прямоугольных коробок, получаемых за несколько последовательных операций, так как в данном случае окончательная форма детали получается вытяжкой не из плоской заготовки, а из полого изделия, имеющего переходную форму. При этом совершенно иначе происходит перераспределение материала заготовки.



Фиг. 68. Построение контура заготовки для невысоких прямоугольных коробок с закругленными углами.



Фиг. 69. Определение размеров заготовки для вытяжки высоких квадратных коробок.

При вытяжке квадратных коробок высотой $h \geq B$ заготовка имеет форму круга. Круглая же форма заготовки с небольшой погрешностью может быть применена и в случае вытяжки более низких квадратных коробок, однако, высотой не менее $h = 0,6 B$.

Диаметр заготовки определяется из равенства суммарной площади элементов готовой детали и площади заготовки (фиг. 69). При этом изменением толщины материала с достаточной степенью точности можно пренебречь.

Применяя обозначения, указанные на фиг. 69, получаем:

$$D_{\text{заг}} = 2b \sqrt{\frac{1}{\pi} + \frac{4}{\pi} \cdot \frac{H}{b} + \frac{R^2}{b^2}} = 2bN,$$

где

$$H = h + 0,57r;$$

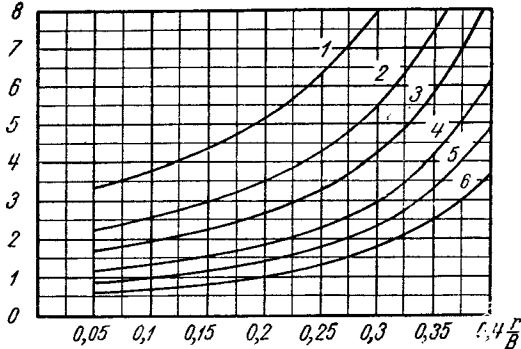
$$R = \sqrt{2rh}.$$

Из фиг. 69 видно, что радиус заготовки «уравнивает» условно изображенные элементы геометрической развертки коробки, отсекая ст развертки

прямых стенок площадь f_1 , равную площади f_2 , прибавляемой к развертке угла закругления. Этим учитывается значительное перемещение материала из углового закругления в боковые стенки, с увеличением высоты последних.

В зависимости от количества операций деталь после первой вытяжки обычно имеет или цилиндрическую форму, или форму квадрата с выпуклыми сторонами.

$\frac{H}{b}$ 1 при $h=3B$; 2 при $h=1,5B$; 3 при $h=0,75B$
 4 — $h=2B$; 5 — $h=B$; 6 — $h=0,5B$



Фиг. 70. Диаграмма для определения отношения $\frac{H}{b}$.

ния N , $\frac{R}{b}$ и $\frac{H}{b}$ непосредственно по графикам (фиг. 70—72).

На фиг. 70 приведена диаграмма для определения отношения $\frac{H}{b}$ по заданным значениям $\frac{r}{B}$ и $\frac{h}{B}$ при равенстве радиусов углового и донного закруглений $r_y = r_d$. Нахождение значения $\frac{H}{b}$ по диаграмме весьма просто. От заданного значения $\frac{r}{B}$ на оси абсцисс проводится вертикаль до пересечения с кривой, соответствующей заданному отношению $\frac{h}{B}$, и от точки пересечения — горизонталь до оси ординат. Если относительная высота изделия не совпадает с нанесенными значениями $\frac{h}{B}$, то конец вертикали находится методом интерполяции.

Получив значение $\frac{H}{b}$ и зная $b = \sqrt{B^2 - 2r}$, находим величину H .

На фиг. 71 приведена диаграмма для нахождения отношения $\frac{R}{b}$ по заданным значениям $\frac{h}{r}$, $\frac{r}{B}$ или $\frac{h}{B}$ при $r_y = r_d$.

Порядок пользования диаграммой: от заданного значения $\frac{h}{r}$ на оси абсцисс проводим вертикаль до пересечения или с кривой $\frac{h}{B}$ или с кривой $\frac{r}{B}$ и от точки пересечения проводим горизонталь до оси ординат. Найдя по диаграмме значение $\frac{R}{b}$, тем самым находим без особых вычислений величину радиуса R .

На фиг. 72 приведена диаграмма для определения величины N по полученному значению $\frac{R}{b}$ и заданному отношению $\frac{h}{B}$. Порядок пользования диаграммой тот же.

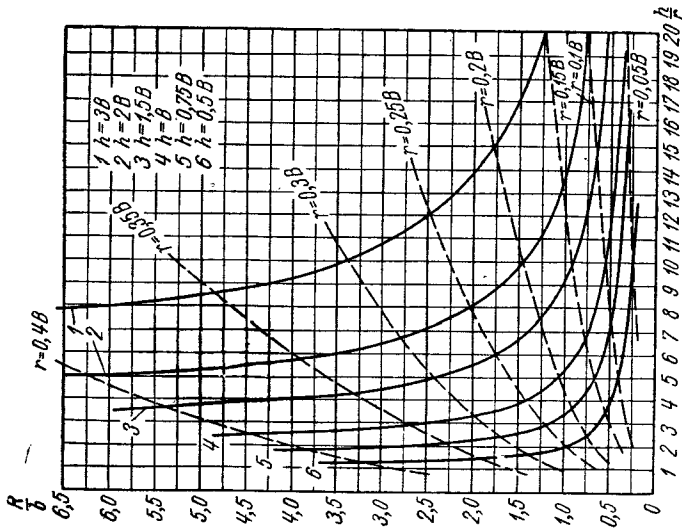
В первом случае коэффициент вытяжки на первой операции определяется обычным образом как отношение

$$m = \frac{d}{D_3}.$$

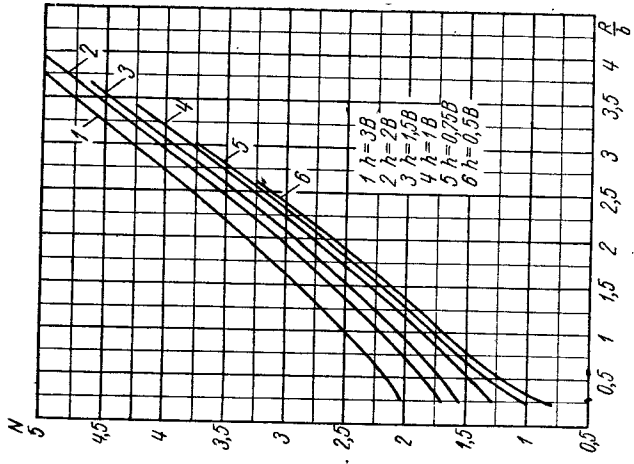
Во втором случае применяется расчет операций по коэффициентам вытяжки в углах закруглений, для чего вводится условный радиус

$$R_y = R_3 - 0,7b = b(N - 0,7).$$

Для упрощения вычислений и удобства практического пользования приведенными выше формулами можно вычисления подкоренного выражения не производить, а находить значе-



Фиг. 71. Диаграмма для определения отношения $\frac{R}{b}$.



Фиг. 72. Диаграмма для определения величины N .

Приведенные диаграммы не распространяются на заготовки для квадратных и прямоугольных коробок с фланцем, для которых должны применяться следующие формулы:

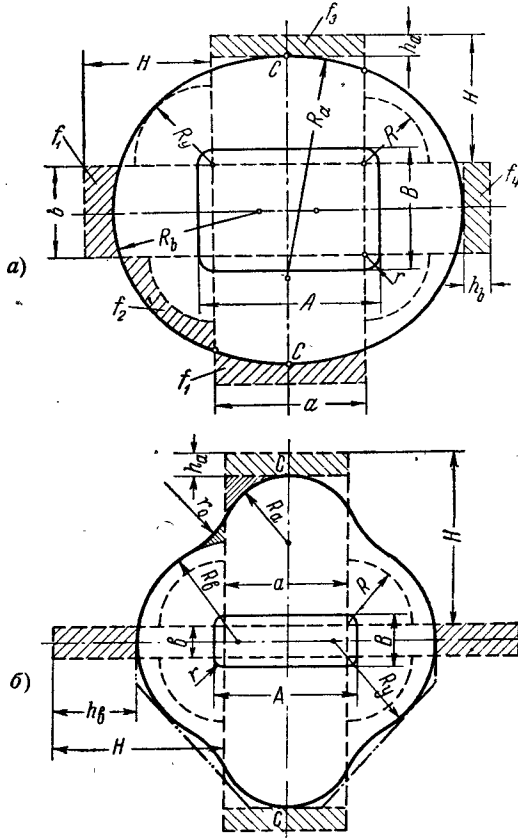
$$H = h + 0,57(r + r_{\Phi}) + l;$$

$$R = \sqrt{2rh + 2(r + r_{\Phi})(l + 0,57r_{\Phi}) + l^2},$$

где r_{Φ} — радиус закругления у фланца;

l — ширина плоской части фланца;

r — радиус углового и донного закруглений.



Фиг. 73. Построение контура заготовки для высоких прямоугольных коробок с закругленными углами.

Построение формы заготовки и определение ее размеров остаются теми же, что и для коробок без фланца.

При вытяжке высоких прямоугольных коробок применим тот же метод, условно рассматривая каждую из узких сторон как элемент квадратной коробки.

В данном случае заготовка имеет овальную форму. Наиболее просто овальный контур заготовки может быть построен сопряжением дуг, описанных двумя радиусами R_b и R_a (фиг. 73).

Радиусы R_b , очерчивающие контур овальной заготовки с узкой стороны, определяются, аналогично изложенному выше, из равенства площадей элементов коробки и заготовки

$$R_b = bN.$$

Условный радиус, применяемый при расчете операций по коэффициентам вытяжки, составляет

$$R_y = R_b - 0,7b.$$

Значение N находится графически по приведенным выше диаграммам (фиг. 70—72).

Построение закругления наибольшей стороны овала дугой радиусом R_a основано на равенстве условно убавляемой и прибавляемой площадей развертки f_1 и f_2 и приближенном равенстве площадей прямоугольников f_3 и f_4 .

Следовательно, ширина прямоугольника, убавляемого от длинной стороны развертки, равна

$$h_a \cong h_b \frac{b}{a} = \left(H + \frac{b}{2} - R_b \right) \frac{b}{a}.$$

Радиус R_a находится подбором при условии прохождения дуги окружности через точку C и касания с окружностями радиуса R_b .

Вместо овальной формы заготовка может быть взята упрощенной конфигурации — в виде прямоугольника со срезанными углами.

В случае вытяжки высоких прямоугольных коробок с соотношением сторон до $A : B = 1,1 - 1,15$ может быть принята круглая форма заготовки.

В случае вытяжки весьма узких и высоких коробок, у которых высота равна, или больше ее длины, заготовка имеет более сложный контур, так как невозможно провести окружность радиуса R_a , проходящую через точку C и касающуюся полуокружностей радиуса R_b .

В данном случае эти полуокружности сопрягаются с дугой, проходящей через точку C , посредством вогнутых дуг, радиус которых устанавливается графически (подбором) по равенству прибавляемой и убавляемой поверхностей заготовки (фиг. 73, б).

Для упрощения вырубного штампа заготовка может быть взята упрощенной конфигурации — в виде ромба со срезанными углами, как показано условным пунктиром в нижней части фиг. 73, б.

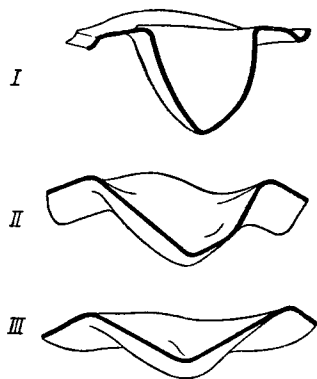
Для рассматриваемого случая наибольшая диагональ ромба перпендикулярна продольной оси коробки.

Построение заготовок для вытяжки деталей сложной и несимметричной конфигурации

Размеры и форма заготовок для вытяжки деталей сложной и несимметричной конфигурации находят путем: 1) разбивки контура на отдельные элементы; 2) нахождения заготовок и построения разверток для отдельных элементов; 3) построения плавного контура с уравниванием прибавленных и отрезанных частей заготовки.

Так как в данном случае трудно получить расчетом правильный размер заготовки, то обычно предварительно найденную форму заготовки проверяют путем пробных вытяжек.

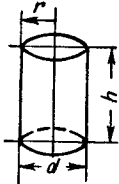
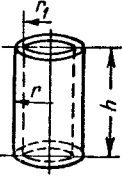
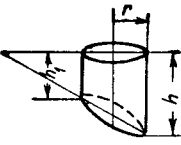
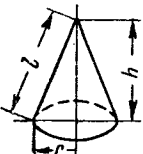
На фиг. 74 изображен оригинальный метод построения переходных форм вытяжки деталей весьма сложной конфигурации [211].

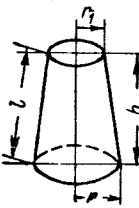
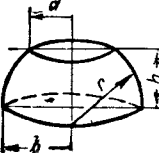
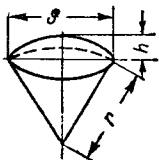
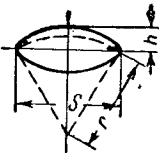
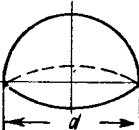


Фиг. 74. Построение переходных форм сложной вытяжки методом воскового слепка.

Таблица 57

Формулы для определения объема и боковой поверхности простых геометрических тел

Фигура	Эскиз	Объем V	Боковая поверхность F
Цилиндр		$\pi r^2 h = \frac{\pi d^2}{4} h$	$2\pi r h = \pi d h$
Полый цилиндр		$\pi h (r^2 - r_1^2)$	$2\pi h (r + r_1)$
Усеченный цилиндр		$\pi r^2 \frac{h + h_1}{2}$	$\pi r (h + h_1)$
Конус		$\frac{1}{3} \pi r^2 h$	$\pi r l = \pi r \sqrt{r^2 + h^2}$

Фигура	Эскиз	Объем V	Боковая поверхность F
Усеченный конус		$\frac{1}{3} \pi h (r^2 + r_1^2 + r \cdot r_1)$	$\pi l (r + r_1)$
Шаровой пояс		$\frac{\pi h}{6} (3a^2 + 3b^2 + h^2)$	$2\pi r h$
Шаровой сектор		$\frac{2}{3} \pi r^2 h$	$\frac{1}{2} \pi r (4h + S)$
Шаровой сегмент		$\pi h^2 \left(r - \frac{h}{3} \right) = \pi h \left(\frac{S^2}{8} + \frac{h}{6} \right)$	$2\pi r h = \frac{\pi}{4} (S^2 + 4h^2)$
Полушарие		$\frac{\pi d^3}{12}$	$\frac{\pi d^2}{2}$

Сущность данного метода заключается в том, что по образцу детали или по матрице окончательной формы детали изготавливают слепок из грубой марли, пропитанной воском (фиг. 74, I). Толщина слепка 2—3 мм. После остывания воска слепок вынимают и, руководствуясь характером деформаций, расправляют в менее рельефную и менее глубокую форму для промежуточной вытяжки (фиг. 74, II).

По расправленной форме слепка изготавливают гипсовую модель промежуточной матрицы. Производят дальнейшее расправление воскового слепка и получают форму для первоначальной вытяжки (фиг. 74, III), по которой отливают гипсовую модель матрицы первой вытяжки.

Размеры заготовок для вытяжки с утонением стенок (протяжки)

Для вытяжки с утонением стенок определение размеров заготовки производят исходя из равенства объемов материала заготовки и готовой детали с прибавкой на обрезку.

Чертеж детали разбивается на отдельные объемные участки геометрически простой формы, объем которых находится по геометрическим формулам (табл. 57) и затем суммируется.

Толщина заготовки обычно находится из чертежа готовой детали и условий ее обработки.

Диаметр заготовки определяется по следующей формуле:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{V}{S}} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{V}{S}},$$

где V — объем заготовки с учетом отходов при обрезке, равный $(1 + e)V_{\text{изд}}$;

S — толщина заготовки (1,0 до 1,2 толщины дна);

e — коэффициент, учитывающий отходы при обрезке (табл. 58).

Таблица 58

Величина отходов при обрезке

Относительная высота детали h/d	До 3	3—10	Свыше 10
Величина отхода при обрезке e в %	8—10	10—12	12—15

В табл. 58 приведены величины отходов при обрезке в процентах от веса или объема детали.

Более точные методы расчета заготовок для вытяжки с утонением материала изложены в специальной литературе [46].

20. Коэффициенты вытяжки и определение последовательности и числа операций

Степень деформации и коэффициенты вытяжки

В зависимости от соотношения высоты и диаметра вытягиваемой детали, а также от относительной толщины заготовки вытяжка может быть произведена в одну или несколько операций.

Необходимо, чтобы вытяжка была произведена в наименьшее количество операций, выполняемых с возможно большей степенью деформации (относительное уменьшение диаметра и увеличение глубины вытяжки), без применения промежуточного отжига.¹

¹ Исключением является вытяжка сильно наклепывающихся сплавов, особенно тех, у которых процесс холодной деформации сопровождается структурно-фазовыми превращениями и требует применения промежуточного отжига.

Степень деформации при вытяжке E может измеряться одним из следующих показателей:

$$\frac{D-d}{d}; \quad \frac{D-d}{D}; \quad \ln \frac{D}{d}; \quad K = \frac{D}{d} = \frac{1}{m}; \quad m = \frac{d}{D} = \frac{1}{K},$$

где D — диаметр заготовки в мм;
 d — диаметр детали в мм;
 m — коэффициент вытяжки;

K — степень вытяжки — величина, обратная коэффициенту вытяжки.

Эти показатели находятся в однозначной зависимости друг с другом и дают правильную характеристику общей степени деформации лишь при непрерывном условии — полной перетяжке фланца в боковую цилиндрическую поверхность детали.

Их численные значения в зависимости от отношения $\frac{D}{d}$ приведены на фиг. 75.

Таблица 59

Предельная степень деформации при вытяжке за первую операцию

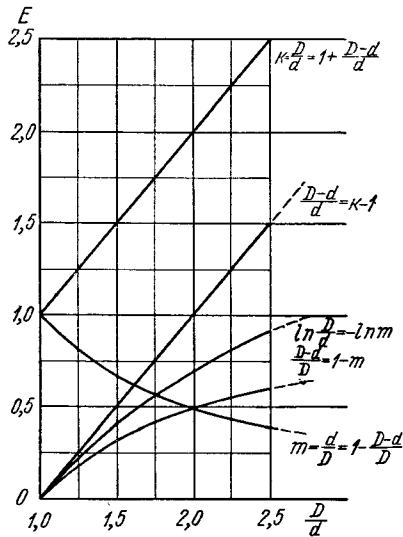
Показатель степени деформации	Теоретическая	Практическая
m	0,368	0,45—0,40
K	2,72	2,25—2,50
$\ln \frac{D}{d}$	1,0	0,8—0,9

Более правильным показателем степени деформации является показатель в логарифмической форме $\ln \frac{D}{d}$, однако он неудобен для практического пользования в цеховых условиях.

Наименее характерным показателем степени деформации является коэффициент вытяжки $m = \frac{d}{D}$, так как его численная величина находится в обратной зависимости от степени деформации (чем меньше m , тем больше степень деформации). Однако он наиболее прост и удобен для быстрых подсчетов и широко применяется на практике.

Встречается недостаточное правильное толкование смысла коэффициента вытяжки, якобы являющегося простым отношением $\frac{d}{D}$, не связанным с шириной перетягиваемого фланца и не характеризующим степень деформации. Ошибочность такого толкования видна из диаграммы (фиг. 75), а также из следующего преобразования:

$$m = \frac{d}{D} = 1 - \frac{D-d}{D}; \quad K = \frac{D}{d} = 1 + \frac{D-d}{d}.$$



Фиг. 75. Сопоставление различных показателей степени деформации при вытяжке.

Отношения, стоящие в правой части формул, представляют собой относительную деформацию при вытяжке, зависящую от ширины перетягиваемого фланца.

Предельная степень деформации при вытяжке представлена в табл. 59.

Предельная степень деформации и величины коэффициентов вытяжки в значительной степени зависят от величины радиуса закругления вытяжных кромок матрицы. Чем больше радиус закругления матрицы, тем выше достижимая степень деформации.

Каждой степени деформации соответствует определенная величина возникающего напряжения, ограничивающего возможность вытяжки и при известных условиях приводящего к образованию трещин и отрыву дна.

Поэтому наиболее правильным и точным способом определения степени деформации и количества операций вытяжки является способ, основанный на определении действительных напряжений, возникающих при вытяжке, и использующий основные законы теории пластичности [134]. Однако, ввиду сложности и практического неудобства его применения, подсчет количества последовательных операций вытяжки производят по экспериментально установленным коэффициентам вытяжки, которые характеризуют допустимую величину степени деформации.

Коэффициенты вытяжки выражаются отношениями: для первой вытяжки $m_1 = \frac{d_1}{D}$; для второй вытяжки $m_2 = \frac{d_2}{d_1}$; для последующих вытяжек $m_n = \frac{d_n}{d_{n-1}}$, откуда находят размеры последующих вытяжек:

$$d_1 = m_1 D; \quad d_2 = m_2 d_1;$$

$$d_n = m_n d_{n-1}.$$

Вытяжка цилиндрических деталей

Величины коэффициентов вытяжки, применяемые на практике, большей частью являются приближенными, так как не учитывают зависимости коэффициентов вытяжки от относительной толщины заготовки, радиуса закругления вытяжных кромок матрицы, скорости вытяжки и т. п.

Общим недостатком большинства встречающихся рекомендаций по коэффициентам вытяжки является игнорирование ими закона подобия, вследствие чего коэффициенты вытяжки, полученные в определенных частных условиях, неправильно обобщены и рекомендуются для любых случаев.

В холодной штамповке основным требованием закона подобия является необходимость полного геометрического подобия деталей и заготовок. Только при этом условии коэффициенты вытяжки будут выражать сопоставимые деформации.

Прежде всего необходимо соблюдение подобия геометрической формы вытягиваемой детали (без фланца, с фланцем, дно плоское или сферическое, или со скосами и т. п.).

В табл. 48 приведены коэффициенты общей степени вытяжки для геометрически различных деталей, откуда видно, что при одном и том же отношении высоты изделия к его диаметру коэффициенты вытяжки цилиндрических деталей численно различны не только в случае вытяжки деталей с фланцем и без него, но даже для случая вытяжки деталей с различной формой дна.

Вторым обязательным условием является геометрическое подобие деформируемых заготовок, выражаемое отношением $\frac{S}{D}$. Разным значениям $\frac{S}{D}$

соответствуют разные величины допустимой степени деформации и коэффициентов вытяжки, обуславливаемые различной устойчивостью фланца одних и тех же размеров при разной толщине материала.

На фиг. 76 приведены предельные значения коэффициентов первой вытяжки для различных материалов [124, 134].

Из диаграммы видно, что колебания предельной величины коэффициентов вытяжки для указанных металлов в два раза меньше, чем их изменения в зависимости от относительной толщины заготовки.

Необходимо учесть, что данная диаграмма охватывает лишь половину применяемых относительных толщин заготовки, а также то, что другие пластичные металлы, применяемые для глубокой вытяжки (сталь 10—15, декапированная сталь и др.), не дают большого отклонения от приведенных значений коэффициентов вытяжки. Следовательно, для полного диапазона применяемых на производстве относительных толщин заготовки влияние рода материала по крайней мере в 3—4 раза меньше влияния относительной толщины заготовки при оптимальной величине радиусов закругления матрицы и пуансона.

Поэтому рекомендуемые для практического пользования коэффициенты вытяжки обязательно должны быть разграничены по относительной толщине материала, характеризующей геометрическое подобие заготовок. Любые рекомендации, устанавливающие зависимость коэффициентов вытяжки только от рода материала, являются неправильными и необоснованными, так как они не соблюдают основного условия закона подобия и оценивают одними и теми же величинами несопоставимые деформации.

Этим, например, объясняется то обстоятельство, что вытяжку мелких цилиндрических деталей удается производить с коэффициентом вытяжки $m = 0,45$, в то время как вытяжка крупных деталей из тонкого материала той же марки с трудом получается при коэффициенте $m = 0,60—0,65$.

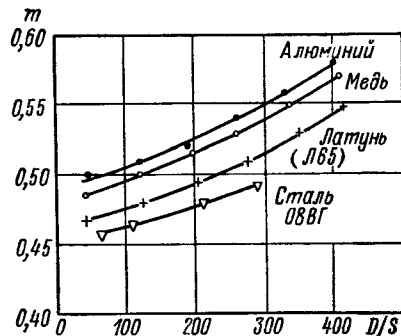
Это влияние «масштабного фактора» на величину коэффициента вытяжки значительно больше, чем влияние пластичности того или иного металла, так как для вытяжки применяются, главным образом, высокопластичные металлы с небольшим колебанием пластических свойств (за исключением магниевых и других специальных сплавов).

Другой причиной возникновения масштабного фактора является нарушение геометрического подобия относительных радиусов закруглений

матрицы и пуансона $\frac{r_m}{d}$ и $\frac{r_n}{d}$ у крупных и мелких деталей. При вытяжке мелких деталей имеется более благоприятное соотношение между радиальной и диаметральной кривизной изгиба материала на вытяжных кромках матрицы. Наилучшим является соотношение $r_m = \frac{d}{2}$, что осуществимо только

при вытяжке мелких деталей или в случае вытяжки с дополнительным сферическим прижимом материала. Следовательно, для полной сопоставимости деформаций должно также соблюдаться подобие относительных радиусов

закруглений матрицы и пуансона $\frac{r_m}{S}$ и $\frac{r_n}{S}$.



Фиг. 76. Предельные значения коэффициента первой вытяжки для различных материалов.

Таким образом, коэффициенты вытяжки должны быть различными для деталей различной геометрической формы (прежде всего для цилиндрических деталей с фланцем и без фланца), а также для различной относительной толщины материала. Последнее условие в известной мере должно отражать подобие и давать разграничение относительных радиусов закруглений матрицы и пуансона.

В табл. 60 приведены оптимальные значения коэффициентов вытяжки для цилиндрических деталей без фланца (при вытяжке с прижимом) в зависимости от относительной толщины заготовки и относительного радиуса закругления пуансона и матрицы.

Таблица 60

Коэффициенты вытяжки цилиндрических деталей без фланца

Коэффициенты вытяжки	Относительная толщина заготовки $\frac{S}{D} \cdot 100$					
	2—1,5	1,5—1,0	1,0—0,6	0,6—0,3	0,3—0,15	0,15—0,09
m_1	0,48—0,50	0,50—0,53	0,53—0,55	0,55—0,58	0,58—0,60	0,60—0,63
m_2	0,73—0,75	0,75—0,76	0,76—0,78	0,78—0,79	0,79—0,80	0,80—0,82
m_3	0,76—0,78	0,78—0,79	0,79—0,80	0,80—0,81	0,81—0,82	0,82—0,84
m_4	0,78—0,80	0,80—0,81	0,81—0,82	0,82—0,83	0,83—0,85	0,85—0,86
m_5	0,80—0,82	0,82—0,84	0,84—0,85	0,85—0,86	0,86—0,87	0,87—0,88

Меньшие значения коэффициентов вытяжки соответствуют повышенной величине радиусов закруглений на первых операциях ($r = 8 \div 15 S$), а большие значения — малой величине ($r = 4 \div 8 S$).

Приведенные коэффициенты относятся к стали для глубокой вытяжки (08, 10 и 15Г) и мягкой латуни.

В случае вытяжки менее пластичных металлов (сталь 20—25, Ст 2, Ст 3, декарпованная сталь, наклепанные алюминий и латунь и т. п.) коэффициенты вытяжки следует брать несколько большей величины, а при вытяжке более пластичных металлов (сталь 05, 08 и 10 ВГ; алюминий и др.) — несколько меньшей величины по сравнению с найденными значениями в табл. 60. В случае применения межоперационных отжигов коэффициенты вытяжки нужно брать меньшей величины.

При вытяжке цилиндрических деталей с широким фланцем нельзя пользоваться коэффициентами первой вытяжки для деталей без фланца, так как эти коэффициенты действительны лишь в случае полной перетяжки фланца в цилиндрическую поверхность детали.

В данном случае величина общего коэффициента вытяжки определяется по формуле

$$K = \frac{1}{m} = \sqrt{\left(\frac{d_{\phi}}{d}\right)^2 + 4 \frac{h}{d} - 3,44 \frac{r}{d}},$$

где $\frac{d_{\phi}}{d}$ — относительный диаметр фланца;

$\frac{h}{d}$ — относительная глубина вытяжки;

$\frac{r}{d}$ — относительный радиус закругления у дна и фланца;

причем влияние первого значительно больше двух последних.

Так как при первой вытяжке цилиндрических деталей с широким фланцем существует эта же зависимость, то допустимая общая степень деформации должна быть установлена для каждого отношения $\frac{d_{\Phi}}{d}$ и выражена посредством наибольшей относительной глубины вытяжки $\frac{h}{d}$.

Одновременно с этим допустимая степень деформации должна учитывать влияние радиусов закруглений, а также зависимость от относительной толщины заготовки.

В табл. 61 приведены приближенные значения относительной глубины $\frac{h}{d}$ при первой вытяжке цилиндрических деталей с фланцем из стали 10.

Таблица 61

Относительная глубина первой вытяжки $\frac{h}{d}$ для цилиндрических деталей с фланцем

Относительный диаметр фланца $\frac{d_{\Phi}^*}{d}$	Относительная толщина заготовки $\frac{S}{D} \cdot 100$				
	2—1,5	1,5—1,0	1,0—0,6	0,6—0,3	0,3—0,15
До 1,1	0,90—0,75	0,82—0,65	0,70—0,57	0,62—0,50	0,52—0,45
1,3	0,80—0,65	0,72—0,56	0,60—0,50	0,53—0,45	0,47—0,40
1,5	0,70—0,58	0,63—0,50	0,53—0,45	0,48—0,40	0,42—0,35
1,8	0,58—0,48	0,53—0,42	0,44—0,37	0,39—0,34	0,35—0,29
2,0	0,51—0,42	0,46—0,33	0,38—0,32	0,34—0,29	0,30—0,25
2,2	0,45—0,35	0,40—0,31	0,33—0,27	0,29—0,25	0,26—0,22
2,5	0,35—0,28	0,32—0,25	0,27—0,22	0,23—0,20	0,21—0,17
2,8	0,27—0,22	0,24—0,19	0,21—0,17	0,18—0,15	0,16—0,13
3,0	0,22—0,18	0,20—0,16	0,17—0,14	0,15—0,12	0,13—0,10

Примечание. Большие значения соответствуют увеличенным радиусам закруглений (от $r = 10 \div 12S$ для $\frac{S}{D} \cdot 100 = 2-1,5$ до $r = 20 \div 25S$ для $\frac{S}{D} \cdot 100 = 0,3-0,15$) при постепенном уменьшении их до величины $r \leq 0,5h$ по мере увеличения диаметра фланца и уменьшения относительной глубины вытяжки. Меньшие значения соответствуют уменьшенным радиусам закруглений у дна и фланца ($r \cong 4 \div 8S$).

Для более пластичных металлов по сравнению со сталью 10 можно брать ближайšie значения слева, а для менее пластичных — ближайšie значения справа из приведенных в таблице.

Если требуемая деталь с заданными отношениями $\frac{d_{\Phi}}{d}$, $\frac{r}{S}$ и $\frac{S}{D}$ имеет большую относительную глубину $\frac{h}{d}$, чем указано в табл. 61, то она не может быть вытянута за одну операцию. В этом случае необходимо производить первую вытяжку увеличенного диаметра, при условии получения требуемого наружного диаметра фланца уже в первой операции. Следовательно, вытяжка должна быть произведена при меньшем отношении $\frac{d_{\Phi}}{d}$,

причем относительная глубина вытяжки не должна превышать указанной в табл. 61 величины. При этом необходимо втягивать в первую операцию металла на 5—10% больше (по поверхности), чем требуется для окончательно вытянутой части детали.

В табл. 62 приведены наименьшие величины коэффициентов первой вытяжки для цилиндрических деталей с фланцем (сталь 10).

Таблица 62

Наименьшие величины коэффициентов первой вытяжки для цилиндрических деталей с фланцем

Относительный диаметр фланца $\frac{d_{\phi}}{d}$	Относительная толщина заготовки $\frac{s}{D} \cdot 100$				
	2—1,5	1,5—1,0	1,0—0,6	0,6—0,3	0,3—0,15
До 1,1	0,51	0,53	0,55	0,57	0,59
1,3	0,49	0,51	0,53	0,54	0,55
1,5	0,47	0,49	0,50	0,51	0,52
1,8	0,45	0,46	0,47	0,48	0,48
2,0	0,42	0,43	0,44	0,45	0,45
2,2	0,40	0,41	0,42	0,42	0,42
2,5	0,37	0,38	0,38	0,38	0,38
2,8	0,34	0,35	0,35	0,35	0,35
3,0	0,32	0,33	0,33	0,33	0,33

Из табл. 62 видно, что чем больше диаметр фланца, тем меньше величина коэффициента вытяжки. На последующих операциях вытяжка должна быть произведена на такую глубину, чтобы фланец, полученный в первую операцию, не вытягивался, а наружный размер его не уменьшался.

Предельная глубина последующей вытяжки (фиг. 77) находится по следующей формуле:

$$h_n = \frac{d_{n-1}}{d_n} h_{n-1} - 0,86 \frac{d_{n-1} r_{n-1} - d_n r_n}{d_n}$$

или по упрощенной формуле

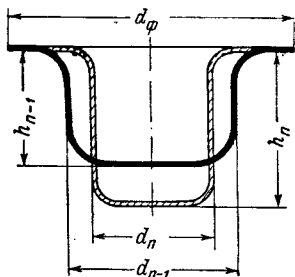
$$h_n = x \frac{d_{n-1}}{d_n} h_{n-1},$$

где x — коэффициент, меньший единицы.

При $x = 0,96 - 1$ неизбежно растяжение фланца и образование трещин у дна.

При $x = 0,85 - 0,9$ растяжения фланца не происходит. Высота вытяжек по переходам постепенно увеличивается. Такая вытяжка может применяться в случае небольшого изменения радиусов закруглений.

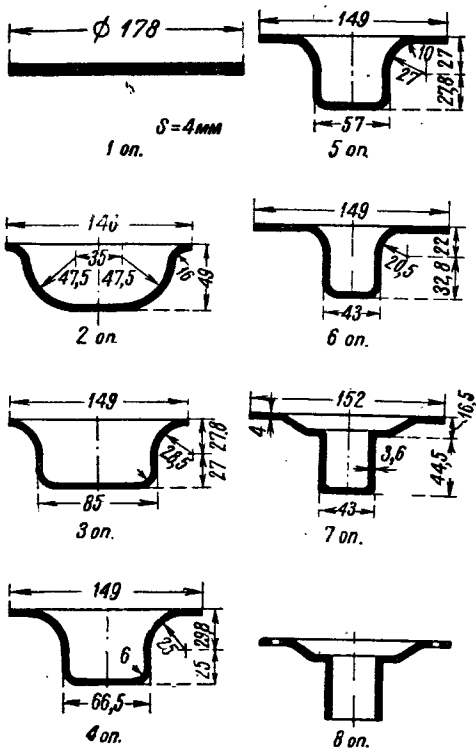
При $x = 0,75 - 0,8$ (точнее при $x = m_n$) высота вытяжек по переходам остается без изменения. Такая вытяжка практически получается при значительном уменьшении радиусов закруглений и рекомендуется в случае изготовления крупных деталей с фланцем.



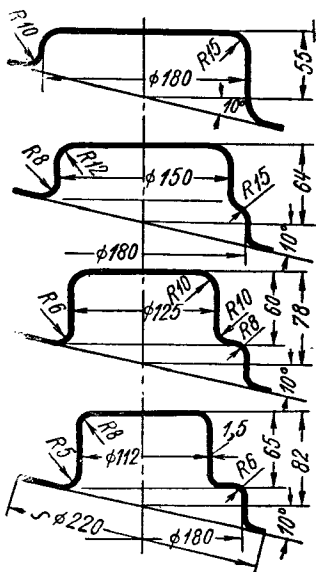
Фиг. 77. Схема последующей вытяжки детали с широким фланцем.

При $x < 0,75$ (точнее — при $x < m_n$) высота вытяжки на данной операции уменьшается, что имеет место при калибровке детали с резким уменьшением радиусов закруглений без изменения диаметра.

Второй и третий случаи являются основными. При их практическом применении должно происходить обязательное, хотя бы незначительное, уменьшение поверхности вытяжки по операциям.



Фиг. 78. Последовательность вытяжки деталей с большим фланцем.



Фиг. 79. Последовательность вытяжки детали с наклонным фланцем.

На фиг. 78 приведен пример последовательной вытяжки детали с широким фланцем, без изменения ее высоты по операциям. На фиг. 79 приведена вытяжка деталей с наклонным (косым) фланцем.

Коэффициенты вытяжки на последующих операциях определяются отношением

$$m_n = \frac{d_n}{d_{n-1}},$$

не зависящим от ширины и наружных размеров фланца, и могут быть взяты несколько меньшей величины по сравнению с аналогичными коэффициентами при вытяжке деталей без фланца.

В табл. 63 приведены коэффициенты последующих вытяжек для цилиндрических деталей с широким фланцем (сталь 10).

В случае применения межоперационного отжига коэффициенты последующих вытяжек могут быть уменьшены на 5—8%.

Таблица 63

Коэффициенты последующих вытяжек для цилиндрических деталей с фланцем

Коэффициенты вытяжки	Относительная толщина заготовки $\frac{S}{D} \cdot 100$				
	2—1,5	1,5—1,0	1,0—0,6	0,6—0,3	0,3—0,15
m_2	0,73	0,75	0,76	0,78	0,80
m_3	0,75	0,78	0,79	0,80	0,82
m_4	0,78	0,80	0,82	0,83	0,84
m_5	0,80	0,82	0,84	0,85	0,86

Глубокая вытяжка деталей с небольшим фланцем

$$\left(\frac{d_{\Phi}}{d} = 1,1 - 1,4 \text{ при } \frac{h}{d} > 1 \right)$$

производится обычным способом, путем вытяжки на первой операции цилиндрической заготовки без фланца, перетяжки ее на последующих операциях с образованием конического фланца (в результате вытягивания металла из-под конусного прижима) и правки его на плоскость.

Количество последующих операций определяется принятыми коэффициентами вытяжки и находится по формуле:

$$n = \frac{\lg d_n - \lg (m_1 D)}{\lg m_2},$$

где n — количество операций вытяжки;

d_n — диаметр готовой детали в мм;

D — диаметр заготовки в мм.

Способ быстрого определения количества операций

Приведенные выше методы определения коэффициента вытяжки и количества операций (переходов) требуют предварительного нахождения диаметра заготовки и подсчетов по формулам.

Ниже приводится способ определения требуемого количества операций непосредственно по таблицам, в зависимости от отношения высоты к диаметру вытягиваемого изделия $\frac{h}{d}$ [80].

В основу этого способа положена зависимость:

$$D = Kd$$

или

$$K = \frac{1}{m} = \frac{D}{d}.$$

Степень вытяжки K определяется по соотношению $\frac{h}{d}$ и $\frac{r}{d}$, например, для цилиндрической вытяжки без фланца находится по формуле

$$K = \frac{1}{m} \cong \sqrt{1 + 4\frac{h}{d} - 1,72\frac{r}{d} - 0,56\left(\frac{r}{d}\right)^2}.$$

Исходя из общей степени вытяжки, определяемой соотношением геометрических размеров, можно без особых подсчетов определить необходимое количество операций вытяжки, так как

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \dots K_n = \frac{D}{d_1} \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot \frac{d_2}{d_3} \dots \frac{d_{n-1}}{d_n} = \frac{D}{d_n};$$

$$m = m_1 \cdot m_2 \cdot m_3 \dots m_n = \frac{d_1}{D} \cdot \frac{d_2}{d_1} \cdot \frac{d_3}{d_2} \dots \frac{d_n}{d_{n-1}} = \frac{d_n}{D}.$$

На основании соответствующих значений коэффициентов вытяжки по операциям при различном отношении $\frac{S}{D}$ (табл. 60) по приведенной выше формуле подсчитаны приближенные значения наибольшей относительной глубины вытяжки $\frac{h}{d}$ (табл. 64) для определения необходимого количества операций при вытяжке цилиндрических деталей без фланца из мягкой стали, в зависимости от заданных отношений $\frac{h}{d}$, $\frac{r}{S}$ и $\frac{S}{D}$.

Таблица 64

Наибольшая относительная глубина вытяжки $\frac{h}{d}$ для цилиндрических деталей без фланца

Количество операций вытяжки	Относительная толщина заготовок $\frac{S}{D} \cdot 100$					
	2-1,5	1,5-1,0	1,0-0,6	0,6-0,3	0,3-0,15	0,15-0,08
1	0,94-0,77	0,81-0,65	0,70-0,57	0,62-0,5	0,52-0,45	0,46-0,38
2	1,88-1,54	1,60-1,32	1,36-1,1	1,13-0,94	0,96-0,83	0,9-0,7
3	3,5-2,7	2,8-2,2	2,3-1,8	1,9-1,5	1,6-1,3	1,3-1,1
4	5,6-4,3	4,3-3,5	3,6-2,9	2,9-2,4	2,4-2,0	2,0-1,5
5	8,9-6,6	6,6-5,1	5,2-4,1	4,1-3,3	3,3-2,7	2,7-2,0

Примечание. Большие значения $\frac{h}{d}$ соответствуют увеличенным радиусам закруглений на первых операциях (от $r = 8S$ для $\frac{S}{D} \cdot 100 = 2-1,5$ до $r = 15S$ для $\frac{S}{D} \cdot 100 = 0,15-0,08$), а меньшие значения — уменьшенным радиусам закруглений ($r \approx 4 \div 8S$).

Последовательная вытяжка в ленте

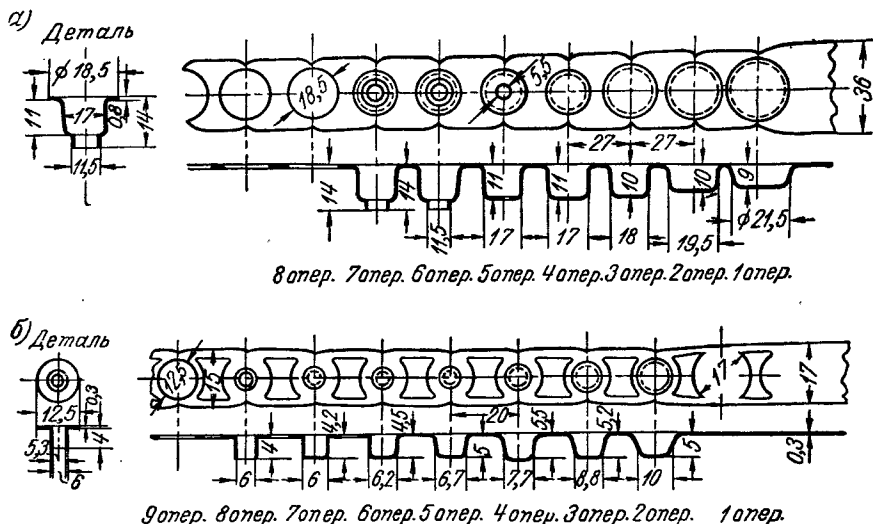
При последовательной вытяжке в ленте различают два случая: вытяжка в целой ленте (фиг. 80, а) и вытяжка в ленте с надрезами или с вырезкой промежутков (фиг. 80, б).

В первом случае, во избежание разрывов и трещин, сознательно уменьшают степень деформации на каждой операции, для чего применяют большие значения коэффициентов вытяжки. Это приводит большей частью к введению лишнего перехода и установке лишнего пуансона и матрицы, без уменьшения производительности штампа.

Для экономии материала и увеличения производительности в массовом производстве применяется многорядная вытяжка в целой ленте с шахматным расположением деталей в полосе [79].

Однако этот способ представляет большие технологические затруднения и применяется главным образом при вытяжке деталей из цветных металлов. Для стальных деталей многорядная вытяжка в целой ленте не применяется.

Наиболее распространен способ однорядной вытяжки с надрезами или вырезами в ленте. Но этот способ дает недостаточно экономное использование



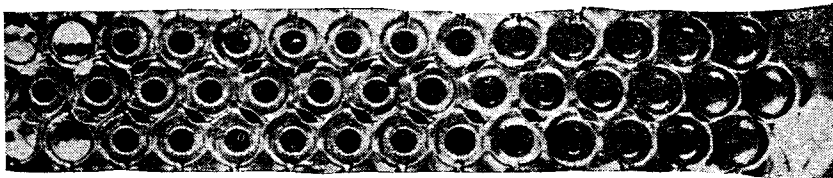
Фиг. 80. Последовательность вытяжки в ленте.

а — в целой ленте; б — с вырезкой промежутков.

материала и требует применения узких лент, поэтому в массовом производстве мелких деталей (пистоны, обувные блочки, пустотелые заклепки, кнопки и т. п.) пользуются штучной однооперационной штамповкой на автоматических прессах с бункерной подачей заготовок.

При этом способе штамповки вырубка и первая вытяжка заготовок производятся на специальных прессах при многорядном раскрое (9—11 рядов), дающем значительную экономию материала по сравнению с однорядной штамповкой.

На фиг. 81 показан оригинальный способ многорядной вытяжки в стальной ленте с небольшими надрезами между отдельными деталями, которые зна-



Фиг. 81. Многорядная вытяжка в стальной ленте с автоматическими надрезами.

чительно облегчают процесс вытяжки. Надрезы образуются автоматически при первой вытяжке в результате натягивания материала на острозаточенную кромку вставных матриц.

Этот способ многорядной вытяжки применяется в массовом производстве обувных блочек из стальной холоднокатанной ленты, дает значительную экономию материала и утреннюю производительность по сравнению с одно-рядной вытяжкой. При работе пресса с числом ходов 120 в минуту этот способ штамповки обеспечивает производительность около 168 000 шт. в смену.

В табл. 65 приведены средние значения коэффициентов вытяжки для латуинных и малоуглеродистых стальных лент при последовательной вытяжке в целой ленте. Меньшие значения коэффициентов вытяжки следует применять для латуинных лент, а также для более толстого материала. Вместо коэффициента вытяжки на первой операции можно пользоваться соотношением между глубиной и диаметром вытяжки

$$\frac{h}{d} = 0,35-0,40.$$

При вытяжке в ленте с надрезами или вырезками промежутков процесс вытяжки аналогичен случаю вытяжки из штучных заготовок деталей с фланцем. В данном случае необходимо учесть скорость вытяжки, так как большей частью работа производится на быстроходных прессах. Коэффициенты вытяжки могут быть взяты из табл. 62 и 63.

Во избежание надрывов и трещин необходимо соблюдать следующие правила набора материала.

1. При вытяжке в целой ленте за первую операцию в матрицу вытягивается металл на 10—15% больше, чем нужно для окочкательной вытянутой части детали, а за последующие операции одновременно с уменьшением диаметра вытяжки происходит образование фланца путем посадки металла из боковой стевки и закругления на плоскость.

2. При вытяжке с надрезами ленты в первую операцию производится вытяжка, поверхностью равная поверхности готовой детали, включая ее фланец. Плоской частью заготовок на первой операции вытяжки должен оставаться лишь припуск на обрезку и соединительные мостики с перемычками.

Если при отладке штампа окажется, что на первой операции набрано больше металла, чем требуется, то следует уменьшить длину пуансона первой вытяжки, а тем самым уменьшить глубину вытяжки.

Первая вытяжка обязательно должна производиться с прижимом заготовки к матрице, а последующие — без прижима материала. В случае вытяжки удлиненных деталей малого диаметра иногда на последних переходах пуансоны не ставятся, а применяется вдавливание деталей в матрицу прижимом. При последовательной вытяжке в ленте коэффициенты вытяжки обычно подсчитываются по внутренним размерам или, что то же, по рабочим размерам пуансонов.

Вытяжка прямоугольных деталей [188]

Из рассмотрения деформаций при вытяжке прямоугольных деталей (фиг. 66) видно, что боковые стенки не просто отгибаются, а претерпевают более сложную деформацию, состоящую из сжатия (укорочения) элементов вдоль периметра и удлинения в вертикальном направлении, причем эти деформации достигают наибольшей величины в угловых закруглениях.

Участие боковых сторон прямоугольных деталей в деформации вытяжки и перемещении материала приводит к следующим положительным результатам:

1) значительно уменьшается деформация в углах закруглений по сравнению с деформацией при цилиндрической вытяжке тех же размеров;

Таблица 65

Коэффициенты для последовательной вытяжки в целой ленте

Операции	Коэффициенты вытяжки
1-я	0,68—0,72
2-я	0,80—0,85
3-я	0,82—0,87
4-я	0,85—0,90
5-я	0,87—0,92
6-я	0,90—0,95

2) снижаются тангенциальные сжимающие напряжения и повышается устойчивость фланца на изгиб и образование гофров;

3) первая вытяжка прямоугольных коробок производится при значительно меньшей величине коэффициентов вытяжки в углах по сравнению с вытяжкой цилиндрических полых деталей.

Предельная величина вытяжки прямоугольных деталей в одну операцию характеризуется условным коэффициентом вытяжки в углах заготовки:

$$m = \frac{r_1}{R_y},$$

где R_y — условный радиус в угловом закруглении заготовки ($R_y = R_b - 0,7b$) (фиг. 72).

Но коэффициент вытяжки однозначно выражается через отношение $\frac{h}{r}$, так как

$$m = \frac{d}{D} = \frac{d}{2\sqrt{2rh}} = \frac{1}{\sqrt{2\frac{h}{r}}}.$$

Следовательно, предельная величина вытяжки в одну операцию может быть выражена предельным отношением $\frac{h}{r}$.

В отношении коэффициентов вытяжки для прямоугольных коробок в литературе приводятся разноречивые данные, которые учитывают, главным образом, сорт материала и игнорируют целый ряд факторов механического и геометрического характера.

Таковыми факторами, благоприятно влияющими на величину коэффициентов вытяжки (в сторону их уменьшения), являются следующие:

- 1) пластичность металла при отсутствии или небольшой степени наклепа;
- 2) устойчивость фланца в зависимости от относительной толщины материала и наличия прижима заготовки;
- 3) возможность и степень вытеснения материала из углового закругления в боковые стенки.

При этом влияние смещения материала в боковые стенки и устойчивость фланца имеют большее практическое значение, чем природная пластичность металла, так как для глубокой вытяжки применяются, главным образом, высокопластичные материалы с небольшим колебанием показателей пластических свойств.

Возможность и степень смещения металла в боковые стенки зависит от отношения $\frac{r}{B}$ и приводит к повышению общей степени деформации и к снижению коэффициента вытяжки для прямоугольных коробок до $m = 0,28 \div 0,3$ вместо $m = 0,55 \div 0,6$ для вытяжки цилиндрических деталей.

Устойчивость фланца изгибу и складкообразованию зависит главным образом от относительной толщины материала $\frac{S}{D}$.

В табл. 66 приведены приближенные значения наибольшей глубины вытяжки квадратных и прямоугольных деталей за первую операцию из стали 10.

В случае вытяжки из менее пластичного металла отношение $\frac{h}{r_1}$ следует брать на 5—7% меньше, а при вытяжке из более пластичного металла — на 5—7% больше значений, найденных в табл. 66.

В табл. 67 приведены приближенные значения коэффициентов вытяжки для квадратных и прямоугольных деталей в зависимости от отношения $\frac{r}{B}$ и $\frac{S}{D} \cdot 100$.

В случае вытяжки менее пластичных металлов (сталь 20—25 и т. п.) коэффициенты вытяжки нужно брать несколько большей величины (среднее между найденным значением в табл. 67 и ближайшим слена), а при вытяжке

Таблица 66

Наибольшая величина $\frac{h}{r_1}$ при первой вытяжке для стали 10

Отношение $\frac{r}{B}$	Квадратные детали			Прямоугольные детали		
	Относительная толщина заготовки $\frac{S}{D} \cdot 100$					
	0,1-0,3	0,3-1	1-2	0,1-0,3	0,3-1	1-2
0,4	2,2	2,5	2,8	2,5	2,8	3,1
0,3	2,8	3,2	3,5	3,2	3,5	3,8
0,2	3,5	3,8	4,2	3,8	4,2	4,6
0,1	4,5	5,0	5,5	4,5	5,0	5,5
0,05	5,0	5,5	6,0	5,0	5,5	6,0

Таблица 67

Коэффициенты вытяжки для квадратных и прямоугольных деталей (сталь 10)

Отношение $\frac{r}{B}$	Первая вытяжка квадратных деталей			Первая вытяжка прямоугольных деталей			Последующие вытяжки квадратных и прямоугольных деталей		
	Относительная толщина заготовки $\frac{S}{D} \cdot 100$						Относительная толщина заготовки $\frac{S}{D} \cdot 100$		
	0,1-0,3	0,3-1	1-2	0,1-0,3	0,3-1	1-2	0,1-0,3	0,3-1	1-2
0,4	0,48	0,45	0,42	0,44	0,42	0,40	0,73	0,70	0,67
0,3	0,42	0,40	0,38	0,40	0,38	0,36	0,66	0,63	0,60
0,2	0,38	0,36	0,34	0,36	0,34	0,33	0,60	0,57	0,54
0,1	0,33	0,32	0,30	0,33	0,32	0,30	0,53	0,51	0,48
0,05	0,32	0,30	0,29	0,32	0,30	0,29	0,50	0,48	0,45

более пластичных металлов (алюминий, сталь 08ВГ и т. п.) — несколько меньшей величины (среднее между найденным значением и ближайшим справа).

Величина D в приведенных таблицах обозначает: для квадратных коробок — диаметр, а для прямоугольных — ширину заготовки.

Коэффициенты вытяжки для первой операции определяются как отношение углового радиуса (на первой операции) к условному радиусу закругления в углах заготовки:

$$m_1 = \frac{r_1}{R_y}.$$

Коэффициенты вытяжки для последующих операций представляют собой отношение радиусов угловых закруглений (текущего к предыдущему):

$$m_n = \frac{r_n}{r_{n-1}}.$$

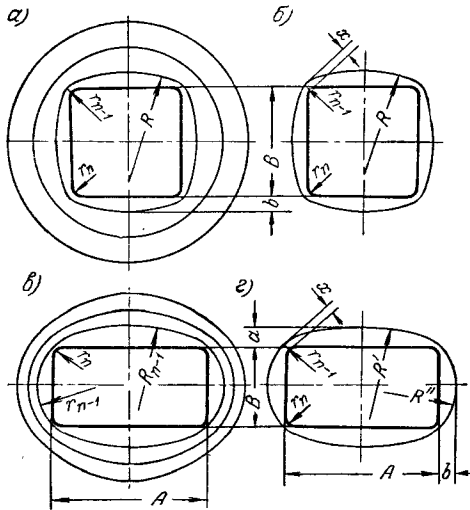
Таким образом, радиусы угловых закруглений по переходам определяются следующим образом:

$$r_1 = m_1 R_y; r_2 = m_2 r_1; r_3 = m_3 r_2 \text{ и т. д.}$$

Коэффициенты вытяжки для овальных или закругленных с узких сторон коробок могут быть приняты следующими: для первой вытяжки $m_1 = 0,45 - 0,40$; для последующих вытяжек $m_n = 0,70 - 0,60$.

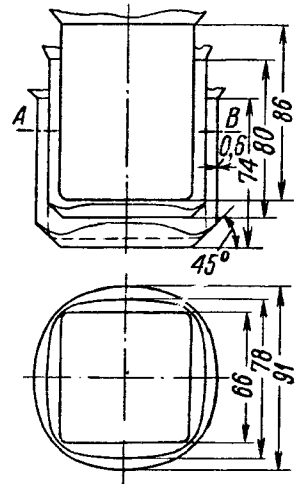
В случае вытяжки квадратных или прямоугольных коробок с фланцем допустимые коэффициенты вытяжки зависят не только от отношений $\frac{r}{B}$ и $\frac{S}{D}$, но и от относительной ширины фланца (с увеличением последней коэффициент вытяжки уменьшается).

Коэффициенты первой вытяжки коробок с фланцем могут быть взяты меньшей величины по сравнению с приведенными в табл. 65.



Фиг. 82. Построение контура вытяжек по переходам:

a и *б* — квадратного сечения; *в* и *г* — прямоугольного сечения.



Фиг. 83. Последовательность вытяжки квадратной коробки.

В зависимости от относительной высоты квадратных и прямоугольных коробок форма сечения вытяжки на первой операции может быть различна:

1) при вытяжке квадратных коробок — в случае трех и более операций — круг (фиг. 82, *a*), а в случае двух операций — квадрат с выпуклыми стенками (фиг. 82, *б*);

2) при вытяжке прямоугольных коробок — в случае трех и более операций — овал со значительной выпуклостью сторон (фиг. 82, *в*), а в случае двух операций — овал с незначительной выпуклостью длинных сторон или с прямыми длинными сторонами (фиг. 82, *г*).

Построение контура вытяжек по переходам основано на получении равномерного подъема стенок вытяжки как в углах, так и по середине сторон.

Прежде всего строится контур предпоследней вытяжки.

Так как удлинение в угловом закруглении больше, чем по середине стенки, то величина x берется значительно меньшей величины b (фиг. 82).

Приблизительно можно принять:

$$b = \frac{1 - m_n}{2} h; \quad x = \left(\frac{1}{m_n} - 1 \right) r_n,$$

где h — высота детали в мм;

m_n — коэффициент вытяжки на последней операции по табл. 67;

r_n — радиус углового закругления готовой детали в мм.

У прямоугольных коробок с соотношением сторон до $A : B = 2$ (фиг. 82, ϵ и z) размер a берется больше b пропорционально радиусу кривизны контура в данном сечении, а для последнего перехода — пропорционально соотношению сторон:

$$a = b \frac{R}{r} = b \frac{A}{B}.$$

Радиусы дуг, образующих контур детали R_{n-1} , R_{n-2} и т. д., обычно подбираются графическим построением. Приближенно для длинных коробок

$$R_{n-1} = A - a.$$

Переход от дна к стенкам зачастую выполняется со скосом в 45° , причем величина скосов постепенно уменьшается (фиг. 83). Это достигается тем, что торцевая плоскость пуансонов делается прямоугольной или квадратной на всех переходах, при соответствии размеров торцевой плоскости чертежу детали.

Углы на торце пуансона рекомендуется несколько заваливать. Радиусы закруглений скосов пуансона следует увеличивать до $r = 20-25 S$.

Вытяжка высоких прямоугольных коробок с широким фланцем за несколько операций возможна лишь при строгом соблюдении равномерного подъема металла по высоте во всех точках контура.

Вытяжка деталей сложной формы

Сюда относятся полые детали, являющиеся телами вращения, имеющими ступенчатую, коническую, сферическую или параболическую форму.

Вытяжка деталей ступенчатой формы

Ввиду большого разнообразия и сложности деталей ступенчатой формы трудно установить единый метод для построения технологических переходов вытяжки.

Прежде всего должен быть решен вопрос о том, может ли ступенчатая деталь быть вытянута в одну операцию (с применением нескольких самостоятельных буферов), или требуются несколько операций вытяжки.

В данном случае может быть применен следующий приближенный метод: надо определить отношение высоты детали к диаметру

наименьшей ступени $\frac{h}{d}$ и по табл. 64 найти количество операций вытяжки.

Так, для детали, изображенной на фиг. 84, находим, что при толщине заготовки $\frac{S}{D} \cdot 100 > 0,6$ деталь может быть вытянута за одну операцию.

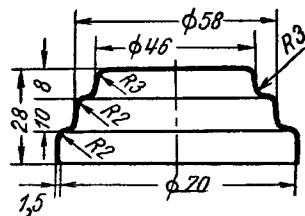
В случае вытяжки детали ступенчатой формы за несколько операций их количество и последовательность определяются числом ступеней, если при этом коэффициенты вытяжки на каждой ступени не выходят из пределов, приведенных в табл. 60 и 63.

При вытяжке деталей ступенчатой формы применяют следующие правила.

1. Контур детали разбивают на внутренние и наружные элементы. Вначале производят вытяжку внутренних, а затем наружных элементов. В последнюю операцию штампуются фланец.

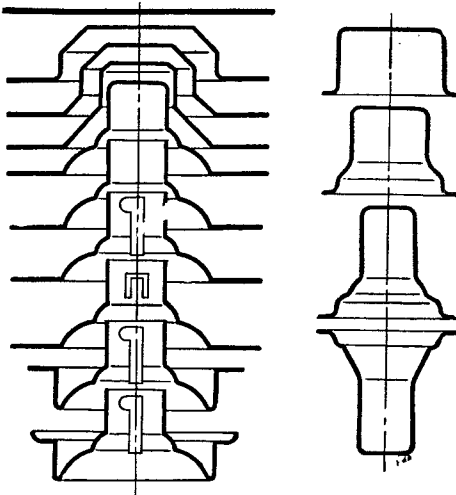
2. В ряде случаев вначале вытягивается предварительная конфигурация профиля детали, ограниченная прямыми и наклонными участками с большими закруглениями, а окончательная форма детали (с углами, выпуклостями и т. п.) штампуются в последнюю операцию.

3. За каждую операцию вытягивается в матрицу столько металла, сколько требуется для его дальнейшей деформации в следующей операции. Однако



Фиг. 84. Вытяжка детали ступенчатой формы.

лучше иметь небольшой избыток металла против расчетного (5—8%), так как при недостатке втянутого металла возможны обрывы.



Фиг. 85. Примеры вытяжки деталей сложной конфигурации.

На фиг. 85 приведены примеры вытяжки деталей сложной конфигурации, иллюстрирующие указанные правила.

Вытяжка сферических и параболических деталей

В случае вытяжки деталей сферической (полусферовой) формы коэффициент вытяжки постоянен и для любого диаметра равен $m = 0,71$.

Несмотря на большую величину этого коэффициента по сравнению с коэффициентами для цилиндрической вытяжки, сферическая вытяжка значительно труднее последней, так как большая часть поверхности заготовки остается неприжатой и легко образует выпучивания и гофры. Кроме того, давление пуансона передается только в центре заготовки, вызывая сильное местное

утонение материала. Для предотвращения образования складок необходимо применение особой формы вытяжных ребер матрицы и надежного прижима материала.

На фиг. 86 изображена непригодная вытяжка сферической формы, вытянутая с большим зазором между матрицей и прижимом.

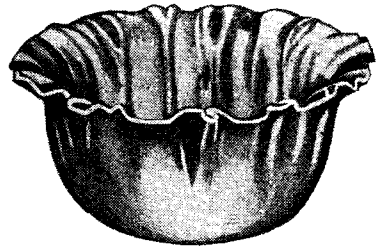
Сильный прижим материала приводит к увеличению растягивающих напряжений и противодействует деформации в тангенциальном направлении, вызывающей образование складок.

Если коэффициент вытяжки для сферических деталей (полусферовой формы) постоянен и не определяет возможности вытяжки, то относительная толщина заготовки $\frac{S}{D}$ имеет решающее значение для качества вытяжки. Чем меньше значение $\frac{S}{D}$ тем труднее процесс вытяжки.

При $\frac{S}{D} \cdot 100 > 3$ вытяжка полусферы может быть произведена без прижима, формовкой в упор в глухом штампе [147].

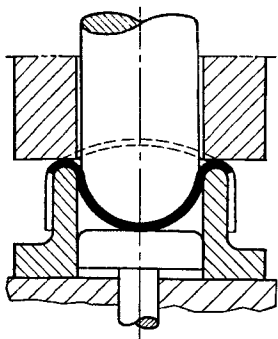
При $\frac{S}{D} \cdot 100 > 0,5$ необходима вытяжка с прижимом или обратная вытяжка (с выворачиванием, фиг. 87).

При $\frac{S}{D} \cdot 100 < 0,5$ применяется матрица с вытяжными ребрами (фиг. 88) или вытяжка с выворачиванием.

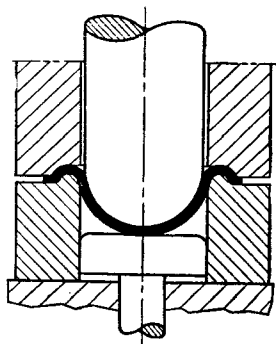


Фиг. 86. Складки при сферической вытяжке со слабым прижимом.

Для вытяжки тонкостенных сферических деталей больших размеров вместо штампа с вытяжными ребрами успешно применяется способ вытяжки без прижима, но с двойным перегибом заготовки (фиг. 89) [134].



Фиг. 87. Схема обратной вытяжки сферических деталей.



Фиг. 88. Сферическая вытяжка в матрице с вытяжными ребрами.

Применяемый иногда способ изготовления деталей сферической и параболической формы путем вытяжки полуфабриката ступенчатой формы, с последующей штамповкой плавного контура, не может быть рекомендован вследствие большого количества дефектов (неравномерность толщины, морщины, неразглаженные следы уступов и т. п.). В ряде случаев для их устранения приходится прибегать к доработке детали на давильных станках.

Более качественные результаты при изготовлении деталей параболической формы дает метод обратной вытяжки (с выворачиванием), получивший применение при изготовлении автомобильных фар и т. п. (фиг. 90).

В настоящее время этот метод вытесняется гидравлической штамповкой, позволяющей получать эти детали за одну — две операции.

Вытяжка деталей конической формы

Вытяжка конических деталей, так же как и сферических, затруднена тем, что давление пуансона передается лишь небольшой поверхности в центре заготовки, вызывая значительное местное утонение, а иногда и обрывы материала. Кроме того, значительная часть поверхности заготовки остается вне прижима и легче образует гофры.

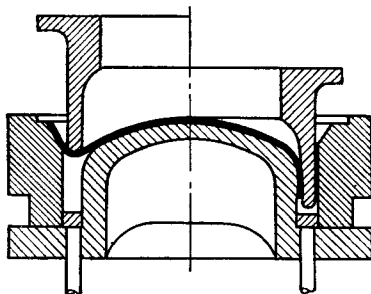
Встречаются два типа конических деталей — остроконечные и с тупой вершиной по форме усеченного конуса, из них последний имеет значительно большее распространение.

Коэффициенты вытяжки для конических деталей с плоским дном определяются по формуле

$$K = \sqrt{1 + 2 \frac{l}{a_1} \left(1 + \frac{d_2}{a_1}\right)},$$

где l — длина образующей конуса;

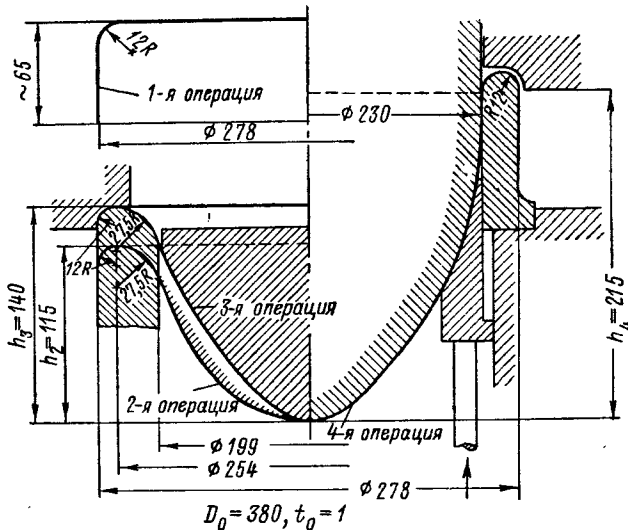
d_1 и d_2 — диаметры дна и верха детали; $K = \frac{D}{d} = \frac{1}{m}$ — степень вытяжки.



Фиг. 89. Схема вытяжки посредством двойного перегиба заготовки.

Для узких и высоких конических деталей применяют условные коэффициенты вытяжки, подсчитанные по средним диаметрам

$$m_n = \frac{d_{\text{ср. } n}}{d_{\text{ср. } (n-1)}}, \text{ где } d_{\text{ср.}} = \frac{d_1 + d_2}{2}.$$



Фиг. 90. Переходы при вытяжке корпуса автомобильной фары.

Для широких и низких конических деталей расчет переходов по средним диаметрам лишен физического и практического смысла.

Различают три случая вытяжки конических деталей [147]:

1) мелкие детали высотой

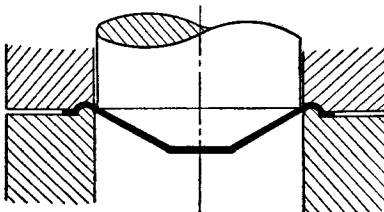
$$h \leq (0,25 - 0,3) d,$$

2) средней глубины высотой

$$h = (0,4 - 0,7) d,$$

3) глубокие детали высотой

$$h > 0,8d,$$



Фиг. 91. Коническая вытяжка в матрице с вытяжными ребрами.

Поэтому необходимо увеличить давление прижима и создать в деформируемой заготовке значительные растягивающие напряжения, превышающие предел упругости материала, посредством применения матрицы с вытяжными ребрами (фиг. 91).

Другой способ вытяжки неглубоких, но широких конусов при помощи ступенчатого кольцевого прижима показан на фиг. 92.

где d — наибольший диаметр конуса.

Вытяжка мелких конических деталей осложняется тем, что степень деформации заготовки невелика (за исключением мест, прилегающих к закругленным краям пуансона), вследствие чего вытяжка «распружинивает» и теряет свою форму.

Вытяжка такого типа деталей хорошо осуществляется также гидравлической штамповкой.

Вытяжка конических деталей средней глубины в большинстве случаев производится за одну операцию. Лишь при малой относительной толщине заготовки, а также при наличии фланца требуются две или три операции вытяжки.

В случае штамповки деталей из сравнительно толстого материала $\frac{S}{D} \cdot 100 > 2,5$ вытяжка может происходить без прижима, аналогично вытяжке цилиндрических деталей. В данном случае необходима калибровка детали в конце рабочего хода (фиг. 93).

Детали конической формы, типа сепараторов конических подшипников (фиг. 94), имеющие относительную толщину $\frac{S}{D} \cdot 100 = 1,5 - 2,0$, вытягиваются в одну операцию, но с применением прижима.

При изготовлении тонкостенных конических деталей со значительной разницей диаметров дна и верха вначале вытягивают более простую округленную форму с поверхностью, равной поверхности готовой детали, а затем в калибровочном штампе придают окончательную форму (фиг. 95).

На фиг. 96 изображена последовательность изготовления фланца сложного профиля.

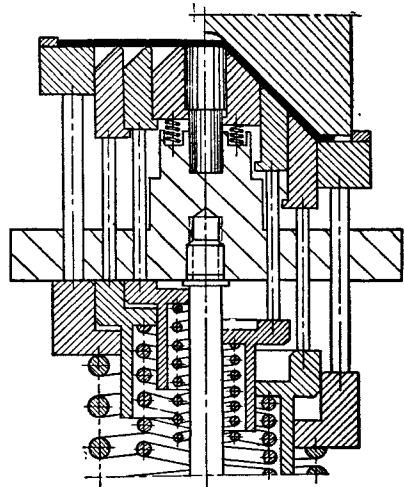
Вытяжка глубоких конических деталей происходит за несколько последовательных операций. Наиболее распространен способ многооперационной вытяжки ступенчатого профиля, вписанного в контур готового изделия, с последующей формовкой в калибровочном штампе (фиг. 97, а). Этот способ требует большого количества операций, не обеспечивая гладкой поверхности детали. Он вытесняется другим способом, при котором вначале вытягивается полуфабрикат, поверхностью равный, или несколько больший поверхности конической детали, причем размеры борта равны размерам бортов конуса.

Затем за каждую последующую операцию вытягивается все увеличивающаяся часть конической поверхности (фиг. 97, б).

Коэффициенты вытяжки как для первого, так и для второго способов определяют по средним диаметрам и берут из приведенной таблицы.

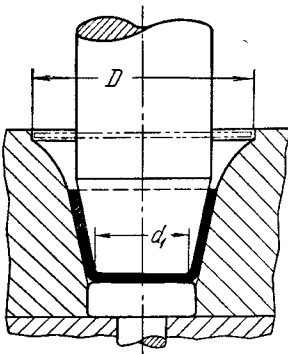
На фиг. 98 изображен распространенный, но нецелесообразный способ изготовления конического стаканчика с небольшой разницей между верхним и нижним диаметрами.

Данный способ требует четыре вытяжные и одну калибровочную операцию и не обеспечивает гладкой поверхности детали.

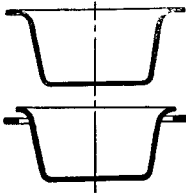


Фиг. 92. Вытяжка широкого конуса посредством ступенчатого кольцевого прижима.

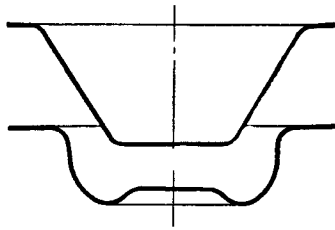
Относительная толщина заготовки $\frac{S}{d_{n-1}} \cdot 100$	0,5	1,0	1,5	2,0
Коэффициент вытяжки $m_n = \frac{d_n}{d_{n-1}}$	0,85	0,8	0,75	0,7
где d_n и d_{n-1} — диаметры текущей и предыдущей вытяжек.				



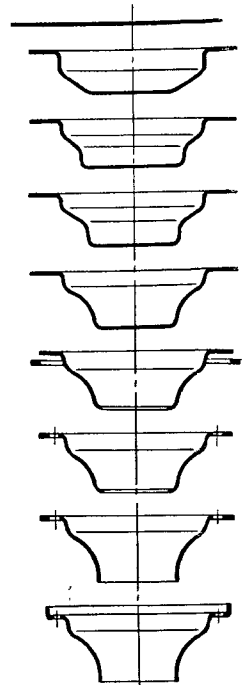
Фиг. 93. Вытяжка конического стаканчика из сравнительно толстого материала.



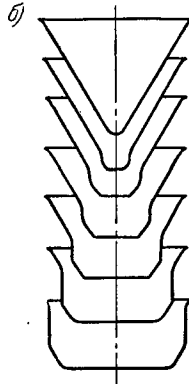
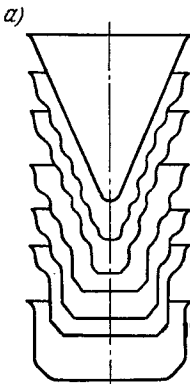
Фиг. 94. Вытяжка сепараторов конических подшипников с применением прижима.



Фиг. 95. Последовательность вытяжки тонкостенных конических изделий со значительной разницей диаметров дна и верха.

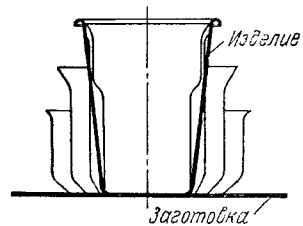


Фиг. 96. Последовательность вытяжки изделия сложного профиля.



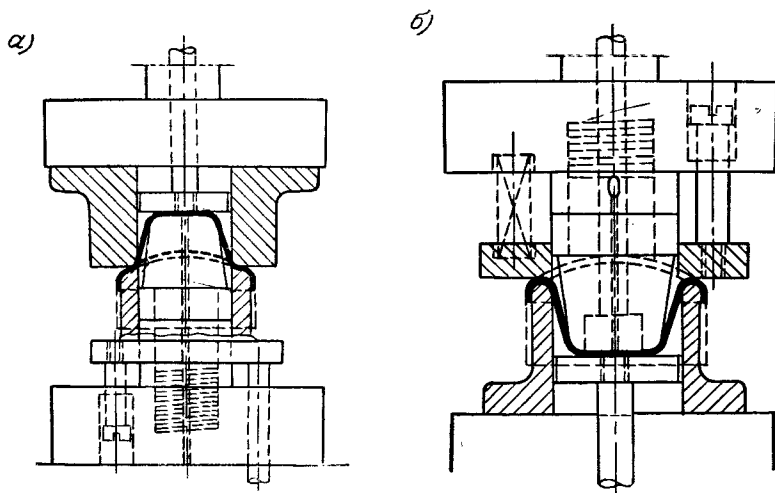
Фиг. 97. Последовательность вытяжки глубоких конических изделий:

а — способ ступенчатой вытяжки; б — способ постепенного увеличения высоты конуса.

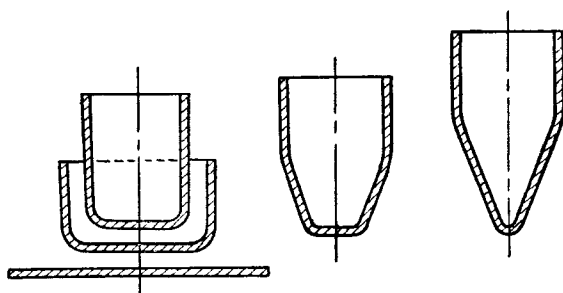


Фиг. 98. Нецелесообразный способ изготовления конического стаканчика.

Подобные конические детали целесообразнее изготавливать путем вытяжки усеченного конуса непосредственно из цилиндрической заготовки с выпуклым



Фиг. 99. Способы вытяжки конического стаканчика из цилиндрического колпачка с выпуклым дном.



Фиг. 100. Последовательность вытяжки мелких остrokонечных изделий с конусной или криволинейной образующей.

дном (фиг. 99). Способ прямой вытяжки (фиг. 99, а) применяется при более толстом, а способ обратной вытяжки (фиг. 99, б) при более тонком материале. Соотношение между верхним и нижним диаметрами детали на второй операции зависит от относительной толщины материала и может быть взято из приводимой таблицы [147].

На фиг. 100 показан способ вытяжки мелких остrokонечных деталей с конусной или криволинейной образующей.

В данном случае применяется способ вытяжки с обжимкой в матрице соответствующей формы.

Относительная толщина заготовки $\frac{S}{d_1} \cdot 100$	0,25	0,50	1,0	2,0
Соотношение $\frac{d'_2}{d''_2}$	0,9	0,85	0,8	0,75

где d_1 — диаметр первой вытяжки;
 d'_2 и d''_2 — меньший и больший диаметры конического стаканчика.

Количество операций, необходимых для образования конуса из последней цилиндрической вытяжки, определяется по формуле [44]

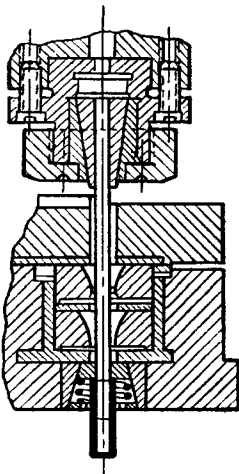
$$n = \frac{\ln \frac{D_{\text{вн}} + S}{d_{\text{вн}} + S}}{\ln (\epsilon + 1)},$$

где $D_{\text{вн}}$ — внутренний диаметр колпачка, подготовленного под вытяжку конуса, в мм;
 $d_{\text{вн}}$ — внутренний диаметр при вершине конуса готовой детали в мм;
 S — толщина стенки колпачка в мм;
 ϵ — коэффициент наклепа на одной операции, равный $0,35 \div 1,0$.

Вытяжка с утонением стенок (протяжка).

Протяжкой называется изменение размеров полой или сплошной заготовки путем уменьшения поперечного сечения — уменьшения диаметра и толщины стенок (протяжка профилей, труб, проволоки, гильз и пр.).

В холодной штамповке протяжка применяется как вытяжка, производимая за счет утонения стенок (гильзы, оболочки, колпачки и пр.). При этом происходит как утонение стенок, так и уменьшение наружного и внутреннего диаметров. Но так как основной деформацией является уменьшение толщины стенок, а не уменьшение внутреннего диаметра, то при технологических расчетах изменением последнего пренебрегают.



Фиг. 101. Схема вытяжки с утонением через две матрицы.

Таблица 68

Средние значения степени деформации E при протяжке, в % [48]

Материал	Первая операция	Дальнейшие операции
Сталь мягкая . .	55—60	35—45
Сталь средней твердости	35—40	25—30
Латунь	60—70	50—60
Алюминий	60—65	40—50

При вытяжке с утонением стенок количество операций определяют по допустимой степени деформации, которая находится по формуле

$$E = \frac{F_{n-1} - F_n}{F_{n-1}} \cong \frac{S_{n-1} - S_n}{S_{n-1}},$$

где S_{n-1} и S_n — толщина стенки до и после протяжки в мм;
 F_{n-1} и F_n — площадь поперечного сечения до и после данной деформации в мм.

При технологических расчетах можно пользоваться коэффициентом вытяжки, который в данном случае представляет отношение

$$m_n = \frac{S_n}{S_{n-1}}.$$

Средние значения степени деформации при протяжке приведены в табл. 68.

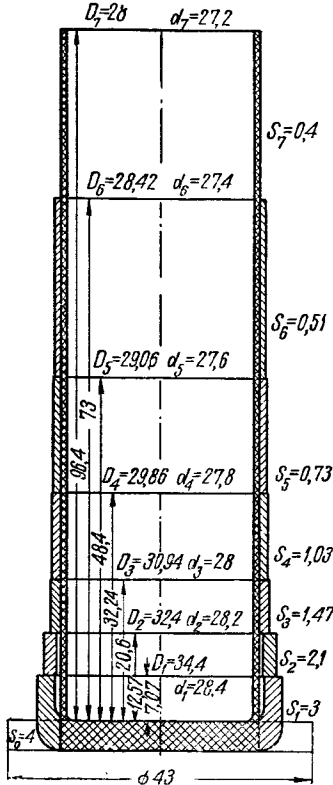
Определение числа операций производится по формуле

$$n = \frac{\lg S_1 - \lg S_2}{\lg \frac{100}{100 - E}}$$

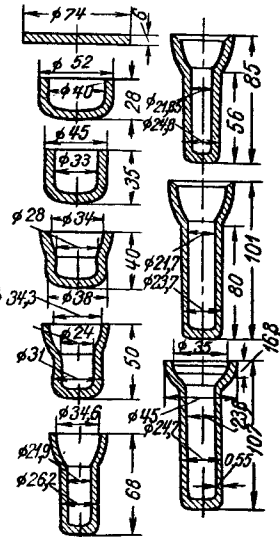
При изготовлении тонкостенных гильз применяют одновременную протяжку через две (фиг. 101) или три матрицы с постепенным утонением стенок. Суммарная степень деформации при этом получается больше, чем при вытяжке через одну матрицу [178].

На фиг. 102 приведен пример последовательной вытяжки с утонением тонкостенной стальной гильзы, на фиг. 103 — протяжка стакана с тонкими стенками и толстой широкой горловиной, а на фиг. 104 — процесс штамповки трубчатой детали.

Расчет размеров по переходам детально изложен в специальной литературе [46]. Там



Фиг. 102. Последовательность вытяжки с утонением (протяжки) стальной гильзы.



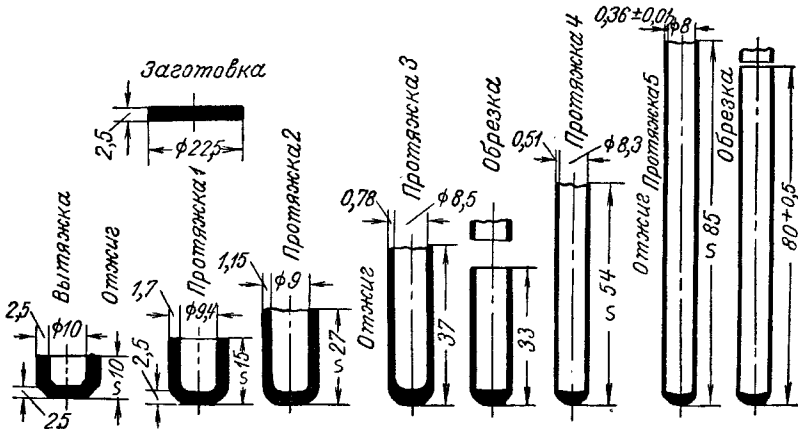
Фиг. 103. Последовательность протяжки стакана с тонкими стенками и толстой горловиной.

же указана особенность расчета последовательности вытяжек для получения деталей с заданными механическими свойствами.

Достоинства вытяжки с утонением:

- 1) более высокая степень деформации, чем при обычной вытяжке, благодаря большей устойчивости пластической деформации;
- 2) меньшее количество операций при изготовлении деталей той же высоты;
- 3) более простые и дешевые штампы, представляющие собой сменные узлы пуансона и матрицы;
- 4) выполнение работы на прессах простого действия.

В последнее время, при штамповке деталей из цветных металлов и сплавов, получил распространение еще более прогрессивный и производительный способ холодного (ударного) выдавливания, производимый за один ход пресса. Иногда этот способ сочетается с протяжкой.



Фиг. 104. Последовательность штамповки трубчатой детали.

Вытяжка магниевых сплавов [110]

Магниевые сплавы в холодном состоянии обладают весьма малой пластичностью, поэтому вытяжка их производится обычно в нагретом состоянии.

Наилучшей температурой для вытяжки магниевых сплавов является: для сплава МА1 — 320—350°, а для сплава МА8 — 300—350°.

На фиг. 105 приведена диаграмма, показывающая зависимость коэффициента (степени) вытяжки от температуры нагрева заготовки.

Следовательно, при выборе коэффициента вытяжки необходимо указывать температуру нагрева заготовок.

Вытяжку магниевых сплавов ведут не с предельными, а с несколько смягченными оптимальными коэффициентами вытяжки, приведенными в табл. 69.

Таблица 69

Оптимальные коэффициенты вытяжки магниевых сплавов

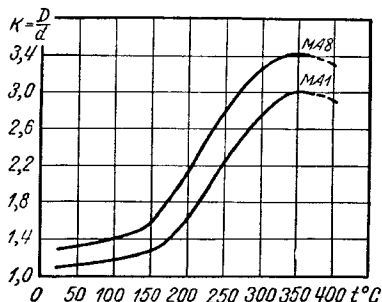
Марка сплава	В холодном состоянии	С нагревом до 330—350°	
		первая вытяжка	последующие вытяжки
МА1	0,87—0,92	0,45—0,50	0,57—0,67
МА8	0,80—0,85	0,38—0,45	0,54—0,64

Между первой и второй операциями вытяжки заготовки подвергаются промежуточному отжигу при температуре 260—350° С с выдержкой около часа.

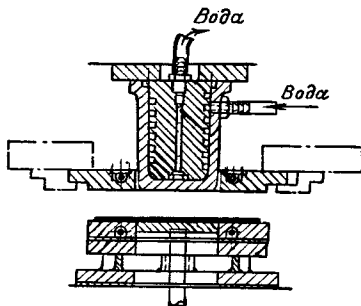
Для вытяжки магниевых сплавов применяются штампы с электроподогревом матрицы и прижимного кольца и с водяным охлаждением пуансона

(фиг. 106). Пуансон необходимо охлаждать до температуры 70—100°, иначе возникает чрезмерная пластичность и обрывы заготовок. Нагрев заготовок производится одним из следующих способов:

- 1) нагрев от подогретого штампа;
- 2) нагрев штампа и отдельно заготовки;
- 3) нагрев только заготовки.



Фиг. 105. Изменение коэффициента вытяжки магниевых сплавов в зависимости от температуры нагрева заготовки.



Фиг. 106. Штамп с электроподогревом матрицы и прижима и водяным охлаждением пуансона для вытяжки магниевых сплавов.

Лучшие результаты получаются при первом и втором способах. Нагрев заготовок производится в электропечи, в плитах с газовым или электрическим обогревом или в масляных ваннах.

21. Определение усилий вытяжки и давления прижима

Существуют два метода определения усилий вытяжки:

- 1) теоретический, основанный на законах теории пластичности и на определении действительных напряжений в данный момент вытяжки;
- 2) практический, основанный на приближенных и упрощенных формулах, построенных по средним или опытным значениям сопротивления деформации.

Теоретический метод исходит из рассмотрения напряжений (сопротивления деформированию) при вытяжке:

$$\sigma = (\sigma_{и} + \sigma_{тр}) e^{\mu \frac{\pi}{2}} + \sigma_{изг},$$

где σ — действительное сопротивление (удельное давление течения) при вытяжке;

$\sigma_{и}$ — сопротивление идеальной деформации вытяжки без учета потерь на трение и изгиб (радиальные напряжения);

$\sigma_{тр}$ — сопротивление трению от силы прижима Q ;

$\sigma_{изг}$ — сопротивление изгибу;

$e^{\mu \frac{\pi}{2}}$ — множитель, учитывающий сопротивление трению при скольжении по вытяжной кромке матрицы.

В литературе по холодной штамповке приводится ряд формул, полученных советскими исследователями указанным методом.

Различие между ними заключается в основном в принятых допущениях и способах подсчета величины сопротивления деформированию.

Приводим развернутую формулу для определения наибольшей величины удельного давления течения при вытяжке [134]:

$$\sigma = \left[\sigma_b \varphi_1 \left(\frac{1}{m_1} - \varphi_1' \right) + \frac{\mu q (1 - m_1^2)}{2m_1} \frac{D}{S} \right] (1 + 1,6\mu) + \frac{\sigma_b}{2a_m + 1},$$

где m_1 — коэффициент первой вытяжки;

D — диаметр заготовки;

q — удельное давление прижима;

$\varphi_1 = 0,75-0,85$ и $\varphi_1' = 1 \div 1,2$ — коэффициенты, характеризующие интенсивность упрочнения материала;

$a_m = \frac{r_m}{S}$ — относительный радиус закругления вытяжной кромки матрицы.

Не имея возможности рассмотреть в справочнике большое количество теоретических формул для усилий вытяжки, разработанных различными авторами, отсылаем читателя к первоисточникам.

Теоретические формулы для усилия вытяжки без утонения материала разработаны Г. Заксом [18], Л. А. Шофманом [134], Б. П. Звороно [160], В. Е. Недорезовым [63], и др.

Формулы для усилия вытяжки с утонением материала разработаны Е. А. Поповым [178], Л. А. Шофманом [134], И. П. Ренне [71] и др.

Общим недостатком теоретических формул является то, что они, будучи сложными и неудобными для практического пользования на производстве, не являются достаточно точными, так как основаны на применении ряда упрощающих допущений. Так, например, некоторые формулы получены из схемы плоского напряженного состояния, которого нет при вытяжке с прижимом, пренебрегают изменением толщины материала и его упрочнением, не учитывают пространственного изгиба на кромках матрицы и не отражают масштабного фактора и т. п.

Практические формулы для определения усилия вытяжки обычно исходят из того положения, что допустимые напряжения в опасном сечении должны быть меньше разрушающих, а следовательно, усилие вытяжки должно быть несколько меньше усилия, необходимого для разрыва боковых стенок изделий около дна.

В табл. 70 приведены наиболее распространенные в штамповочном производстве практические формулы для определения усилия вытяжки.

Таблица 70

Практические формулы для определения усилий вытяжки

Способы вытяжки	Формулы
Для 1-й вытяжки с прижимом	$P = \pi d_1 S \sigma_b n_1$
Для 2-й и следующих вытяжек	$P = \pi d_2 S \sigma_b n_2$
Для протяжки (вытяжки с утонением стенок) .	$P = \pi d_n i \sigma_{пр}$
Для вытяжки прямоугольных коробок	$P = (0,5 \div 0,8) L S \sigma_b$

Принятые обозначения:

- d_1 и d_2 — диаметры вытянутой детали на первой и второй операциях, считая по средней линии $d = d_M - S$, в мм;
- d_n — диаметр детали после n -й операции вытяжки в мм;
- n_1 и n_2 — поправочные коэффициенты меньше 1, зависящие от коэффициентов вытяжки m_1 и m_2 (см. табл. 71);
- i — утонение стенки, равно $S_1 - S_2$; $S_{n-1} - S_n$;
- $\sigma_{пр}$ — сопротивление деформации при протяжке в кг/мм², составляющее: для латуни 1,6—1,8 σ_B ; для стали 1,8—2,25 σ_B ;
- L — длина периметра стенок коробки, в мм.

Таблица 71

Значения поправочных коэффициентов ρ

m_1	0,55	0,57	0,60	0,62	0,65	0,67	0,70	0,72	0,75	0,77	0,80	—	—	—
n_1	1,0	0,93	0,86	0,79	0,72	0,66	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4	—	—	—
m_2	—	—	—	—	—	—	0,70	0,72	0,75	0,77	0,80	0,85	0,90	0,95
n_2	—	—	—	—	—	—	1,0	0,95	0,90	0,85	0,80	0,70	0,60	0,5

Примечание. Приведенные коэффициенты относятся к вытяжке деталей крупных и средних размеров. Мелкие детали имеют более благоприятное отношение S/D и допускают большую величину деформации без разрывов и трещин, а следовательно, — меньшие значения коэффициентов вытяжки m_1 (до 0,4 — 0,45). Следовательно, для вытяжки мелких деталей при тех же значениях коэффициентов m_1 и m_2 поправочные коэффициенты могут быть взяты ближайшими меньшими по таблице.

Применение складкодержателей необходимо для предотвращения образования складок при вытяжке.

Решающее значение при этом имеют относительная толщина заготовки $\frac{S}{D}$ и относительная величина смещенного объема металла.

В табл. 72 приведены данные по пределам применения вытяжки без складкодержателя (прижима).

Определение численной величины давления прижима имеет в основном расчетное и конструктивное значение для нахождения полного усилия вытяжки, для определения величины буфера, пружин и т. п. Соответствие расчетной величины давлений прижима действительному отрегулированному давлению прижима или буфера остается неизвестным, так как ни в обычных производственных прессах отсутствуют какие-либо устройства для измерения фактической силы прижима.

На практике фактическое давление прижима устанавливается по отсутствию складкообразования и отсутствию рванин и трещин.

При вытяжке на прессах двойного действия с жестким прижимом важно не давление, а установление минимально необходимого для данной толщины листа зазора, не защемляющего заготовку, но препятствующего образованию складок [63].

Таблица 72

Пределы применения вытяжки с прижимом и без прижима заготовки

Способы вытяжки	Для 1-й вытяжки		Для последующих вытяжек	
	$\frac{S}{D}$	m_1	$\frac{S}{D}$	m_2
Вытяжка с прижимом	<0,015	≤0,6	<0,01	≤0,8
Вытяжка без прижима	>0,02	>0,6	>0,015	>0,8

Расчетное усилие прижима находится по формулам табл. 73.

Таблица 73

Формулы для определения усилий прижима

Случай вытяжки	Формулы
Усилие прижима для вытяжки деталей любой формы (в общем виде)	$Q = Fq$
Усилие прижима для 1-й вытяжки цилиндрических деталей (из плоской заготовки)	$Q = \frac{\pi}{4} [D^2 - (d_1 + 2r_m)^2] q$
Усилие прижима для последующих вытяжек цилиндрических деталей (из пустотелых заготовок)	$Q = \frac{\pi}{4} [d_{n-1}^2 - (d_n + 2r_m)^2] q$

Принятые обозначения:

- F — площадь заготовки под прижимом в $мм^2$;
 q — удельное давление прижима в $кг/мм^2$ (см. табл. 74);
 d_1, \dots, d_n — диаметры вытяжки (матрицы) на 1-й и n -й операциях в $мм$;
 r_m — радиус закругления вытяжной кромки матрицы в $мм$.

Удельное давление прижима приведено в табл. 74.

Приведенные в табл. 74 опытные данные являются приближенными, так как не учитывают степени вытяжки и размеров заготовки.

Более точная зависимость, учитывающая степень вытяжки для мягкой стали, определяется по формуле [131]:

$$q = 0,2 \frac{D-d}{dS} \text{ кг/мм}^2.$$

Удельное давление прижима

Материал	Удельное давление q в $кг/мм^2$
Сталь мягкая, $S < 0,5$ мм	0,25—0,30
Сталь мягкая, $S > 0,5$. . .	0,20—0,25
Латунь	0,15—0,20
Медь	0,10—0,15
Алюминий	0,08—0,12

Полное усилие вытяжки для прессов простого действия равно

$$P_B = P + Q \text{ кг},$$

где P — расчетное усилие вытяжки;

Q — усилие прижима.

22. Определение работы и мощности вытяжки

Усилие вытяжки не остается постоянным, а изменяется на протяжении рабочего хода пуансона.

На фиг. 107 приведены диаграммы, дающие изменение усилия вытяжки от глубины хода пуансона, полученные при одном и том же коэффициенте вытяжки, но при различных радиусах закруглений пуансона и матрицы.

Для определения действительной работы вытяжки, равной площади, ограниченной кривой диаграммы, следует исходить не из наибольшего усилия P_{\max} , а из средней величины

$$P_{\text{ср}} = \frac{\sum P_h dh}{h} = CP_{\text{ср}},$$

где P_h — переменное значение усилия вытяжки для каждой глубины рабочего хода, которое может быть взято по диаграмме (фиг. 107).

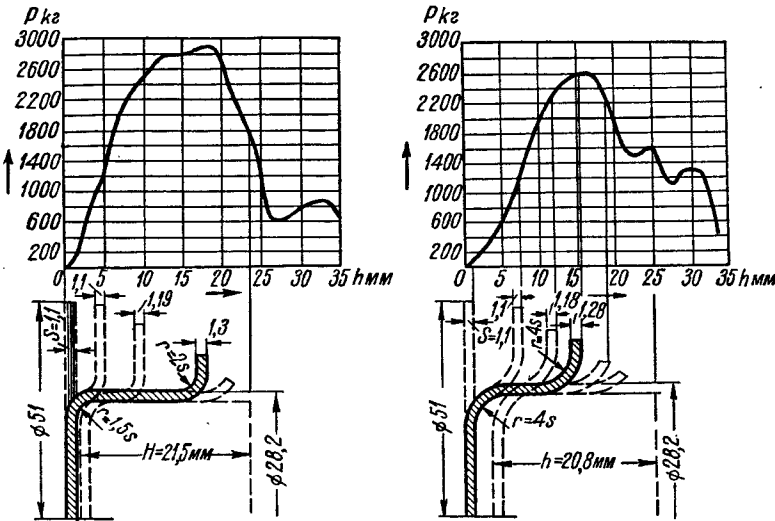
По опытным данным, величина коэффициента C составляет обычно от 0,6 до 0,8.

Работа вытяжки определяется по формуле

$$A = \frac{P_{\text{ср}} h}{1000} = \frac{C P_{\text{max}} h}{1000} \text{ кгм,}$$

где h — глубина вытяжки в мм.

Определение кинетической энергии маховика и расчет мощности прессы изложены в специальной литературе [128]. Приводим лишь упрощенные формулы.



Фиг. 107. Изменение усилия вытяжки при различных радиусах закругления матрицы.

Эффективная (полезная) мощность

$$N_{\text{э}} = \frac{An}{60 \cdot 75} \text{ л. с.,}$$

где n — число ходов в минуту.

Мощность на маховике (с учетом к. п. д. прессы)

$$N = k \frac{N_{\text{э}}}{\eta} = k \frac{An}{\eta \cdot 60 \cdot 75} \text{ л. с.,}$$

где η — коэффициент полезного действия, равный 0,6—0,8;

k — коэффициент неравномерности, равный 1,2—1,4.

Мощность мотора

$$N_{\text{м}} = \frac{N}{\eta_{\text{пер}} \cdot 1,36} \text{ квт,}$$

где $\eta_{\text{пер}}$ — к. п. д. передачи к мотору.

Число ходов прессы в минуту для вытяжных прессов подбирают исходя из необходимой скорости вытяжки.

Скорость вытяжки может быть определена по формуле

$$v = 33,3 (1 + t) \sqrt{D - d} \text{ мм/сек.}$$

Минимальное время, необходимое для вытяжки,

$$t_{\min} = 0,075 \frac{\sqrt{D-d}}{m} \text{ сек.}$$

По экспериментальным данным [88], скорость вытяжки составляет:
 для крупных прессов 0,15—0,27 м/сек (9—16,2 м/мин);
 для мелких прессов 0,28—0,35 м/сек (17—21 м/мин).

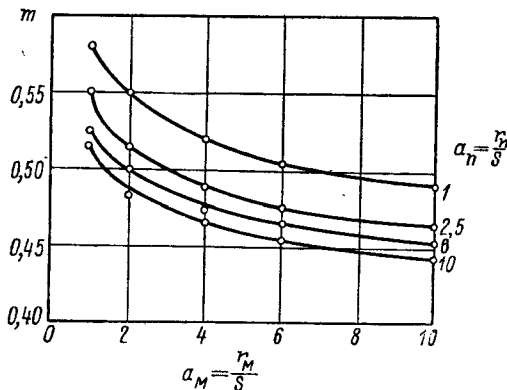
23. Радиусы закруглений и зазоры при вытяжке

Радиусы закруглений вытяжных кромок матриц оказывают значительное влияние на процесс вытяжки. От них зависят:

- 1) напряжения в вытягиваемом материале и усилие вытяжки;
- 2) величина допустимого коэффициента вытяжки;
- 3) образование обрывов или складок.

Влияние радиуса закругления матрицы на усилие вытяжки приведено на фиг. 107, откуда видно, что уменьшение радиуса закругления приводит к увеличению усилия вытяжки.

На фиг. 108 показано влияние радиуса закругления матрицы и пуансона на предельно допустимую величину коэффициента вытяжки [134].



Фиг. 108. Влияние радиуса закругления матрицы и пуансона на предельную величину коэффициента вытяжки (для латуни).

При увеличении радиуса закругления кромок матрицы процесс вытяжки облегчается, вследствие чего увеличивается возможная глубина и степень вытяжки, производимая за одну операцию.

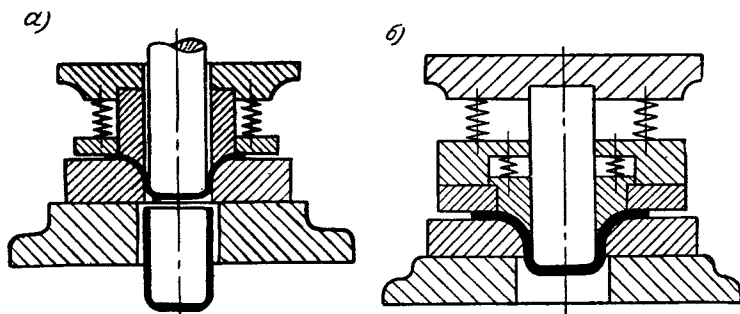
Однако увеличение радиуса закругления матрицы обычно приводит к уменьшению площади под прижимом и образованию морщин и складок при выходе заготовки из-под прижима. Этот недостаток устраняется при вытяжке с дополнительным сферическим прижимом, который прижимает заготовку по радиусу закругления матрицы (фиг. 109), благодаря чему оказалось возможным увеличить радиусы закруглений в 2—3 раза по сравнению с обычно применяемыми и повысить степень вытяжки до $K = 2,5$ ($m = 0,4$) [63].

Преимущества вытяжки с дополнительным прижимом и большими радиусами закругления кромок матрицы:

- 1) увеличение степени вытяжки;
- 2) устранение складкообразования;
- 3) меньшее утонение у дна изделия;
- 4) уменьшение усилия вытяжки.

Недостатком этого способа является трудность изготовления сферически вогнутой поверхности второго прижима.

Этот способ получил практическое применение при вытяжке деталей и двухслойной кислотоупорной стали.



Фиг. 109. Схемы вытяжки с дополнительным сферическим прижимом:

а — на прессе двойного действия; б — на простом кривошипном прессе.

При вытяжке деталей с широким фланцем опасность образования гофров в конце вытяжки не возникает, так как фланец не выходит из-под прижима. Следовательно, в данном случае радиусы закруглений могут быть взяты большей величины по сравнению с вытяжкой деталей без фланца.

Относительно тонкие заготовки требуют применения большей величины относительных радиусов закруглений, а толстые — меньшей величины.

В табл. 75 приведены приближенные значения радиусов закругления вытяжных кромок матрицы с учетом относительной толщины заготовки.

Приведенные в табл. 75 данные относятся к случаю вытяжки при нормальной величине коэффициентов вытяжки. В случае неглубокой вытяжки при большой величине m радиусы закруглений матрицы надо брать меньшей величины. При весьма мелкой вытяжке без прижима (отбортовке) радиусы закруглений для крупных деталей следует брать в пределах $2S-4S$, а для небольших деталей применять матрицу конического или эвольвентного профиля [63].

На последующих операциях вытяжки радиусы закруглений постепенно уменьшают и принимают

$$r_n = (0,6-0,8) r_{n-1},$$

причем на первых операциях дают более сильное уменьшение.

Радиус закругления пуансона обычно принимается:

- для первой вытяжки — равным радиусу закругления матрицы;
- для промежуточных вытяжек — равным половине уменьшения диаметра вытяжки на данной операции, или со скосом кромок под $45 \pm 35^\circ$.
- для последней операции — равным радиусу детали.

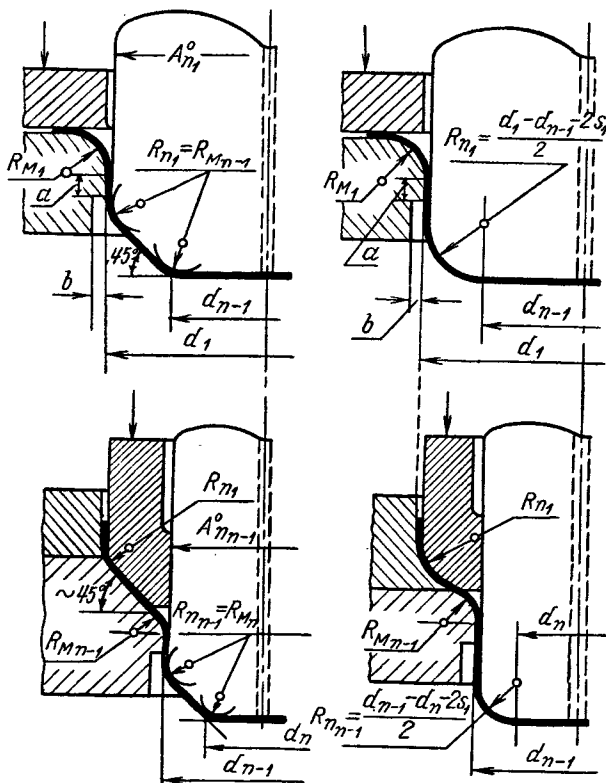
Таблица 75

Радиусы закруглений вытяжных кромок матрицы

Тип вытяжки	Относительная толщина заготовки $\frac{S}{D} \cdot 100$		
	2,0—1,0	1,0—0,3	0,3—0,1*
Без фланца	(6—8) S	(8—10) S	(10—15) S
С фланцем	(10—15) S	(15—20) S	(20—30) S

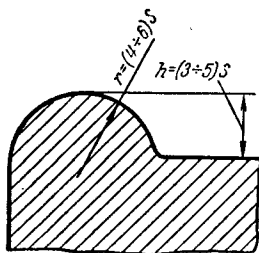
* Рекомендуется применение сферического прижима (фиг. 109).

На фиг. 110 показаны рабочие части вытяжных штампов и взаимосвязь радиусов закруглений пуансона и матрицы [56].



Фиг. 110. Взаимосвязь радиусов закругления пуансона и матрицы.

Пуансоны и матрицы со скосом применяют обычно для вытяжки цилиндрических деталей средних и больших размеров, а с закруглением по радиусу — для относительно небольших деталей ($d = 50$ мм), деталей с широким фланцем и сложной конфигурации. Радиусы закруглений на скосах пуансона следует увеличивать и брать по табл. 75 — нижняя строка.

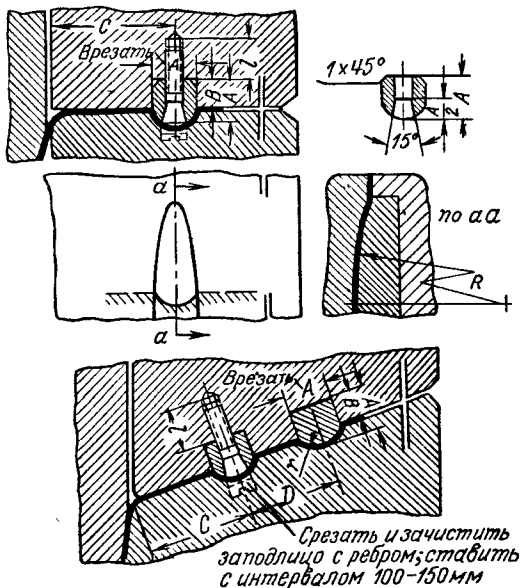


Фиг. 111. Размеры вытяжных ребер матрицы.

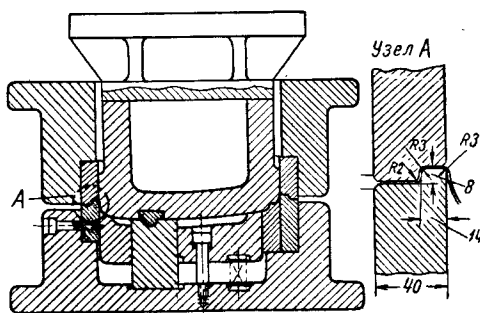
Для вытяжки толстых заготовок в гильзовом и аналогичных отраслях производства применяют значительно меньшие радиусы закруглений матрицы (табл. 76). Дальнейшие вытяжки производят с утонением материала через конические матрицы, закругления которых принимают конструктивно.

При вытяжке неглубоких конических, а также полусферических деталей вытяжные кромки матрицы делают в виде выступающего ребра, размеры которого приведены на фиг. 111.

При вытяжке деталей кузова автомобиля вытяжные ребра обычно ставят на прижиме, а на матрице делают канавки. Наиболее распространенная конструкция вытяжных ребер приведена на фиг. 112, а рекомендуемые размеры их — в табл. 77 [109].



Фиг. 112. Распространенная конструкция вытяжных ребер в кузовных штампах.



Фиг. 113. Вытяжные ребра ступенчатой формы.

Для уменьшения размеров вытягиваемых заготовок применяют ступенчатые ребра, которые расположены у вытяжной кромки матрицы и предназначены главным образом для вытяжки неглубоких деталей, имеющих плавный контур (фиг. 113) [90].

Таблица 76

Радиусы закруглений матриц для вытяжки без прижима колпачков из толстого материала [48]

Толщина материала S в мм	Радиус закругления матрицы для первой вытяжки
4—6	(3—4) S
6—10	(1,8—2,5) S
10—15	(1,6—1,8) S
15—20	(1,3—1,5) S

Таблица 77

Размеры вытяжных ребер

Применение	Размеры в мм							Резьба винтов
	A	B	C	D	R	r	l	
Для крупных штампов	16	10	40	35	150	8,5	20	M8
Для средних штампов	14	9	35	30	125	7,5	15	M6

Зазоры при вытяжке

Зазор между пуансоном и матрицей предназначен для уменьшения трения между материалом и матрицей. При определении зазора нужно учитывать утолщение края заготовки при вытяжке и неравномерность толщины материала (допуски по толщине).

Величина одностороннего зазора определяется как

$$z = \frac{d_m - d_n}{2} = S_{\max} + nS = kS,$$

где S и S_{\max} — номинальная и наибольшая толщина материала;
 n — коэффициент, находимый по табл. 78.

В табл. 78 даны значения коэффициентов n для определения величины зазора, с подразделением по точности деталей, толщине материала и количеству операций вытяжки [112].

В табл. 79 приведены обобщенные данные величины зазоров при вытяжке с прижимом.

При вытяжке без прижима (без утонения стенок), учитывая возможность образования гофров, величину зазора необходимо брать наибольшей из приведенных в табл. 79 пределов.

При вытяжке с утонением материала односторонний зазор между пуансоном и матрицей меньше толщины заготовки и соответствует принятой степени деформации

$$E = \frac{F_1 - F_2}{F_1} = \frac{d_1 S_1 - d_2 S_2}{d_1 S_1} \cong \frac{S_1 - S_2}{S_1},$$

средние значения которой приведены в табл. 68.

При вытяжке прямоугольных деталей зазор между пуансоном и матрицей в углах должен быть на $0,1S$ больше зазора на прямых участках, вследствие сильного утолщения материала в углах.

Правила направления зазоров при вытяжке.

1. Для всех операций, кроме последней, направление зазора безразлично.
2. Для последней операции:

а) при вытяжке деталей с заданным наружным размером зазор делают за счет пуансона, принимая

$$d_m = D_{\text{изд. нар}}; \quad d_n = d_m - 2z;$$

б) при вытяжке деталей с заданным внутренним размером зазор делают за счет матрицы, принимая

$$d_n = d_{\text{изд. вн}}; \quad d_m = d_n + 2z.$$

где d_m и d_n — диаметры матрицы и пуансона в мм;

z — величина зазора в мм.

Таблица 78

Значения коэффициента n для определения величины зазора ($z = S_{\max} + nS$)

Количество операций вытяжки		Толщина материала в мм		
		0,5—2	2—4	4—6
1	1-я операция	0,2/0	0,1/0	0,1/0
2	1-я операция	0,3	0,25	0,2
	2-я операция	0,1	0,1	0,1
3	1-я операция	0,5	0,4	0,35
	2-я операция	0,3	0,25	0,2
	3-я операция	0,1/0	0,1/0	0,1/0
4	1-я и 2-я операции	0,5	0,4	0,35
	3-я операция	0,3	0,25	0,2
	4-я операция	0,1/0	0,1/0	0,1/0
5	1-я, 2-я и 3-я операции	0,5	0,4	0,35
	4-я операция	0,3	0,25	0,2
	5-я операция	0,1/0	0,1/0	0,1/0

Примечание. Цифры относятся как к вытяжке грубых деталей (7 и 8-й классы точности), так и к вытяжке точных деталей (4 и 5-й классы точности), за исключением цифр, представленных дробью, у которых числитель относится к грубой, а знаменатель — к точной вытяжке.

Таблица 79

Односторонние зазоры при вытяжке с прижимом

Материал	Величина зазора		
	для первой вытяжки	для промежуточных вытяжек	для калибровки
Сталь мягкая	(1,3—1,5) S	(1,2—1,3) S	1,1 S
Латунь, алюминий	(1,3—1,4) S	(1,15—1,2) S	1,1 S

24. Смазка при вытяжке

Назначение смазки при вытяжке заключается в уменьшении трения между материалом и инструментом, снижении напряжения в металле и предохранении штампов и изделий от налипания, задиrow и царапин.

Вытяжные штампы в большинстве случаев выходят из строя не по причине их полного износа, а вследствие образования задиrow и царапин и порчи поверхности штампуемых деталей.

Смазка должна обладать следующими свойствами:

- 1) создавать прочную, незасыхающую пленку, способную выдерживать значительные давления;
- 2) давать хорошее прилипание и равномерное распределение смазывающего слоя;
- 3) легко удаляться с поверхности деталей;
- 4) не портить механически или химически поверхность инструмента и деталей;
- 5) быть химически стойкой и безвредной.

На производстве применяется большое количество смазок различного состава, которые могут быть подразделены на две группы — смазки без наполнителей и смазки с наполнителями.

Экспериментально установлено, что смазки без наполнителей не дают достаточно прочной пленки и сравнительно легко выдавливаются.

Наилучшими являются смазки с большим содержанием наполнителей (мел, тальк, графит), дающие повышение стойкости штампов от 2 до 5 раз по сравнению со стойкостью штампов при применении смазок без наполнителей.

В табл. 80 приведены рецептуры хорошо зарекомендовавших себя смазок для вытяжки малоуглеродистой стали (по данным ЦНИИТМАШ и ЗИС), в табл. 81 — способы смазки, применяемые при вытяжке с утонением малоуглеродистой стали, а также в процессах, происходящих при высоких контактных давлениях; в табл. 82 — состав смазок для вытяжки цветных металлов и нержавеющей стали.

Таблица 80

Рецептуры смазок для вытяжки малоуглеродистой стали

Состав смазки	Содержание в % (по весу)	Примечание
Веретенное масло	43	Эта смазка дает наилучшие результаты Серу следует вводить в виде измельченного порошка
Рыбий жир	8	
Графит	15	
Олеиновая кислота	8	
Сера	5	
Зеленое мыло	6	
Вода	15	
Веретенное масло	40	Серу следует вводить в виде измельченного порошка
Солидол	40	
Тальк	11	
Сера	8	
Спирт	1	
Веретенное масло	20	Серу растворять в веретенном масле при температуре около 160° С. Недостатком смазки является ее расслоение при длительном хранении
Солидол	40	
Графит	20	
Сера	7	
Спирт	1	
Вода	12	
Веретенное масло	33	Смазка легко удаляется; применяется для тяжелых штамповок
Сульфидированное касторовое масло	1,5	
Рыбий жир	1,2	
Мел	45	
Олеиновая кислота	5,5	
Едкий натр	0,7	
Вода	13	
Веретенное масло	12	Эта смазка несколько хуже приведенных выше
Солидол	25	
Рыбий жир	12	
Мел	20,5	
Олеиновая кислота	5,5	
Вода	25	
Зеленое мыло	20	Мыло растворять в воде при 60—70°. Легко растворимая смазка; применяется для вытяжки сферических и параболических изделий
Вода	80	
Эмульсол жидкий	37	Растворимая смазка; улучшается при добавлении 3% сульфидированного касторового масла
Мел	45	
Кальцинированная сода	1,3	
Вода	16,7	

Таблица 81

Рекомендуемые способы смазки при вытяжке с утонением малоуглеродистой стали [44]

Способ смазки	Содержание компонентов	Примечание
Контактное омеднение составом: медный купорос поваренная соль серная кислота столярный клей вода	4,5—5 кг 5 кг 7—8 л 200 г 80—100 л	Клей предварительно растворяют в горячей воде, после чего растворяют остальные компоненты. Омедненные заготовки хранятся в горячем мыльном растворе, из которого подаются на вытяжку
Фосфатирование в растворе фосфатнокислых солей с последующим омыливанием в мыльной эмульсии	—	—

Таблица 82

Смазочные материалы для вытяжки цветных металлов и нержавеющей стали

Металл	Тип смазки
Алюминий	Растительное (соевое) масло, технический вазелин
Дуралюмин	Эмульсии из растительных масел
Медь, латунь и бронза	Сурепное масло или мыльно-масляная эмульсия (смесь масла с крепким мыльным раствором)
Никель и его сплавы	Мыльно-масляная эмульсия
Нержавеющая сталь 2Х13 (ЭЖ-2)	Кашеобразная смесь веретенного масла, графита, зеленого мыла и воды
Нержавеющая сталь 1Х18Н9Т (ЭЯ1Т)	Окисленный петролатум (ОП65); хлорвиниловый лак ХВЛ 21
Жаропрочная сталь	Асфальтовый битум + 50% окисленного петролатума; хлорвиниловый лак ХВЛ 21

Вытяжка магниевых сплавов в горячем состоянии сопровождается быстрым налипанием частиц сплава на инструмент, что является причиной появления царапин и задиrow на поверхности изделий.

Смазки для вытяжки магниевых сплавов должны сохранять свои свойства при температуре до 350°.

Состав жаростойких смазок для вытяжки магниевых сплавов приведен в табл. 83.

Смазка № 2 применяется в виде брикетов для натирания заготовок при штамповке резиной. Смазка № 3 применяется как присыпка. Графит должен тщательно удаляться с готовых деталей путем погружения их на 1—3 мин. в ванну с водным раствором 15—20-процентной хромовой кислоты и 5-процентной NaNO_3 .

Смазка полосового и ленточного материала обычно производится пропуском через вращающиеся войлочные ролики, непрерывно смачиваемые смазкой во время подачи полосы в штамп.

Состав жаростойких смазок [110]

№ смазки	Состав смазки
1	40% алюминиевого порошка + 60% парафина (в виде брикета)
2	40% талька + 60% парафина (в виде брикета)
3	Порошкообразный коллоидный графит
4	20% нефтяной сажи + 20% серы + 20% воска + 40% вазелина
5	5—10-процентный раствор графита в четыреххлористом углероде
6	65% масла „Вапор“ + 35% графита
7	65% парафина + 35% технического сала
8	15% воска + 7% стеариновой кислоты + 3% этаноламина + 75% воды

Мелкие штучные заготовки при работе на автоматах с бункерной подачей обычно не смазываются, так как смазанные заготовки слипаются в бункере и нарушают работу автомата. Вытяжка без смазки приводит к повышенному износу инструмента, а также к необходимости уменьшать степень деформации по переходам (увеличивать коэффициенты вытяжки).

Смазка крупных штучных заготовок обычно производится погружением или наносится кистью.

На основании последних исследований [164] рекомендуются следующие правила по смазке штучных заготовок:

- 1) не следует производить сплошную смазку заготовок путем погружения;
- 2) смазку следует наносить лишь с одной стороны — на фланец, прилегающий к матрице, или периодически смазывать ее поверхность;
- 3) смазка пуансона или заготовки со стороны, прилегающей к пуансону, не допустима, так как она способствует скольжению материала вдоль пуансона и его утонению;
- 4) с торца и закругления пуансона нужно удалять всякие следы смазки для увеличения трения между пуансоном и заготовкой (для той же цели рабочую поверхность вытяжных пуансонов не следует полировать).

Первую вытяжку деталей из тонкого материала (при $\frac{S}{D} \cdot 100 < 0,3$) рекомендуется производить без смазки заготовок, так как смазка уменьшает поверхностное трение между фланцем и инструментом и способствует образованию гофров и складок. Смазывать надлежит лишь вытяжные кромки матрицы для предохранения их от износа, налипания и задиоров.

Эта же рекомендация может быть применена в случае вытяжки сферических, параболических и конических деталей из тонкого материала, легко образующего гофры.

При последующих вытяжках надлежит смазывать лишь наружную поверхность колпачка или рабочее отверстие матрицы.

Смазанный материал или заготовки должны тщательно предохраняться от загрязнения, в противном случае произойдет порча деталей и штампов.

Удаление смазки с отштампованных деталей производится одним из следующих способов:

- 1) горячим обезжириванием в щелочных ваннах;
- 2) электролитическим обезжириванием;
- 3) растворением жиров бензином или трихлорэтиленом (с принятием мер по безопасности работы).

25. Особые способы вытяжки

Кроме основных способов вытяжки, широко применяемых почти во всех отраслях промышленности, в некоторых случаях применяются особые способы вытяжки, вызванные специфичностью того или иного производства. Некоторые из них были приведены в табл. 43.

Вытяжка резиной

Данный способ получил широкое применение в серийном и мелкосерийном производстве для изготовления полых деталей из тонколистового металла.

Наиболее широко применяется вытяжка резиновым пуансоном на гидравлических прессах.

Штампы для вытяжки и формовки резиной весьма просты и дешевы, так как их обычно изготавливают из дерева или из цинковых сплавов.

Резиновые штампы применяются также для штамповки магниевых сплавов в нагретом до 300° состоянии. Для этого резиновая подушка облицовывается термостойкой резиной.

Для вытяжки и формовки применяется резина следующих механических свойств:

Сопротивление разрыву	50—55 кг/см ²
Относительное удлинение	600—700%
Остаточное удлинение	25—30%
Сжатие под нагрузкой 100 кг/см ²	50—70%
Твердость по Шору	70

Способ вытяжки резиновой матрицей заключается в том, что роль матрицы выполняет резина, заключенная в металлическую обойму и обтягивающая листовую заготовку по цилиндрическому или другой формы пуансону.

Простейший случай неглубокой вытяжки резиной с применением накладного кольца приведен в табл. 43. Этот способ применяется в случае неглубокой вытяжки алюминиевых и дуралюминовых деталей на гидравлических прессах с удельным давлением 60—85 кг/см².

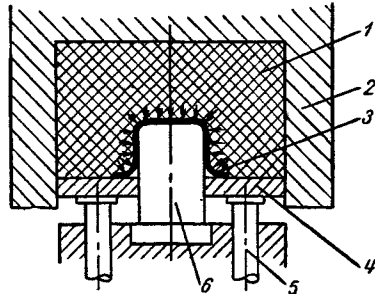
Более новым является способ глубокой вытяжки резиновой матрицей (фиг. 114) при высоком удельном давлении резины.

Особенностью данного устройства является применение гидроневматического буфера, создающего внешнее противодавление.

Давление буфера регулируется в течение рабочего хода автоматическим регулирующим устройством. Требуемое давление резины зависит от сорта вытягиваемого материала и его толщины и составляет в начале вытяжки 30—80 кг/см², а в конце — 300—500 кг/см².

По некоторым данным [146], этот способ пригоден для вытяжки тонколистовой стали (толщиной 2 мм) и толстолистовой латуни (толщиной 15 мм). В последнем случае требуемое давление достигает 500 ат.

Практически возможна замена резины вязкой жидкостью (глицерин, масло) в резиновом чехле или гидропластом, создающими равномерное гидростатическое давление при наличии надежных уплотнений.



Фиг. 114. Способ глубокой вытяжки резиновой матрицей:

1 — резина; 2 — обойма; 3 — деталь;
4 — буферный прижим; 5 — буферные шпильки; 6 — пуансон.

Преимущества вытяжки резиновой матрицей заключаются в том, что резина в процессе вытяжки создает сильное гидростатическое давление, которое прижимает заготовку к пуансону и препятствует ее утонению н осевому растяжению.

Одновременно с этим давление резины на фланец заготовки приводит к тому, что наибольшей деформацией фланца становится растяжение в радиальном направлении. Это предотвращает образование складок и значительно уменьшает утолщение фланца и края детали.

Таким образом, при этом способе вытяжки отсутствует сильное утонение у дна детали, приводящее к его отрыву, и создается более благоприятное напряженно-деформированное состояние, позволяющее увеличить степень деформации (глубину вытяжки).

В табл. 84 приведены предельные значения коэффициентов вытяжки и глубины вытягиваемого цилиндра при вытяжке резиной с удельным давлением 400 кг/см^2 и радиусом закругления вытяжных кромок пуансона $r_n = 4S$ [134].

Таблица 84

Предельные значения коэффициентов вытяжки и глубины вытягиваемого цилиндра при вытяжке резиной цилиндрических деталей

Материал	Предельный коэффициент вытяжки	Наибольшая глубина вытяжки	Наименьшая толщина заготовки в % от D	Наименьший радиус закругления у фланца
Алюминиевые сплавы А, АМц	0,45	1,0 d ,	1%, но не менее 0,4 мм	1,5 S
Алюминиевые сплавы АМг, Д16, АК8	0,50	0,75 d ,	То же	2 S — 3 S
Сталь 08 ВГ	0,50	0,75 d ,	0,5%, но не менее 0,2 мм	4 S
Нержавеющая сталь 1Х18Н9Т (ЭЯ1Т)	0,65	0,33 d ,	То же	8 S

В табл. 85 приведены наименьшие значения радиуса закругления вытяжного пуансона при вытяжке резиной цилиндрических деталей из различных материалов.

Этим же способом вытягиваются конические детали при соотношении меньшего диаметра (d_1) к большему (d_2) [134]:

для стали

$$\frac{d_1}{d_2} \geq \frac{1}{1 + 0,2S};$$

для алюминия

$$\frac{d_1}{d_2} \geq \frac{1}{1 + 0,12S}.$$

В случае вытяжки резиной деталей квадратной и прямоугольной формы (при том же удельном давлении) наименьший радиус углового закругления должен составлять:

при высоте коробки		
$h \leq 100$ мм		$r = 0,25 B$
$h = 110-125$ мм		$r = 0,20 B$
$h = 135-150$ мм		$r = 0,17 B$,

де B — ширина прямоугольной коробки в мм.

Таблица 85

Наименьшая величина радиусов закругления цилиндрического пуансона при вытяжке резинной [134] (удельное давление резины 400 кг/см^2)

Коэффициент вытяжки m	Глубина вытяжки	Наименьшие радиусы закруглений для материалов			
		Алюминиевые сплавы		Сталь С8 ВГ	Нержавеющая сталь 1Х18Н9Т (ЭЯ1Т)
		А, АМг, АМц	Д16, АК8		
0,70	$0,25d$	1S	2S	0,5S	2S
0,60	$0,50d$	2S	3S	1S	—
0,50	$0,75d$	3S	4S	2S	—
0,45	$1,0d$	4S	—	—	—

Наибольшая высота квадратных и прямоугольных коробок при этом не превышает для стали $h = 3r$, для алюминия $h \cong 3,5r$.

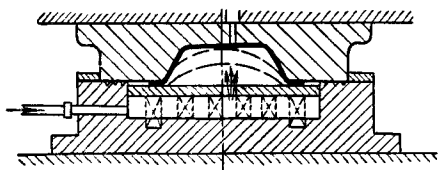
В настоящее время этот способ еще находится в начальной стадии развития, однако его достоинства и пригодность для мелкосерийного производства настолько очевидны, что он должен найти широкое применение.

Недостатком данного способа является необходимость применения большого давления и излишняя трата работы пресса.

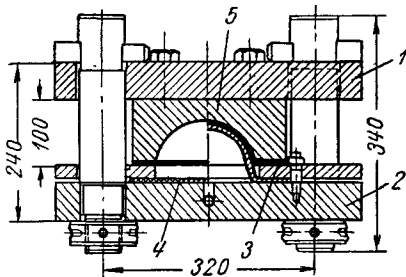
Гидравлическая вытяжка

Гидравлическая вытяжка полых деталей производится посредством давления жидкости на деформируемый металл.

Рабочее давление жидкости создается или насосом высокого давления ($50-200 \text{ ат}$, фиг. 115 и 116), или рабочим ходом механического



Фиг. 115. Схема гидравлической вытяжки с применением насоса высокого давления.



Фиг. 116. Штамп для гидравлической вытяжки с уплотнением резиновым чехлом:

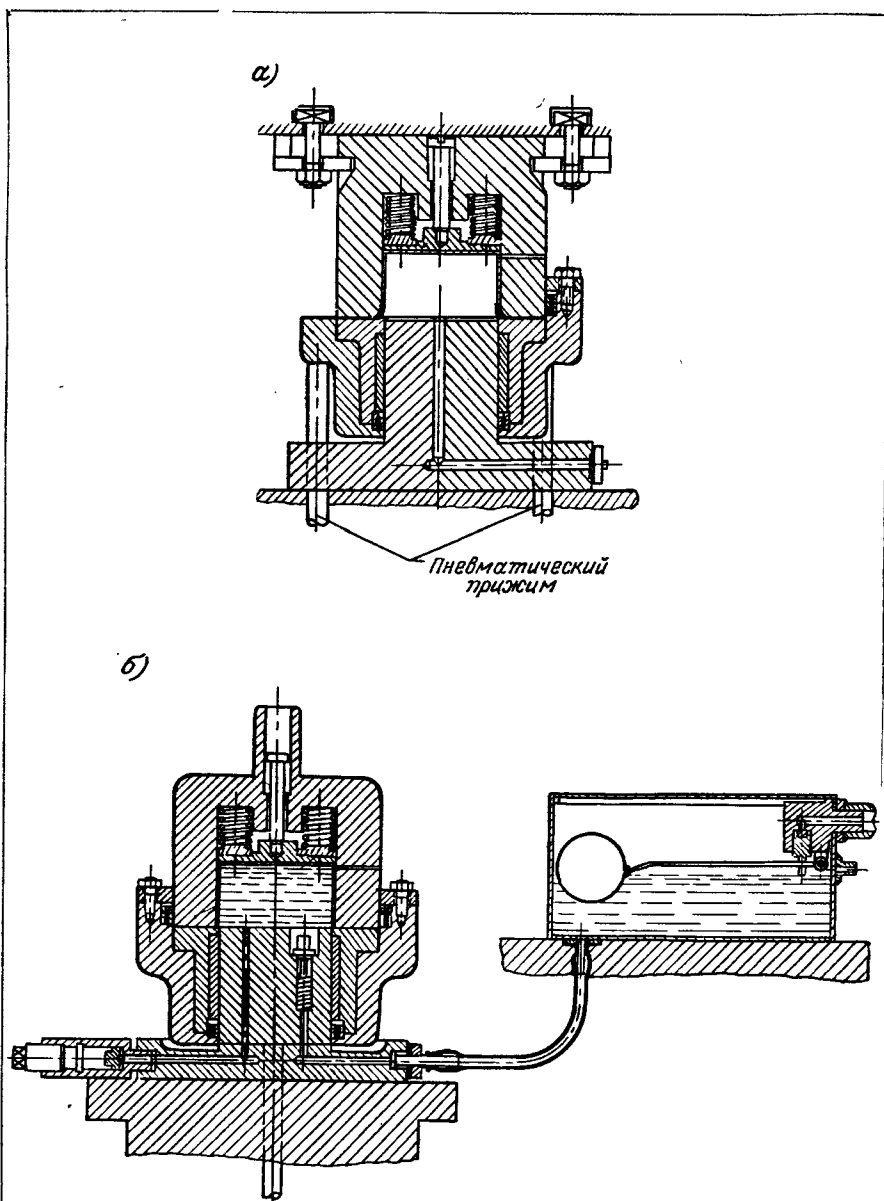
1 — верхняя плита; 2 — нижняя плита; 3 — прижимная плита; 4 — резиновый чехол; 5 — матрица.

или гидравлического пресса (фиг. 117, б и 118) [154]. В первом случае гидравлическая вытяжка может производиться без участия пресса.

Уплотнение рабочей полости создается или посредством специальных кожаных манжет, или установкой резинового чехла между заготовкой и жидкостью (фиг. 116).

Особенности способа гидравлической вытяжки:

- 1) отсутствие металлического пуансона и необходимости пригонки его к матрице;
- 2) возможность вытяжки без применения пресса, например, в штампе, сжатом между двумя сболченными плитами;

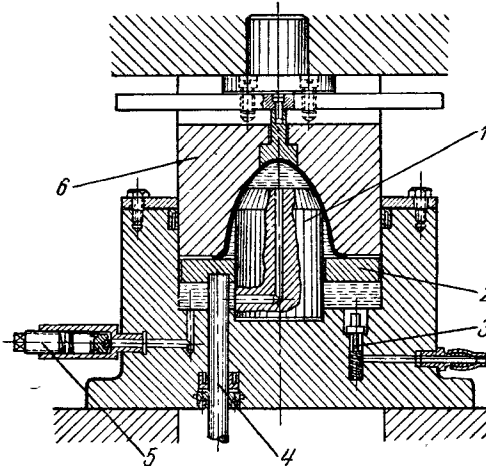


Фиг. 117. Штмп для гидравлической вытяжки с прижимом заготовки и давлением прессы.

3) равномерное давление на заготовку и возможность изготовления пустотелых деталей конической, параболической и сферической формы в одну операцию.

На фиг. 116 изображен штамп для гидравлической вытяжки без применения пресса.

На фиг. 117, *a* представлен штамп, в котором пресс производит только прижим заготовки, а давление жидкости создается насосом. На фиг. 117, *b* показан штамп, в котором прижим заготовки и давление жидкости создаются в результате рабочего хода пресса.



Фиг. 118. Комбинированный механо-гидравлический штамп для вытяжки корпусов автомобильных фар:

1 — пуансон; 2 — прижимное кольцо; 3 — обратный клапан; 4 — буферный стержень; 5 — предохранительный клапан; 6 — матрица.

Основными недостатками гидравлической вытяжки являются значительное утонение в куполе вытяжки или у дна детали, а также неустойчивое равновесие заготовки в процессе вытяжки и сползание ее набор при нарушении осевой симметрии, так как между «жидким пуансоном» и заготовкой отсутствует трение. Это устраняется путем применения специального гидравлического фиксатора, который, будучи прижат к заготовке, удерживает ее от смещения и препятствует образованию сферического дна, или путем механо-гидравлического способа штамповки.

На фиг. 118 изображен комбинированный механо-гидравлический штамп для вытяжки сферических деталей типа автомобильных фар [154], в котором указанный недостаток устранен.

В начале рабочего хода пресса металлический пуансон производит неглубокую вытяжку заготовки тарелкообразной формы, а затем прижимная плита давит на жидкость, создает высокое давление, вытесняет ее вверх и производит сферическую вытяжку по форме матрицы. Штамп снабжен обратным и предохранительным клапанами.

Наполнение жидкостью производится посредством бачка постоянного уровня.

Гидравлической вытяжкой можно получать детали цилиндрической, конической, сферической, параболической и прямоугольной формы.

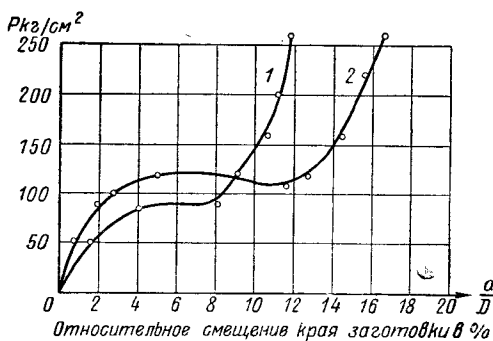
На фиг. 119 показаны последовательные стадии гидравлической вытяжки некоторых форм деталей.

Удельное давление жидкости (внутреннее гидростатическое давление) изменяется в процессе вытяжки полых цилиндров, как показано на фиг. 120 [154]. Начальный участок соответствует первому периоду до образования полушаровой формы; горизонтальный—второму периоду—образова-



Фиг. 119. Последовательные стадии гидравлической вытяжки.

нию вертикальных цилиндрических стенок до соприкосновения купола с дном матрицы; конечный участок быстрого роста давления — третьему периоду — образованию дна и уменьшению радиусов сопряжения дна со стенками, производимому главным образом за счет растяжения и утонения материала.



Фиг. 120. Изменение гидростатического давления жидкости при вытяжке полых цилиндров диаметром 100 мм из стали 08ВГ толщиной 0,8 мм:

1—диаметр заготовки 160 мм, 2—то же 180 мм.

Давление рабочей жидкости в конечный момент вытяжки может быть определено по следующей приближенной формуле [154]:

$$p_k = \frac{S}{r} \sigma_b \text{ кг/мм}^2,$$

где S — толщина материала в мм;

r — радиус у дна детали в мм;

σ_b — предел прочности материала в кг/мм².

Для сферических вытяжек давление жидкости значительно меньше, зависит от глубины детали и соответствует первому или второму участку кривой на фиг. 120.

Вытяжка-формовка на падающих молотах

Этот способ вытяжки применяется главным образом в отраслях промышленности с мелкосерийным производством изделий, имеющих неустойчивую, часто меняющуюся конструкцию, когда применение обычных штампов нецелесообразно вследствие большой стоимости и длительности их изготовления.

Для штамповки на падающих молотах применяют простые литые свинцово-цинковые штампы или штампы из прочных легкоплавких сплавов (АЦ 13-2, ЦАМ53 и др., см. стр. 363).

Процесс вытяжки на падающих молотах происходит за несколько постепенно усиливающихся ударов, причем глубина хода ограничивается или фанерными кольцами, укладываемыми на фланец загтовки, или резиновыми многослойными накладками, устанавливаемыми в рабочую полость матрицы и постепенно снимаемыми.

Штамповка на падающих молотах почти всегда дает гофры на фланце, а иногда и на самом изделии, обычно устраняемые ручной правкой. Крупным недостатком этого способа является увеличенный расход материала на края и фланцы, обрезаемые после штамповки, а также повышенный процент брака.

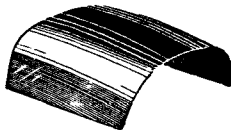
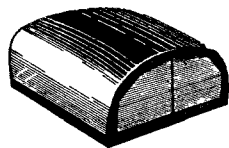
Для этого вида работ вначале применялись падающие молоты с канатным подъемом, вытесненные в настоящее время молотами с пневматическим подъемом ползуна.

Обтяжка на гидравлических прессах

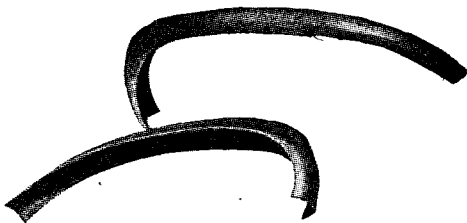
Обтяжка на гидравлических прессах применяется для изготовления крупных изделий несложной формы путем обтягивания тонколистовой заготовки вокруг специального обтяжного шаблона (пуансона).

Существуют два способа обтяжки:

1) Обтяжка, производимая путем подъема вверх стола пресса с установленным пуансоном при неподвижных зажимах заготовки. Этим способом изготавливаются крупные и широкие детали автомобильных и автобусных кузовов, подобно изображенной на фиг. 121 вместе с деревянным обтяжным пуансоном.



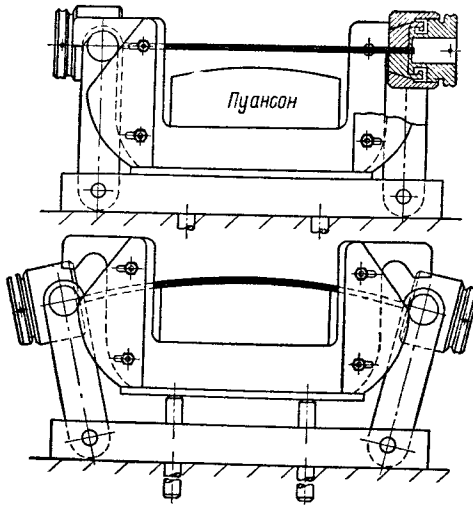
Фиг. 121. Деревянный пуансон для обтяжного пресса и полученное изделие.



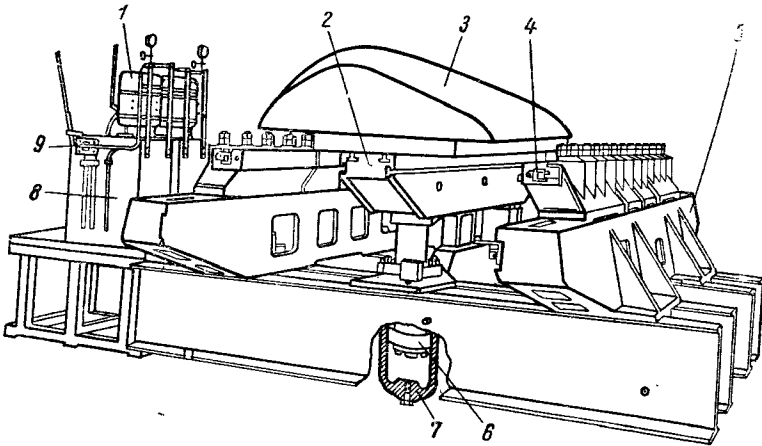
Фиг. 122. Узкие детали, полученные обтяжкой с растяжением.

2) Обтяжка, производимая путем растягивания материала, зажатого концами в двух перемещающихся захватах, и обтягивания профильного пуансона (фиг. 123). Этим способом изготавливают длинные, но узкие детали (фиг. 122).

Способом обтяжки изготавливают детали из алюминиевых и магниевых сплавов толщиной до 3 мм или из нержавеющей стали толщиной до 1,5 мм.



Фиг. 123. Работа обтяжного пресса с растяжением материала.



Фиг. 124. Обтяжной гидравлический пресс.

В процессе обтяжки происходит сильное растяжение материала с утонением до 6%.

Недостатками этого способа являются большие потери металла на припуски для зажима листа захватами, а также необходимость применения ручной доработки формы молотками и киянками.

Гидравлический обтяжной пресс имеет следующее устройство (фиг. 124). Подвижная часть прессы состоит из обтяжного пуансона (шаблона) 3, установленного на подъемном столе 2, действующем от штока 6 гидравлического цилиндра 7. Зажим заготовки производится посредством пневматических зажимов 4, расположенных по обеим сторонам гидравлического подъемного устройства на передвижных траверсах 5. Силовая установка состоит из двух ротационно-поршневых насосов 8, приводимых в действие моторами 1. Управление работой обтяжного прессы производится с пульта управления 9.

Вытяжка - формовка сжатым воздухом

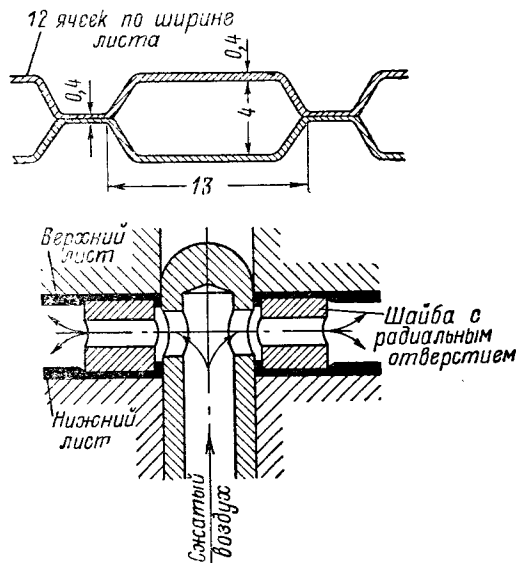
Данный способ применялся лишь при изготовлении целлулоидных кукол и игрушек. В настоящее время он применяется и для мелкой вытяжки-формовки радиаторных секций из алюминиевого сплава одновременно с пластической сваркой перемычек [75].

Процесс формовки и сварки состоит в следующем: два зачищенных с одной стороны листа алюминиевого сплава толщиной 0,4 мм устанавливаются на поверхности подогретого до 450° штампа и сжимаются между его ребрами до половины первоначальной толщины (в местах соединений), в результате чего происходит сварка в виде длинных узких швов. После этого через специальный ниппель, выступающий из нижней части штампа, и шайбу с радиальными отверстиями (фиг. 125) впускается сжатый воздух, производящий рельефную формовку изделия изнутри.

Давление сжатого воздуха устанавливается экспериментально.

Штампы, изготовленные из легированной хромованадиевой стали, показали стойкость свыше 750 000 шт., после чего потребовалась лишь перешлифовка рабочей поверхности.

Для качественной сварки необходимо удаление жира и пленки окиси алюминия с поверхности свариваемых листов, что достигается обезжириванием в 20-процентном горячем растворе каустической соды, а затем в 20-процентном растворе азотной кислоты с последующей крацовкой стальными проволочными кругами.



Фиг. 125. Устройство для впуска сжатого воздуха в штамп.

26. Наклеп металла и отжиг при вытяжке

В процессе вытяжки, как и при любой холодной пластической деформации, все металлы (кроме свинца и олова) подвергаются упрочнению или наклепу, сопровождаемому повышением сопротивления деформированию и прочностных характеристик (H_B , σ_b , σ_s и пр.) и понижением пластичности металла и соответствующих ей характеристик (δ и ψ).

Физическая природа упрочнения и сущность процессов разупрочнения—отдыха и рекристаллизации изложены в специальной литературе по металловедению.

Степень упрочнения (наклепа) металла в процессе глубокой вытяжки является сложной и недостаточно изученной зависимостью от целого ряда факторов, как-то:

1) способности металла к упрочнению, характеризуемой величиной равномерного сужения ψ_b (относительное сужение при растяжении к моменту появления шейки);

2) степени деформации при вытяжке, характеризуемой одним из ее показателей (K , m , $\ln \frac{D}{d}$ и т. п.);

3) силы прижима материала и интенсивности растягивающих напряжений;

4) радиуса закругления вытяжных кромок матрицы и пуансона;

5) величины зазора между пуансоном и матрицей;

6) скорости деформации;

7) типа и способа смазки;

8) процесса старения металла между отдельными операциями.

Большинство из указанных факторов влияет на степень упрочнения металла независимо от других. Так, например, сильно заниженная величина радиусов закругления матрицы может привести к предельному упрочнению и обрыву металла при нормальной величине коэффициента вытяжки.

По способности к упрочнению металлы, применяемые для глубокой вытяжки, можно разделить на две группы:

1) среднеупрочняющиеся — $\psi_b = 0,20-0,25$ (сталь 08, 10, 15, латунь, отожженный алюминий);

2) сильно упрочняющиеся — $\psi_b = 0,25-0,30$ (нержавеющая сталь 1X18H9T, красная медь, аустенитные стали).

Слабо и весьма слабо упрочняющиеся металлы для вытяжки не применяются.

При правильной разработке технологического процесса металлы первой группы могут практически применяться для вытяжки без промежуточного (межоперационного) отжига; металлы второй группы обычно подвергаются отжигу после одной—двух операций вытяжки.

На фиг. 126 изображена диаграмма изменения механических свойств алюминия при глубокой вытяжке цилиндрических деталей диаметром

Материал	Количество операций без отжига
Сталь (8, 10, 15)	3—4
Алюминий	4—5
Латунь Л68	2—4
Медь	1—2
Нержавеющая сталь 1X18H9T	1
Магниеые сплавы	1

170 мм и высотой 260 мм за четыре операции без промежуточного отжига [124]. Из диаграммы видно, что наиболее резкое падение пластичности металла происходит в месте закругления у dna детали, что пластичность металла еще не исчерпана, и он допускает дальнейшую вытяжку без отжига. В случае применения оптимальной величины коэффициентов вытяжки (табл. 60) и правильного сочетания остальных факторов в среднем может быть выполнено следующее количество операций вытяжки без промежуточного отжига (см. приводимую таблицу).

Степень деформации на каждой операции должна быть оптимальной величины в соответствии с относительной толщиной заготовки.

Уменьшение степени деформации на каждой операции позволяет осуществить бóльшую общую степень деформации и бóльшее количество операций без применения промежуточного отжига. Так, например, при штамповке в ленте, а также на многошпиндельных прессах-автоматах производится 6—8 операций вытяжки без промежуточного отжига. Применение протяжки через 2—3 матрицы, с уменьшением величины утонения на каждой из них, приводит к повышению общей степени деформации.

Радиусы закруглений вытяжных кромок матрицы и пуансона должны быть не менее приведенных в табл. 75. Для уменьшения возникающих в металле напряжений и снижения степени наклепа можно значительно увеличить радиусы закругления кромок матрицы при условии применения дополнительного сферического прижима (фиг. 109).

Величина зазора также влияет на степень наклепа металла. Если величина зазора меньше толщины металла, как, например, при вытяжке с утонением, наклеп металла значительно увеличивается, вследствие чего необходимо применять отжиг через одну—две, редко через три операции.

Степень наклепа зависит также от процесса старения, заключающегося в дисперсионном твердении холодно деформированного металла. Так как процесс старения требует известного времени, то необходимо быстрее передавать заготовки с операции на операцию, пока металл не потерял своей пластичности.

Так, например, при штамповке в ленте и на многошпиндельных прессах-автоматах старение не успевает произойти вследствие быстроты передачи заготовки, что благоприятствует выполнению большого количества операций без отжига.

В случае же работы на склад полуфабрикатов с недельным, а иногда и более длительным вылеживанием пооперационных заготовок процесс старения приводит к значительному снижению пластичности и вызывает необходимость применения межоперационного отжига.

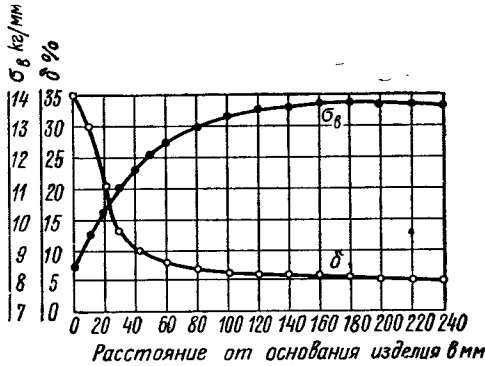
Особенно большое значение процесс старения имеет для дуралюмина, штампуемого или в свежезакаленном, или в отожженном состоянии.

Свежезакаленный дуралюмин имеет после закалки структуру твердого раствора, обладающую повышенной пластичностью. После закалки происходит процесс старения дуралюмина, в результате которого дуралюмин упрочняется, а пластичность его снижается.

В случае штамповки деталей из отожженного дуралюмина после штамповки обычно производится их закалка, сопровождающаяся короблением и требующая правки.

Закалка дуралюмина производится после нагрева в селитровой ванне [11] по режиму:

Нагрев дуралюмина	до 495—505°
Охлаждение в воде	при 30—40°
Старение естественное	4—5 дней
Старение искусственное	4—5 час.



Фиг. 126. Изменение механических свойств при глубокой вытяжке цилиндрического изделия после четырех операций без промежуточного отжига.

В табл. 86 приведены температуры высокого отжига для различных металлов.

Высокий отжиг применяется главным образом для отжига листовых металлов и заготовок, а также в качестве межоперационного отжига наклепанных деталей в тех случаях, когда низкий отжиг не дает хороших результатов.

Таблица 86

Режим отжига для различных металлов

Металл	Температура нагрева в градусах	Время выдержки в мин.	Охлаждение
Сталь 08, 10, 15	760—780	20—40	На воздухе в ящиках
Ст. 1, Ст. 2	900—920	20—40	То же
Сталь 20, 25, 30, Ст. 3, Ст. 4	700—720	60	Вместе с печью
Сталь 30ХГСА	650—700	12—18	На воздухе
Нержавеющая сталь 1Х18Н9Т .	1150—1170	- 30	Струей воздуха или в воде
Медь М1, М2	600—650	30	На воздухе
Латунь Л52, Л68	650—700	15—30	То же
Никель	750—850	20	"
Алюминий А, АМг, АМц	300—350	30	С 250° на воздухе
Дуралюмин Д1, Д6, Д16	350—400	● 30	С 250° на воздухе

В табл. 87 приведены температуры низкого (рекристаллизационного) отжига, успешно применяемого на ряде заводов для снятия наклепа и восстановления пластичности после вытяжки.

Таблица 87

Температура низкого (рекристаллизационного) отжига

Металл	Температура нагрева в градусах	Примечание
Сталь 08, 10, 15, 20	600—650	Охлаждение на воздухе
Медь М1, М2	400—450	То же
Латунь Л62, Л68	500—540	"
Алюминий А, АМг, АМц	220—250	Выдержка 40—45 мин.
Магниеые сплавы МА1, МА8 . . .	260—350	Выдержка 60 мин.

Вследствие неравномерности наклепа по сечению вытягиваемых деталей применяется местный отжиг, производимый путем погружения наклепанной части детали в солированную или свинцовую ванну или другими способами, как-то: индукционным электронагревом, контактным электронагревом, нагревом в электропечах, газовой горелкой и т. п.

Наиболее совершенным способом местного отжига является индукционный нагрев токами нормальной частоты [124]. Нагревательная установка представляет собой однофазный трансформатор, в котором отжигаемая деталь является вторичной обмоткой. Длительность отжига 20—40 сек. Отжиг фланцев токами высокой частоты производится за 3—5 сек.

Местный нагрев применяется также для разупрочнения кольцевого фланца заготовки или для его нагрева перед вытяжкой (при холодной средней части заготовки), что позволяет получить большую степень деформации и большую глубину вытяжки.

Во избежание большого окисления деталей рекомендуется производить так называемый светлый отжиг в печах с нейтральной или восстановительной средой, не дающий окалины и не требующий травления.

При обычном отжиге на поверхности отожженных деталей образуется окалина, удаляемая или путем травления в различных кислотах, или путем электролитического травления.

В табл. 88 приведен состав ванн для травления различных металлов [56].

Таблица 88

Состав ванн для травления

Металл	Состав ванны	Количество	Примечание
Сталь малоуглеродистая	Серная или соляная кислота Вода	15—20% Остальное	
Сталь высокоуглеродистая	Серная кислота Вода	10—15% Остальное	Предварительное травление
	Едкий натр или едкий калий	50—100 г/л	Окончательное травление
Сталь нержавеющая	Азотная кислота (40° Боме) Соляная кислота (19° Боме) Сульфидированный клей Вода	10% 1—2% 0,1% Остальное	Для получения блестящей поверхности
Медь и ее сплавы	Азотная кислота (6° Боме) Соляная кислота Сажа	200 вес. ч. 1—2 вес. ч. 1—2 вес. ч.	Предварительное травление
	Азотная кислота (40° Боме) Серная кислота Соляная кислота	75 вес. ч. 100 вес. ч. 1 вес. ч.	Блестящее травление
Алюминий и цинк	Едкий натр или едкий калий Поваренная соль Соляная кислота	100—200 г/л 13 г/л 50—100 г/л	Матовое травление

Для ускорения процесса травления производят с подогревом ванны до 50—65°. С этой же целью, а также для уменьшения расхода кислоты применяют специальные присадки, которые, кроме того, уменьшают потери металла в несколько раз, устраняют травильную хрупкость и делают излишним нагрев деталей для удаления водорода.

Для травления нержавеющей стали в последнее время применяется комбинированный щелочно-кислотный способ, заключающийся в предварительном травлении в расплавленной щелочи (80% едкого натра и 20% селитры) в течение 10—30 мин. с последующим травлением в 18-процентном растворе серной или соляной кислоты в течение 5—20 мин. [90]. Этот способ в несколько раз снижает потери металла, расход кислоты и увеличивает производительность.

Электролитическое травление производится в ванне с 5-процентной серной кислотой при плотности тока 8—10 а/дм² и напряжении 6 в. Детали подключаются (подвешиваются) к аноду.

После травления детали должны быть тщательно промыты для полного удаления следов кислоты с их поверхности. Обычно промывка производится в следующей последовательности:

- 1) промывка в проточной холодной воде;
- 2) нейтрализация в слабом щелочном растворе при температуре 60—80°;
- 3) промывка в горячей воде.

В ряде случаев нейтрализация производится в последнюю очередь. Стальные детали после отжига и травления иногда подвергаются фосфатированию, после которого на поверхности деталей образуется тонкая пленка фосфорнокислого железа, предохраняющая от коррозии.

Общие выводы и указания:

1. Основным направлением теории и практики глубокой вытяжки является создание наиболее благоприятных условий деформирования, которые обеспечивают получение меньшей величины напряжений в опасном сечении, позволяют повысить возможную степень деформации и уменьшить количество операций без применения промежуточных отжигов.

2. В практике глубокой вытяжки при применении рекомендуемых коэффициентов (табл. 60) подавляющее большинство деталей требует не больше 3—4 операций вытяжки и производится без промежуточных отжигов. Исключением являются быстро наклепывающиеся металлы и сплавы, требующие применения промежуточного отжига после каждой операции вытяжки.

3. Во всех случаях, когда увеличение количества операций не снижает производительности, на производстве с успехом применяется метод увеличения коэффициентов вытяжки по переходам, не требующий отжига.

4. В сравнительно редких случаях пооперационной вытяжки весьма глубоких деталей (6—10 операций) следует применять более прогрессивные и более производительные методы:

а) способ холодного (ударного) выдавливания за одну операцию — для небольших и средних размеров глубоких пустотелых деталей из алюминия, меди, томпака и цинка;

б) способ холодного выдавливания совместно с протяжкой или вытяжку с утонением стенок, требующую меньшего количества операций, — для небольших деталей из стали или латуни.

В тех случаях, когда эти методы по каким-либо соображениям не применимы, решение вопроса о целесообразности применения 1—2 отжигов или увеличения количества операций зависит от серийности данного производства и должно быть обосновано экономическими подсчетами и производственными соображениями.

5. Прежде чем применить отжиг или увеличить коэффициенты вытяжки и количество операций, следует убедиться в том, что все остальные условия деформации имеют наилучшее решение.

6. Вместо отжига в печах следует применять местный отжиг путем индукционного нагрева наклепанного фланца или края детали. Индукционный нагрев легко осуществим в цепи производственного потока.

ФОРМОВКА

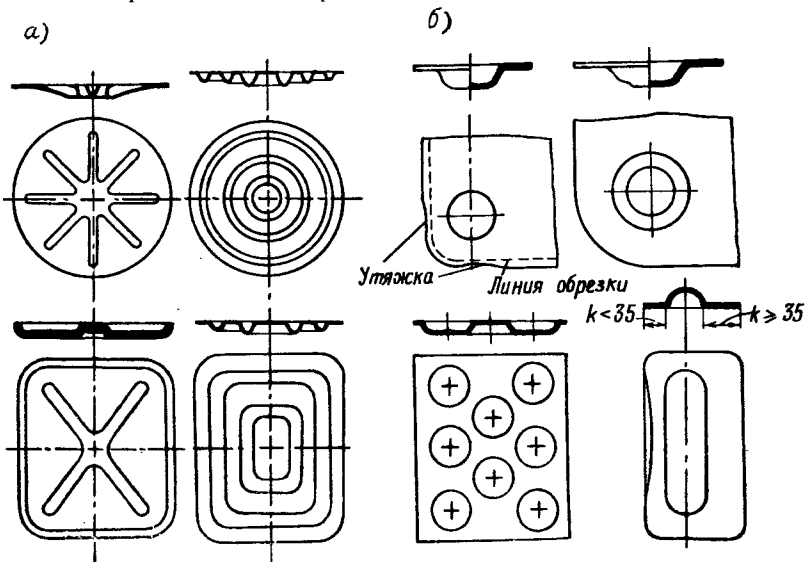
К группе формовочных работ относятся различные операции, изменяющие форму детали или заготовки путем местных деформаций различного характера, как-то:

- 1) рельефная формовка;
- 2) отбортовка отверстий и наружного контура;
- 3) закатка борта;
- 4) полая высадка (растяжка);
- 5) обжимка;
- 6) правка.

Характеристика операций приведена в табл. 4. Большинство их происходит без существенного изменения толщины материала.

27. Рельефная формовка

Рельефная формовка представляет собой изменение формы заготовки или детали, заключающееся в образовании местных углублений и выпуклостей за счет растяжения материала.



Фиг. 127. Примеры рельефной штамповки:

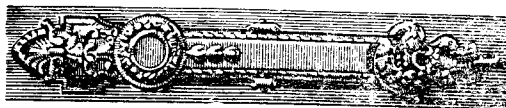
а -- штамповка рифтов (ребер жесткости); б -- штамповка выдавок (пуклевок).

Следовательно, рельефная формовка является частным случаем неглубокой местной вытяжки, при которой материал подвергается главным образом растяжению.

Типовыми примерами рельефной формовки являются:

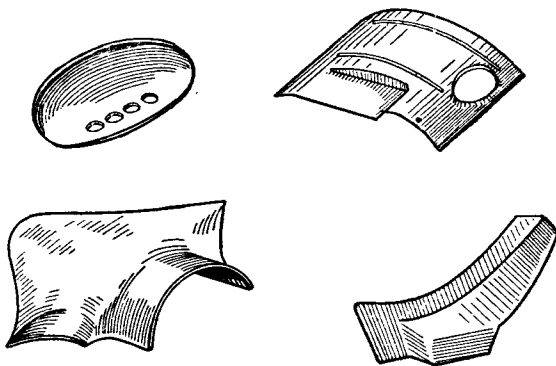
1) штамповка рифтов (ребер жесткости) и вылавок (пуклевок) (фиг. 127);
2) штамповка рельефных (выпукло-вогнутых) деталей и художественных украшений (фиг. 128);

3) штамповка — формовка деталей сложной и несимметричной конфигурации, а также открытых и полуоткрытых форм (фиг. 129).



Фиг. 128. Рельефная штамповка.

Штамповка рифтов широко применяется в автостроении, приборостроении, радиотехнике и т. п., где она производится металлическими штампами. В самолетостроении она производится или непосредственно давлением резины контейнера или при помощи твердых накладок.



Фиг. 129. Формовка деталей открытой и полуоткрытой формы.

Размеры ребер жесткости, применяемых в приборостроении, приведены на фиг. 130 и в табл. 89.

На фиг. 131 дана диаграмма предельной глубины рифта, формируемого резиной при давлении 85 кг/см^2 .

Приближенное усилие для рельефной штамповки небольших деталей ($t < 2000 \text{ мм}^2$) из тонкого материала (до $1,5 \text{ мм}$) на кривошипных прессах может быть определено по эмпирической формуле [80]

$$P = FkS^2 \text{ кг,}$$

где t — площадь штампуемого рельефа в мм^2 ;

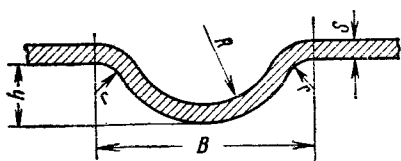
k — коэффициент, составляющий для стали 30—40, для латуни 20—25.

Усилие для штамповки ребер жесткости ориентировочно может быть подсчитано по формуле

$$P = LS\sigma_b k \text{ кг,}$$

где L — длина периметра ребер жесткости в мм ;

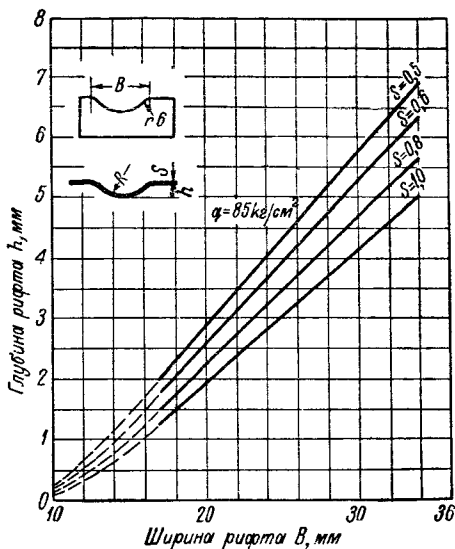
k — коэффициент, зависящий от ширины и глубины рифта ($k = 0,7 \div 1$).



Фиг. 130. Размеры ребер жесткости.

Таблица 89
Размеры рифтов (ребер жесткости)

Рекомендуемые размеры	Радиус R	Высота h	Ширина B	Переходный радиус r
Нормальные	4S	3S	10S	2S
Наименьшие	3S	2S	7S	S



Фиг. 131. Предельная глубина рифта, формируемого при давлении резины 85 кг/см².

28. Отбортовка

Отбортовка подразделяется на два основных вида: отбортовку отверстий и отбортовку наружного контура. Они отличаются друг от друга характером деформации, схемой напряженного состояния и производственным назначением.

Отбортовка отверстий представляет собой образование бортов вокруг предварительно пробитых отверстий (иногда без них) или по краю полых деталей, производимое за счет растяжения металла.

Отбортовка наружного контура представляет собой образование невысоких бортов по наружному криволинейному краю заготовок, производимое за счет растяжения или сжатия материала.

Отбортовка отверстий

Отбортовка отверстий широко применяется в штамповочном производстве, заменяя операции вытяжки с последующей вырезкой дна. Особенно большую эффективность дает применение отбортовки отверстий при изготовлении деталей с большим фланцем, когда вытяжка затруднительна и требует нескольких переходов.

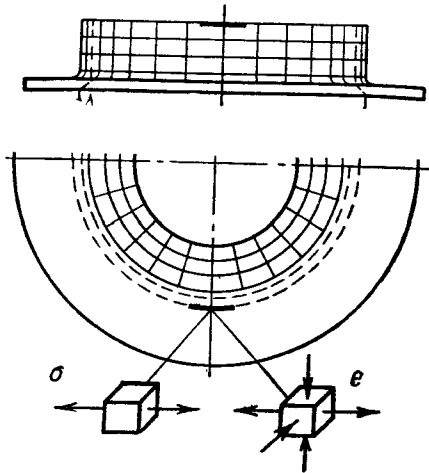
Деформация металла при отбортовке характеризуется изменением радиальной координатной сетки, нанесенной на заготовку (фиг. 132). При отбортовке отверстий происходит удлинение (растяжение) волокон в тангенциальном направлении и уменьшение толщины материала. Расстояния между concentричными окружностями остаются без заметных изменений. Следовательно, деформация наиболее растянутых крайних волокон наружной кромки борта весьма близка к простому линейному растяжению. В других слоях деформируемого борта, кроме напряжений тангенциального растяжения, возникает радиальное растягивающее напряжение, величина которого увеличивается от нуля на наружной кромке отверстия до наибольшей величины у кромки матрицы.

Естественно, что успешное выполнение отбортовки зависит от чистоты среза деформируемой кромки. При наличии заусенцев по краю отверстия неизбежно образование трещин и разрывов.

Степень деформации при отбортовке отверстий определяется соотношением между диаметром отверстия в заготовке и диаметром борта, или так называемым «коэффициентом отбортовки»:

$$k_o = \frac{d}{D} = 1 - \psi,$$

где d — диаметр отверстия до отбортовки;
 D — диаметр отбортовки (по средней линии).



Фиг. 132. Изменение координатной сетки при отбортовке:

σ — схема напряженного состояния; ϵ — схема деформаций края борта.

Допустимая величина поперечного сужения при отбортовке вследствие дефектов края отверстия (заусенцы, наклеп и т. п.) значительно ниже, чем при испытании на растяжение.

Величина коэффициентов отбортовки зависит от:

- 1) характера обработки и состояния кромок отверстий (сверление или пробивка, наличие или отсутствие заусенцев);
- 2) относительной толщины заготовки, выражаемой отношением $\frac{S}{d} \cdot 100$;
- 3) рода материала и его механических свойств;
- 4) формы рабочей части пуансона.

Экспериментально доказана обратная зависимость предельно допустимой величины коэффициента отбортовки от относительной толщины заготовки [179], т. е. чем больше относительная толщина заготовки, тем меньше величина допустимого коэффициента отбортовки и тем больше возможная степень деформации. Кроме того, доказана зависимость предельных коэффициентов отбортовки от способа изготовления и состояния кромки отбортовываемого отверстия.

Наименьшие коэффициенты отбортовки получены при отбортовке рас-
сверленных отверстий, наибольшие — при отбортовке пробитых отверстий.

Практически близкие значения с отбортовкой сверленных отверстий дает отжиг пробитой заготовки или зачистка отверстия в зачистном штампе с удалением деформированного и наклепанного слоя при пробивке отверстия.

В табл. 90 приведены значения предельных коэффициентов отбортовки цилиндрическим пуансоном малоуглеродистой стали в зависимости от отношения $\frac{S}{d}$ [180].

Таблица 90

Предельная величина коэффициентов отбортовки для малоуглеродистой стали

Способ получения отверстия	Относительная толщина $\frac{S}{d} \cdot 100$										
	2	3	5	8	10	12	15	20	30	70	100
Сверление с зачисткой заусенцев	0,75	0,57	0,48	0,44	0,40	0,36	0,34	0,32	0,26	0,22	0,19
Пробивка в штампе	0,8	0,6	0,52	0,50	0,50	0,50	0,48	0,46	0,45	—	—

При отбортовке сферическим пуансоном предельная величина коэффициентов отбортовки на 10—20% меньше, чем при отбортовке цилиндрическим пуансоном.

Расчетную величину коэффициентов отбортовки следует брать на 5—10% больше предельной.

Геометрические размеры при отбортовке определяются исходя из равенства объемов заготовки и детали. Обычно высота борта бывает задана чертежом детали. В этом случае диаметр отверстия под отбортовку приближенно подсчитывают как для простого г и б к и. Это допустимо благодаря небольшой величине деформаций в радиальном направлении и наличию значительного утонения материала.

Подсчет ведут по формуле [158]

$$d = D_1 - \left[\pi \left(r + \frac{S}{2} \right) + 2h \right].$$

Высота борта находится по формуле [80]

$$H = \frac{D - d}{2} + 0,43r + 0,72S,$$

где обозначения соответствуют фиг. 133.

Наименьшая толщина у края борта составляет [180]:

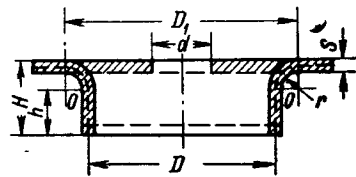
$$S_1 = S \sqrt{k_0}.$$

В настоящее время отбортовка применяется для отверстий диаметром от 3 до 1000 мм и толщиной материала от 0,25 до 30 мм.

Радиусы закруглений принимают:

Для материала толщиной до 2 мм $r = 4-5S$

» » » свыше 2 мм $r = 2-3S$

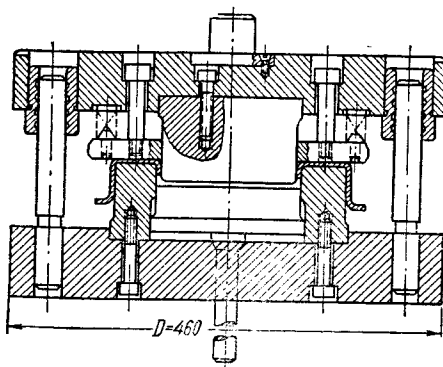


Фиг. 133. К расчету диаметра отверстий под отбортовку.

На фиг. 134 изображен штамп для отбортовки крупных деталей.

Отбортовка отверстий широко применяется при последовательной штамповке в ленте.

На фиг. 135 приведены некоторые случаи применения отбортовки при штамповке в ленте [79]: способ получения отверстий с завальцованным краем (фиг. 135, I и II); применение наружной отбортовки для увеличения высоты вытянутой детали (фиг. 135, III); примененные отбортовки отверстий в дне вытянутой детали с целью увеличения ее высоты (фиг. 135, IV).



Фиг. 134. Штамп для отбортовки.

На фиг. 136 изображена широко распространенная отбортовка — зенковка углублений под головки винтов.

К операциям отбортовки отверстий относится отбортовка по краю полых деталей, производимая также за счет растяжения материала.

На фиг. 137 показана последовательность отбортовки края втулок, а на фиг. 138 — схема двухоперационного штампа с клиновым зажимом для отбортовки втулок.

Аналогичный характер с операцией отбортовки отверстий, в особенности с отбортовкой края полых деталей, имеет операция закатки бортов полых деталей, производимая для увеличения жесткости борта и закругления кромки.

В массовом производстве однотипных изделий, например посуды, закатка бортов производится на специальных закаточных станках роликами. В мелкосерийном производстве закатка бортов выполняется на давяльных станках.

В остальных случаях закатка бортов производится штампами путем давления на ребро борта и плавной отгибки его по желобу штампа, как показано на фиг. 139 для цилиндрической и конической деталей.

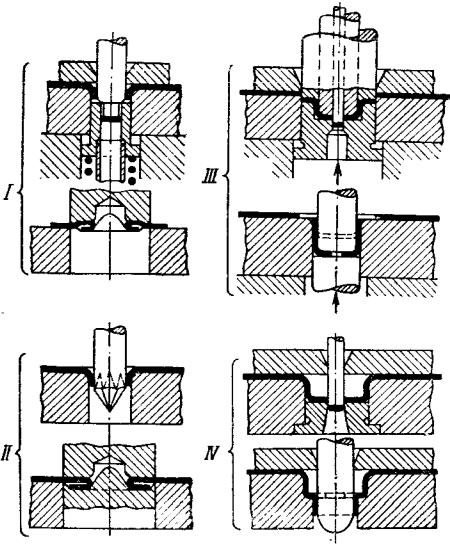
Усилие, необходимое для отбортовки цилиндрическим пуансоном, может быть определено по приближенной формуле [180]

$$P = 1,1\pi \cdot S \cdot \sigma_s (D - d) \text{ кг,}$$

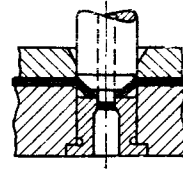
где D — диаметр отбортовки (фиг. 133) в мм;

d — диаметр отверстия в мм.

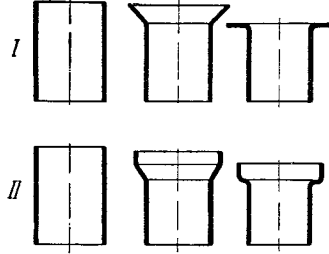
В случае отбортовки сферическим или коническим пуансоном величина усилия несколько снижается.



Фиг. 135. Применение отбортовки при последовательной штамповке в ленте.

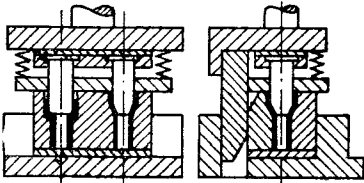


Фиг. 136. Отбортовка — зенковка под головки винтов.

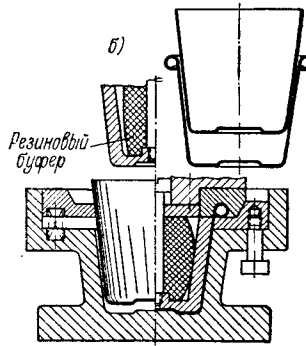
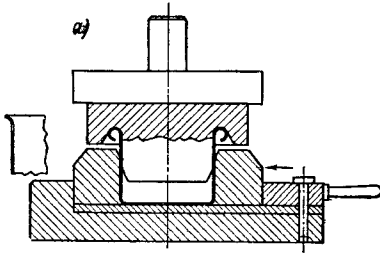


Фиг. 137. Отбортовка края полых деталей (втулок, труб и т. п.):

I — с фланцем; II — с патрубком.



Фиг. 138. Тип двухоперационного штампа с клиновым зажимом для отбортовки втулок.



Фиг. 139. Закатка борта:

а — цилиндрической детали; б — конической детали.

Отбортовка с утонением стенок

В различных отраслях промышленности (электротехника, радиотехника, приборостроение) применяется штамповка деталей, имеющих отверстия с высокими цилиндрическими стенками. В данном случае применяются операции отбортовки с утонением стенок, так как при простой отбортовке для образования высокого цилиндрического борта не хватило бы площади заготовки. При этом обычно достигается значительная экономия металла.

При отбортовке с утонением степень деформации определяется не только коэффициентом отбортовки, но и коэффициентом утонения стенок борта, так как коэффициент отбортовки характеризует степень деформации лишь при отбортовке без заданного утонения.

В этом случае достижима более высокая степень деформации. Иначе говоря, при одном и том же предельно допустимом коэффициенте отбортовки, в случае отбортовки с утонением материала можно получить значительно большую высоту борта.

Высота борта при отбортовке с утонением может быть определена по формуле [180]

$$H_y = H + \frac{1}{2} \left(\frac{S}{z} - 1 \right) (H - h_x),$$

где H — высота борта без утонения в мм;
 z — зазор между цилиндрической частью пуансона и матрицы в мм;

$$h_x = \frac{(z - S_1)}{S - S_1} H — часть высоты борта, не подвергаемая утонению, в мм.$$

Отбортовка с заданным утонением материала является более целесообразной с точки зрения «устойчивости» пластической деформации металла и отсутствия разрывов и трещин, так как в процессе утонения возникает более благоприятное напряженное состояние с появлением значительных сжимающих напряжений.

Это позволяет вести отбортовку при смягченных «не опасных» коэффициентах отбортовки, а высоту борта получать за счет максимально допустимого утонения материала.

Зависимость предельной величины утонения от принятого коэффициента отбортовки пока еще не установлена, но произведенные опыты [180] пока-

зывают возможность утонения за одну операцию до величины $\frac{S}{S_1} = 2 - 2,5$.

Теми же опытами установлено, что усилие, необходимое для отбортовки с утонением, значительно выше, чем при отбортовке без утонения (при том же коэффициенте отбортовки), причем усилие увеличивается пропорционально

увеличению утонения $\frac{S}{S_1}$.

Так как при этом в матрице возникает боковое давление большой величины, то для увеличения прочности матриц рекомендуется запрессовка их в наружную обойму.

На практике применяются следующие способы отбортовки с утонением материала:

1) отбортовка мелких отверстий пуансоном с заостренной или сферической формой конца;

2) отбортовка средних отверстий ступенчатым пуансоном с кольцевыми выступами постепенно увеличивающегося диаметра, причем первая ступень производит только отбортовку допустимой величины, а последующие кольцевые выступы производят ступенчатое утонение и увеличение высоты борта;

3) отбортовка более крупных отверстий за две операции — отбортовку и протяжку (если недостаточна величина хода прессы).

На фиг. 140 показана широко распространенная в массовом производстве отбортовка мелких отверстий под резьбу, применяемая для увеличения высоты тонкого материала в резьбовой части.

В данном случае обычно производят сравнительно небольшое утонение стенок:

$$\frac{d_3 - d_1}{2} = 0,65S$$

или

$$\frac{S}{S_1} = 1,54.$$

Диаметр отверстия в заготовке

$$d_0 = 0,45d_1$$

или

$$k_0 = \frac{d_0}{d_1} = 0,45.$$

Внутренний диаметр отбортовки определяется внутренним диаметром резьбы. Последний обычно принимают

$$d_2 \leq \frac{d_1 + d_3}{2}.$$

Отбортовка под резьбу возможна лишь для мелких резьб (практически до М5).

Наружный диаметр отбортовки составляет

$$d_3 = d_1 + 1,3S.$$

Высота отбортовки определяется объемом отбортовываемого металла и обычно составляет

$$h = (2 - 2,5) S.$$

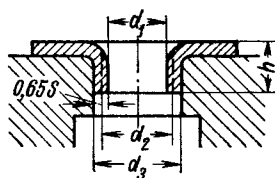
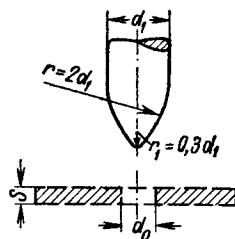
Отбортовка под резьбу в тонких материалах (до 2 мм) иногда производится без предварительной пробивки отверстия, одновременно с отбортовкой (фиг. 135, I). В некоторых неответственных случаях допускается изготовление рваного борта путем проколки материала гвоздеобразным пуансоном (фиг. 135, II).

Этот же способ отбортовки применяется для соединения деталей из тонкого материала (до 0,6 мм) взамен соединения заклепками, а также для получения отверстий с загнутыми кромками.

Отбортовка ступенчатым пуансоном применяется при штамповке небольших деталей, имеющих сравнительно высокие цилиндрические борты. На фиг. 141 показан пример отбортовки ступенчатым пуансоном деталей из латуни или алюминия с размерами, приведенными в табл. 91 [74].

Коэффициент отбортовки равен: в первом случае $k_0 = 0,45$; во втором случае $k_0 = 0,29$.

Степень утонения стенок составляет в первом случае $\frac{S}{S_1} = 2,5$; во втором случае $\frac{S}{S_1} = 4,9$.



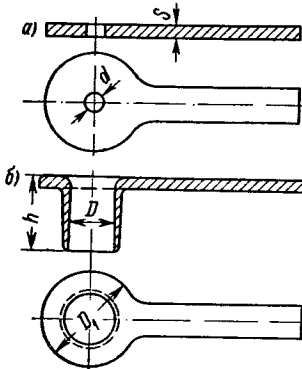
Фиг. 140. Отбортовка мелких отверстий под резьбу.

Следовательно, в первом случае толщина материала уменьшена в 2,5 раза, а во втором — почти в 5 раз.

В обоих случаях наружные размеры заготовки остаются без изменения. Диаметр предварительно пробиваемого отверстия определяют исходя из требуемой высоты детали и толщины стенки.

По высоте отбортовки давные примеры не являются пределом и ограничены требуемой высотой детали.

Отбортовка с утонением ступенчатым пуансоном производится на прессах двойного действия с сильным прижимом заготовки и при обильной густой смазке.



Фиг. 141. Отбортовка с утонением ступенчатым пуансоном:

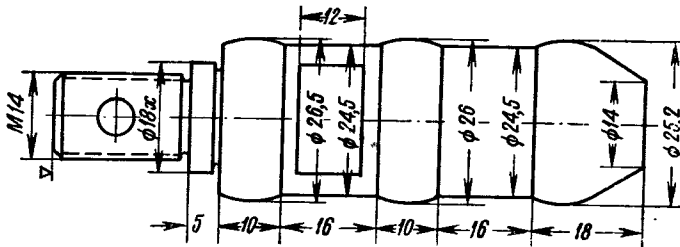
а — заготовка; б — деталь.

Таблица 91

Размеры отбортовки с утонением ступенчатым пуансоном

Деталь предохранителя	Материал	S	S ₁	d	D	D ₁	h
Е-27	Латунь	2	0,8	12	26,5	33	15
Е-14	Алюминий	1,7	0,35	4	13,7	21	15

Большое утонение стенок возможно лишь при постепенном уменьшении их толщины за один ход пресса, что достигается применением пуансона с кольцеобразными выступами постепенно увеличивающегося диаметра (фиг. 142).



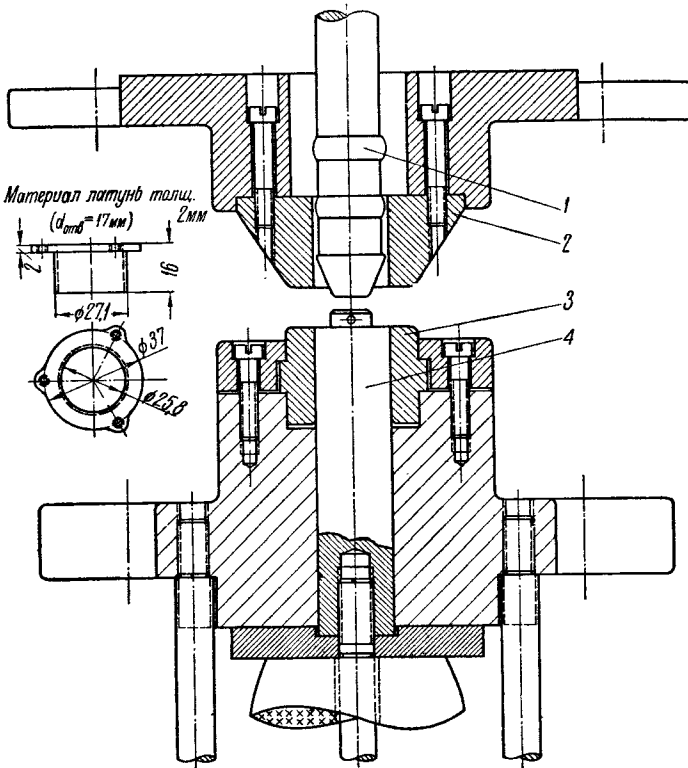
Фиг. 142. Пуансов для отбортовки с утонением.

На фиг. 143 изображен штамп для отбортовки с утонением ступенчатым пуансоном латунной детали (показана на рисунке слева). Штамп предназначен для прессы двойного действия. Отбортовка с двойной протяжкой производится пуансоном 1 и матрицей 3. Сильный прижим заготовки осуществляется прижимным кольцом 2, действующим от наружного ползуна, а выталкивание отбортованной детали производится стержнем 4, работающим от резинового буфера.

Отбортовка наружного контура [11]

Отбортовка наружного контура криволинейных очертаний является распространенной операцией в автомобильной и авиационной промышленности.

Отбортовка наружного контура выполняется штамповкой на кривошипных прессах (фиг. 144), на гидравлических или фрикционных прессах резиной (фиг. 145), на падающих молотах в литых штампах, иногда с применением резины (фиг. 146) или гибкой на специальных кромкогибочных и отбортовочных станках (фиг. 147).



Фиг. 143. Штамп для отбортовки с утонением на прессе двойного действия:

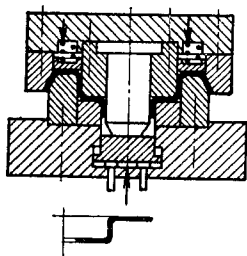
1 — пуансон; 2 — прижим; 3 — матрица; 4 — выталкиватель.

Штамповка резиной на гидравлических прессах и штамповка на падающих молотах происходят без зажима отбортовываемого края, вследствие чего происходит не вытяжка, а отгибка кромок с образованием гофра. Удаление гофров требует применения специальных операций «посадки», производимых или ручной доводкой, или посадкой на специальных посадочных станках и штампах (фиг. 148).

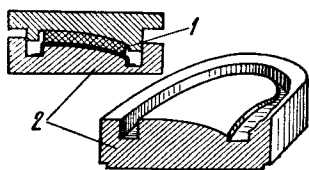
На фиг. 149 изображены различные способы формовки в резиновых штампах с применением различных накладок, улучшающих качество отгибаемого борта.

Наружная отбортовка разделяется на отбортовку выпуклого контура и отбортовку вогнутого контура.

Отбортовка выпуклого контура по характеру деформаций и по виду напряженного состояния аналогична неглубокой вытяжке без прижима.

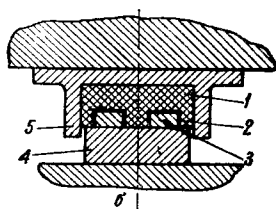
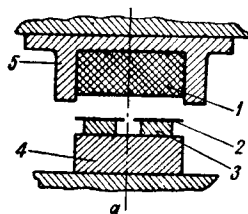


Фиг. 144. Схема штампа для наружной и внутренней отбортовки.



Фиг. 146. Штамповка на падающих молотах с применением резины:

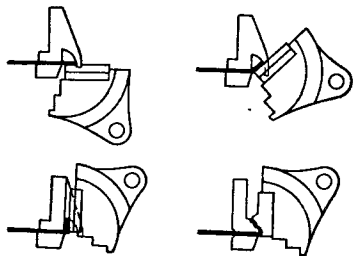
1 — резина; 2 — штамп.



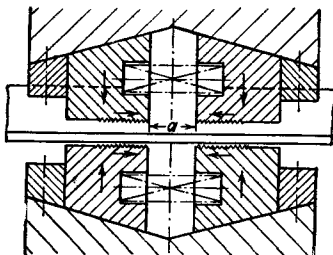
Фиг. 145. Схема штамповки резиной:

a — до штамповки; *б* — в конце рабочего хода.

1 — резина; 2 — деталь;
3 — пуансон (формблок);
4 — плита; 5 — контейнер.



Фиг. 147. Схема работы отбортовочного станка.

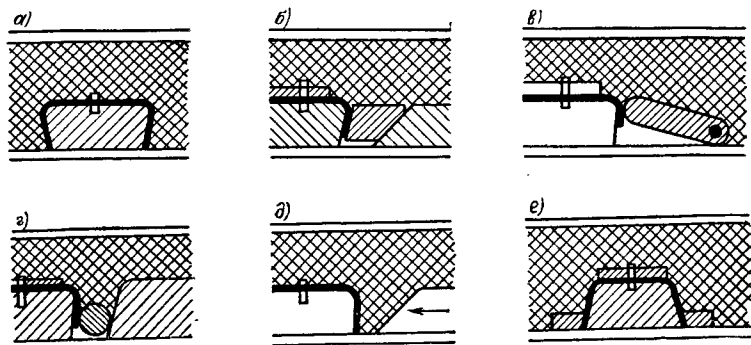


Фиг. 148. Схема посадочного штампа.

Показателем наружной отбортовки выпуклого контура является отношение

$$k_{н. о} = \frac{R_1}{R_2},$$

где R_1 — радиус отбортованного контура детали;
 R_2 — радиус контура плоской заготовки.

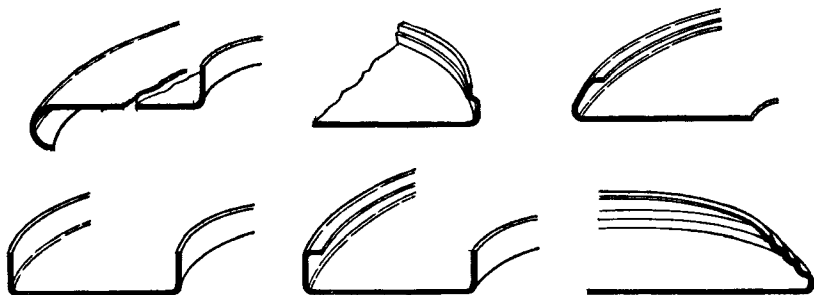


Фиг. 149. Различные способы формовки в резиновых штампах:
 а — резиной; б — клином; в — шарнирной пластинкой; г — прутком; д — движущимся клином; е — кольцом.

Отбортовка вогнутого контура аналогична отбортовке отверстий.

Чаще всего приходится встречаться с обоими видами отбортовки в одной детали, а также с отбортовкой по контуру двойкой (выпукло-вогнутой) кривизны.

На фиг. 150 изображены примеры отбортовки, выполняемые на отбортовочных станках.

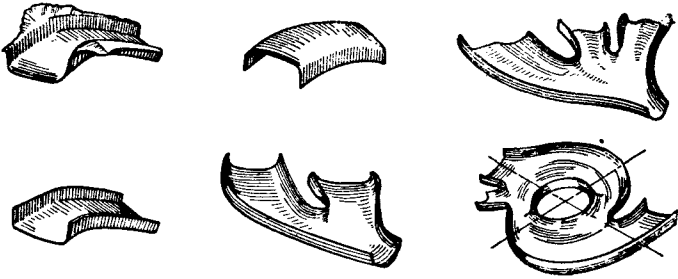


Фиг 150. Примеры сложной отбортовки, выполняемой на отбортовочных (кромкогибочных) станках.

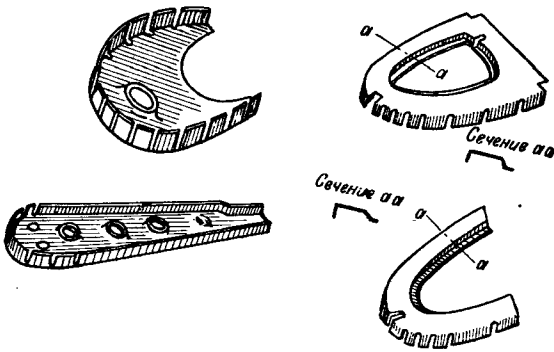
На фиг. 151 показаны типы отбортовок, выполняемые на падающих молотах в литых штампах с применением резины.

На фиг. 152 показаны детали, отбортованные посредством резины на гидравлических прессах. Во избежание образования гофра в местах закруглений заготовок деталей делаются с вырезанными фестонами, если это допускается жесткостью и прочностью конструкции.

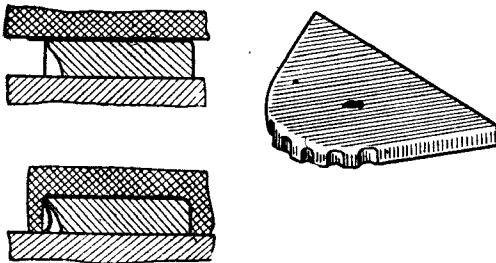
На фиг. 153 изображен способ отбортовки наружного контура с поднутрением гофра, в результате чего весь гофр вытеснен внутрь борта и не



Фиг. 151. Типы отбортовок, выполняемых на падающих молотах.



Фиг. 152. Детали, штампованные резиной на гидравлических прессах.



Фиг. 153. Отбортовка с поднутренным гофром.

мешает сборке, клепке и точечной сварке. Этот способ позволяет для тонких материалов (до 1 мм) обойтись без доводки или посадки.

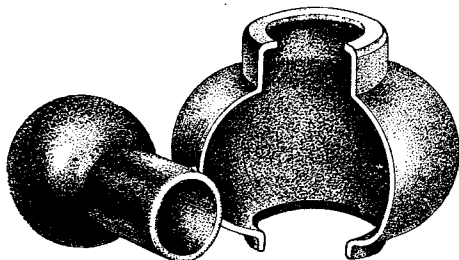
Для материалов толщиной свыше 1 мм последующая доводка борта неизбежна.

29. Полая высадка (растяжка)

Операция полой высадки (растяжки) представляет собой расширение пустотелых деталей или заготовок, производимое за счет растяжения материала изнутри в радиальном направлении.

На фиг. 154 изображен пример полой высадки сферической формы.

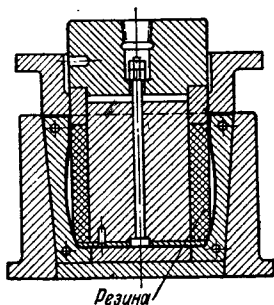
Изготовление полой высадки, как правило, требует применения штампов с разъемной матрицей.



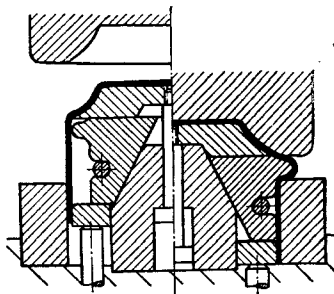
Фиг. 154. Примеры полой высадки.

Для полой высадки применяются следующие типы штампов:

- 1) с резиновым пуансоном (фиг. 155);
- 2) с разжимными секциями, раздвигаемыми клиновой вставкой (фиг. 156);
- 3) с жидкостью вместо пуансона (гидравлическая штамповка, фиг. 157).



Фиг. 155. Штампы для полой высадки с резиновым пуансоном.

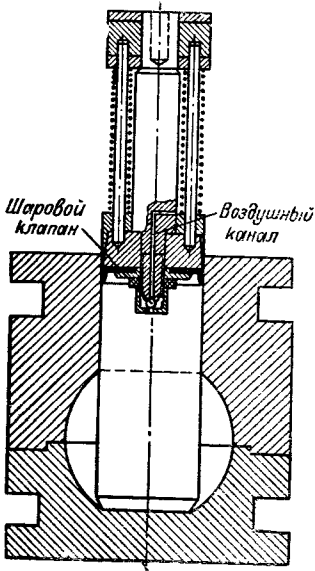


Фиг. 156. Разжимной секционный штамп для полой высадки.

В штампе (фиг. 157) рабочая полость имеет горизонтальный разъем, осуществляемый прижимом, действующим от наружного ползуна. Уплотнение осуществляется специальной манжетой. Пуансон работает как плунжер, производя давление на налитую в заготовку жидкость (масло, вода). Для впуска и выпуска воздуха пуансон снабжен воздушным каналом с шаровым клапаном.

Штамповка с сыпучими наполнителями (дробь, песок) распространения не получила.

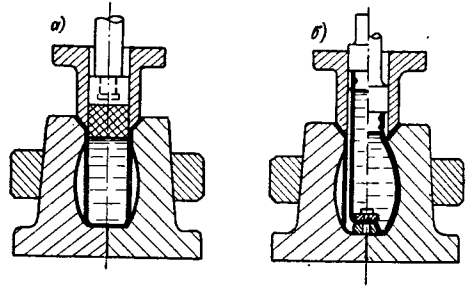
На фиг. 158 показаны схемы гидравлической штамповки-растяжки в штампах с вертикальным разъемом матриц на прессах двойного действия.



Фиг. 157. Гидравлический штамп для полый высадки на прессе двойного действия.

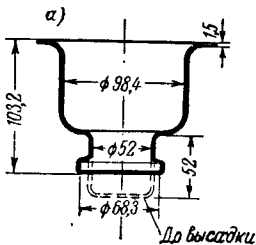
Штамп, изображенный на фиг. 158, *а*, требует предварительного наливания жидкости в заготовку, вследствие чего этот способ неудобен и малопроизводителен. Штамп, показанный на фиг. 158, *б*, не требует наливания и выливания жидкости, так как пуансон снабжен резиновым мешком с налитым в него глицерином.

Общим недостатком описанных штампов является неудобство и сложность ручного разбема матрицы и вынимания готовой детали.

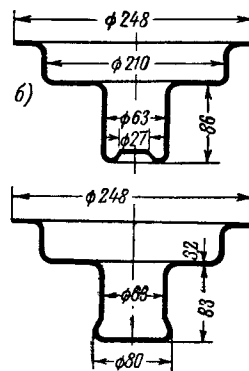


Фиг. 158. Схема гидравлической штамповки-растяжки на прессах двойного действия.

На фиг. 159 приведены примеры гидравлической полый высадки (растяжки). Деталь, показанная на фиг. 159, *а*, изготавливается штампом



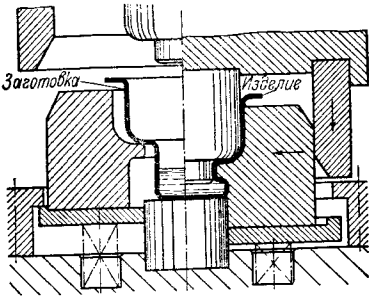
Фиг. 159. Примеры гидравлической полый высадки.



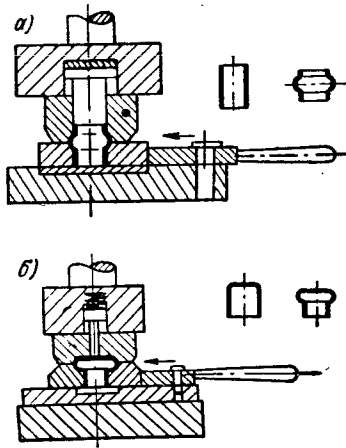
(фиг. 160) на кривошипном прессе 250 т. Несмотря на ручную заливку жидкости, производительность достигает 500 шт. в час.

Деталь, изображенная на фиг. 159, б, вследствие большой толщины материала изготавливается с предварительной вытяжкой дна в предыдущей операции.

На фиг. 160 представлен штамп с раздвижными секциями, образующими рабочую полость матрицы для гидравлической штамповки на кривошипном прессе.



Фиг. 160. Гидравлический штамп для полых высадки на кривошипном прессе.



Фиг. 161. Типы штампов для высадки буртиков:

а — в трубчатой заготовке;
б — в полый заготовке.

Разновидностью полых высадки является широко распространенная операция высадки буртиков в полых или трубчатых заготовках. Высадка буртиков обычно производится путем механического давления на торец заготовки (фиг. 161).

30. Обжимка

Обжимка представляет операцию, при которой происходит сужение поперечного сечения прутков и труб, а также концевой части полых или объемных изделий путем обжатия материала снаружи и уменьшения диаметра.

В обработке металлов давлением применяются два вида обжимки:

- 1) обжимка объемно-сплошных и трубчатых сечений, производимая на ротационно-обжимной машине (редуцирование) [43];
- 2) обжимка полых деталей, производимая вертикальным давлением на механических прессах.

На фиг. 162 изображены детали, обжатые на ротационно-обжимной машине, работающей посредством давления обжимных бойков со скоростью свыше 6000 ударов в минуту для заготовок диаметром от 7 до 17 мм и свыше 11 000 ударов в минуту для заготовок диаметром до 7 мм.

Обжимка полых деталей применяется для изготовления горловин и деталей типа патронных гильз (фиг. 163), при обжимке которых применяются следующие методы расчета [46]:

- 1) общий коэффициент обжима

$$m_0 = \frac{d_n}{d_0};$$

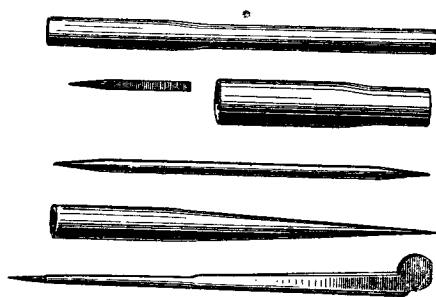
- 2) средний коэффициент обжима на каждой операции (по табл. 92)

$$m_{cp} = \frac{d_1}{d_0} = \frac{d_2}{d_1};$$

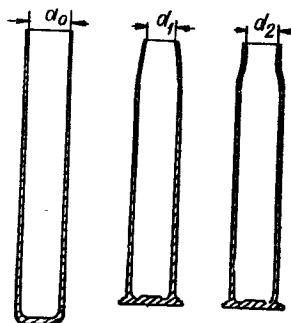
3) число обжимов

$$n = \frac{\lg m_0}{\lg m_{\text{ср}}}$$

Обычно для первой операции коэффициент обжима берется на 10% меньше среднего, а на последующих операциях — на 5–10% больше среднего.

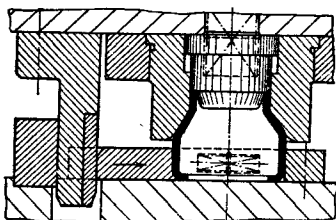


Фиг. 162. Примеры обжимки на ротационной машине.



Фиг. 163. Обжимка дульца гильз.

При обжимке гильз происходит упругое распружинивание дульца, составляющее от 0,5 до 0,8% от номинального размера обжимного инструмента.



Фиг. 164. Схема штампа для обжимки шейки втулки.

Таблица 92

Средний коэффициент обжима для гильз [46]

Материал	Толщина стенки в мм		
	до 0,5	0,5–1	свыше 1
Латунь	0,85	0,8–0,7	0,7–0,65
Биметалл и сталь	0,8	0,75	0,7–0,65

На фиг. 164 показана схема штампа для обжимки шейки втулок. Штмп имеет механический зажим раздвижной матрицы.

31. Правка

Процесс правки в холодной штамповке имеет двойное применение:

1) для выпрямления шероховатой поверхности или кривизны заготовок и деталей;

2) для придания правильной формы (и более точных размеров) предварительно согнутым или вытянутым деталям.


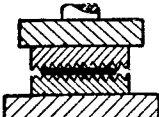
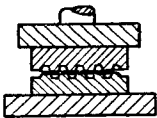
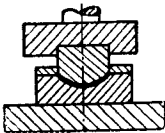
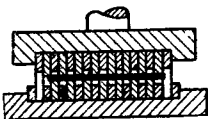
Выпрямление кривизны применяется для плоских и профильных заготовок, а также для прутков и проволоки.

Для правки заготовок применяют способы, приведенные в табл. 93.

На фиг. 165 изображен профиль зубцов точечного штампа. Вершины зубцов слегка притуплены. Зубцы вафельного штампа более притуплены и имеют широкую площадку (до 0,5S).

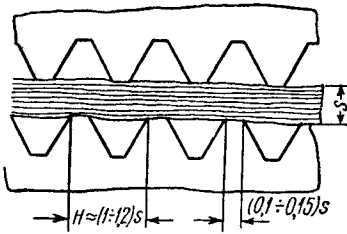
Таблица 93

Различные способы правки

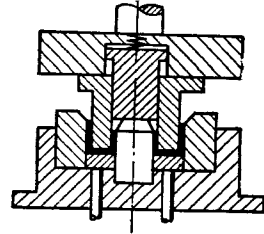
Способ правки	Схема штампа	Применение	Удельное давление кг/мм ²
Плоская правка Гладкими штампами		Для деталей из тонких материалов	5—10
		Для деталей из более толстых материалов, допускающих отпечатки на поверхности	10—20
		Для деталей из более толстых материалов, не допускающих глубоких отпечатков	20—30
Правка профильная		Для открытых профилей из тонких материалов	10—15
Правка прутков и проволоки		Для прутков и проволоки небольших диаметров	50—80 (на 1 пог. мм)

Зубцы точечного штампа имеют в плане квадратную форму, а зубцы вафельного штампа — или квадратную, или ромбовидную.

Высота зубцов точечного штампа составляет от одной до двух толщины материала, а вафельного — около толщины материала. Шаг зубцов берется примерно равным толщине материала.



Фиг. 165. Профиль зубцов точечного штампа.



Фиг. 166. Штамп для правки после вытяжки.

Величина давления при правке штампами определяется по формуле:

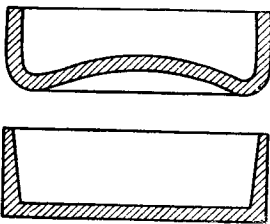
$$P = pF,$$

где F — поверхность детали в мм^2 ;

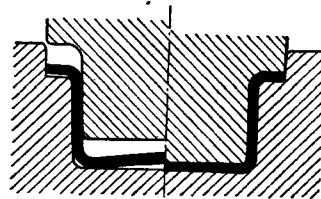
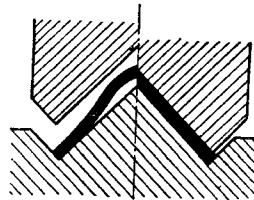
p — удельное давление в кг/мм^2 по табл. 93.

Правка пространственных форм применяется главным образом для уменьшения радиусов закруглений и выпрямления дна и боковых сторон деталей, полученных путем вытяжки, отбортовки или гибки.

На фиг. 166 изображена схема штампа для правки детали после вытяжки и отбортовки, с целью уменьшения радиусов закруглений в углах и получения правильной геометрической формы.



Фиг. 167. Правка дна с калибровкой углов колпачка.

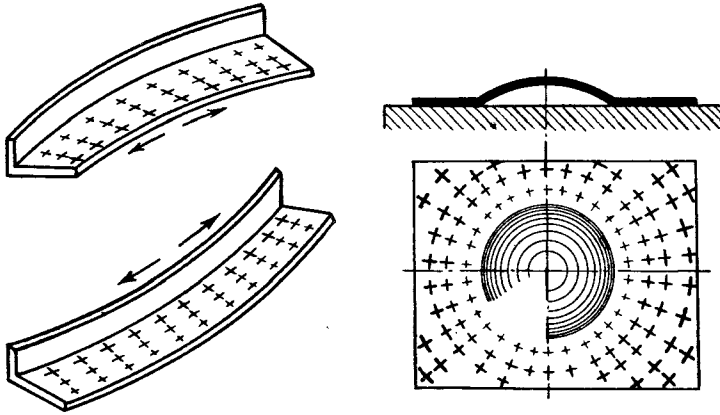


Фиг. 168. Правка изогнутых деталей с калибровкой полоч.

На фиг. 167 показан способ изготовления полой детали без закруглений в углах за две операции: вытяжка колпачка с выпуклым дном и правка дна с калибровкой острых углов детали.

На фиг. 168 изображен способ правки изогнутых деталей с калибровкой углов и получением более точных размеров полоч (до 0,3—0,5 мм).

В мелкосерийном производстве, не располагающем специальными листо-правильными станками, применяется ручная правка для выправления бухтин или продольной кривизны.



Фиг. 169. Способы ручной правки бухтин и кривизны.

На фиг. 169 приведены способы ручной правки выпуклостей (бухтин, хлопунов) и серповидной кривизны полос и профилей. Крестиками отмечены места и сила ударов, увеличивающаяся по мере удаления от контура выпуклости к краю листа, или от выпуклого к вогнутому краю кривизны полосы или профиля.

ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА

32. Характеристика операций

Группа объемной штамповки охватывает ряд штамповочных операций, основанных на перераспределении и заданном перемещении объема металла: 1) чеканку; 2) клеймение (маркировку); 3) разметку (кернение); 4) высадку; 5) осадку; 6) объемную формовку; 7) калибровку; 8) холодное (ударное) выдавливание.

Общая характеристика этих операций приведена в гл. I.

Применение объемной штамповки совместно с другими штамповочными операциями позволяет получить законченные детали, не требующие или почти не требующие дальнейшей механической обработки. Штампованные детали отличаются повышенной точностью, чистой поверхностью, четким контуром, малыми штамповочными уклонами, а также повышенной прочностью и жесткостью в результате упрочнения при холодной деформации.

Все перечисленные операции характеризуются общностью вида напряженного состояния — неравномерным объемно-напряженным состоянием трехосного сжатия.

В зависимости от степени неравномерности напряженного состояния все методы объемной штамповки могут быть подразделены на следующие:

1) значительно повышающие пластичность металла, при отсутствии поперечной деформации (чеканка, штамповка в закрытых штампах, холодное выдавливание);

2) повышающие пластичность металла, при небольшой величине поперечной деформации (штамповка в открытых штампах, калибровка);

3) понижающие пластичность, при неограниченной поперечной деформации (осадка, свободная высадка).

Пластичность штампуемого металла характеризуется величиной допустимой степени деформации, при которой не происходит разрывов или трещин. Для объемной штамповки степень деформации E определяется отношениями:

$$E = \frac{H - H_k}{H} \cdot 100 \%$$

или

$$E = \frac{F - F_k}{F} \cdot 100 \%,$$

где H и H_k — начальная и конечная высоты заготовки и детали;

F и F_k — начальное и конечное сечения заготовки и детали.

В табл. 94 дана сравнительная характеристика методов объемной штамповки.

Требуемое усилие для операций объемной штамповки находится по формуле

$$P = qF,$$

где F — площадь детали (в плане) в мм^2 ;

q — удельное давление в кг/мм^2 .

Таблица 94

Сравнительная характеристика методов объемной штамповки

Операции	Пластичность (допустимая степень деформации)	Удельное давление q в кг/мм ²		Последующая обработка	Чистота поверхности	Точность в мм
		лагуи	сталь			
Чеканка	Весьма высокая (степень деформации не ограничена)	160—200	250—300	Нет	▽▽▽8	Горизонтальные размеры $\pm 0,01$ Вертикальные размеры $\pm 0,05$
Клеймение	Средняя	100—150	150—180	Нет	—	—
Высадка	Средняя и низкая	100—150	150—180	Чистовая	▽▽5	$\pm 0,5-0,2$ до $\pm 1,0-0,5$
Осадка	Низкая (степень деформации 30 ÷ 45%)	120—160	180—200	Чистовая	▽▽5	$\pm 1,0-0,5$
Объемная штамповка	Средняя — 40 ÷ 60% (открытая штамповка) Весьма высокая — 70 ÷ 85% (закрытая штамповка)	120—160	180—250	Шлифовка-полровка	▽▽6	$\pm 0,2-0,1$ до $\pm 0,5-0,3$
		180—200	250—300		▽▽7	
Калибровка	Средняя (плоская калибровка) Высокая (объемная калибровка)	120—160	180—200	Нет	▽▽▽8	$\pm 0,05$ до $\pm 0,1$
		180—200	250—300			
Холодное (ударное) выдвигание	Весьма высокая (степень деформации 75 ÷ 95%)	200—250	250—350	Нет	▽▽▽7	По 3—4-му классу точности

В табл. 94 приведены приближенные опытные величины удельного давления для различных операций.

В табл. 95 приведены расчетные формулы для определения удельного давления при различных операциях [120].

Принятые обозначения:

σ_m — сопротивление истечению в меньшую полость (напряжение у матрицы);

v — скоростной коэффициент (для эксцентриковых прессов, равный 1,4—1,6);

$\sigma_{ист}$ — истинное сопротивление деформированию по диаграмме истинных напряжений (для осадки 10% $\sigma_{ист} = 1,1 \sigma_b$; для осадки 5% $\sigma_{ист} = 0,9 \sigma_b$);

d и h — текущие диаметр и высота осаживаемого цилиндра;

d_0 и h_0 — начальные диаметр и высота осаживаемого цилиндра.

Приведенные операции могут иметь место в разных стадиях одного и того же процесса штамповки.

Расчет производится по стадии работы, требующей наибольшего усилия.

Расчетные формулы для определения удельного давления

№	Наименование операции	Схема	Полное усилие P	Удельное давление q
1	Осадка		$qF = q \frac{\pi d^2}{4}$	$\sigma_s \left(1 + \frac{\mu}{3} \cdot \frac{d}{h} \right)$
2	Прошивка открытая		$qf = q \frac{\pi d^2}{4}$	$\sigma_s \left(1 + 1,15 \ln \frac{D}{d} \right) \times \left(1 + \frac{\mu}{3} \cdot \frac{d}{h} \right)$
3	Прошивка в полузакрытом штампе		$qf = q \frac{\pi d^2}{4}$	$\sigma_s \left(1 + e^{\frac{4\mu L}{D-d}} \right) \times \left(1 + \frac{\mu}{3} \cdot \frac{d}{h} \right)$
4	Прошивка в закрытом штампе		$F = \frac{qF + (F-f)\sigma_s}{4}$ $f = \frac{\pi d^2}{4}$	$\sigma_s \left(1 + 2e^{\frac{4\mu L}{D-d}} \right) \times \left(1 + \frac{\mu}{3} \cdot \frac{d}{h} \right)$
5	Штамповка осадкой (в открытом и закрытом штампах)		$qF = q \frac{\pi d^2}{4}$	$\sigma_s \left(1 + \frac{\mu}{3} \cdot \frac{d}{h} \right) \omega z$ $\omega = 2 + e^{\frac{2\mu b}{h_3}}$; $z = 1 + 1,5$
6	Штамповка выдавливанием (в закрытом штампе)		$qf = q \frac{\pi D^2}{4}$	$\sigma_m = \sigma_s \left(\ln \frac{F}{f} + 2e^{\frac{4\mu L}{D}} - 1 \right)$ $f = \frac{\pi d^2}{4}$
7	Плоская калибровка		$qF = q \frac{\pi d^2}{4}$	$v\sigma_{ист} \left(1 + \frac{\mu}{n} \cdot \frac{d}{h} \right) = v\sigma_{ист} \left[1 + \frac{\mu}{n} \cdot \frac{d_0}{h_0} \left(\frac{h_0}{h} \right)^{\frac{3}{2}} \right]$ $n = 2 + 25 (\mu - 0,2)^2$

33. Чеканка

Чеканка представляет операцию, в которой производится образование выпукло-вогнутого рельефа на поверхности изделий за счет изменения толщины материала и заполнения им рельефной полости штампа.

Наиболее распространенным и типовым примером является чеканка монет, орденов, медалей, а также художественная чеканка, применяемая в часовом производстве, производстве столовых приборов и т. п. На фиг. 170 приведены примеры художественной чеканки некоторых изделий.

В большинстве случаев процесс чеканки происходит в закрытых штампах, без вытеснения металла из рабочей полости штампа (фиг. 171).

Для художественной чеканки сравнительно крупных изделий (столовые приборы и т. п.) применяется открытая поверхностная чеканка.

Процесс чеканки хотя и сопровождается небольшим перемещением металла, но для получения четкого рельефа требует большого удельного давления (табл. 94).

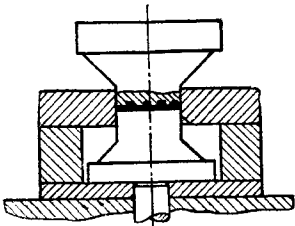
Усилие, необходимое для чеканки, может быть определено по формуле (б) табл. 95 или по эмпирической формуле:

$$P = qF,$$

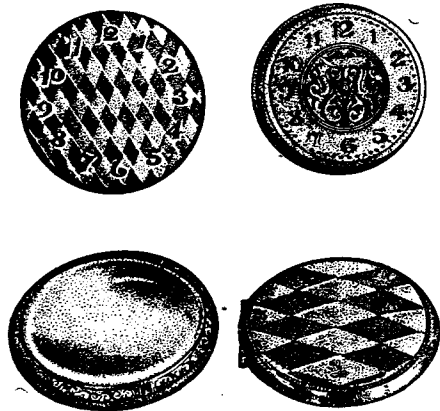
где F — площадь проекции детали в мм^2 .

Опытные величины удельного давления при чеканке приведены в табл. 96.

Давление чеканочного пресса обычно берется больше расчетного во избежание перегрузки при работе «в упор».



Фиг. 171. Схема чеканочного штампа.



Фиг. 170. Примеры художественной чеканки изделий.

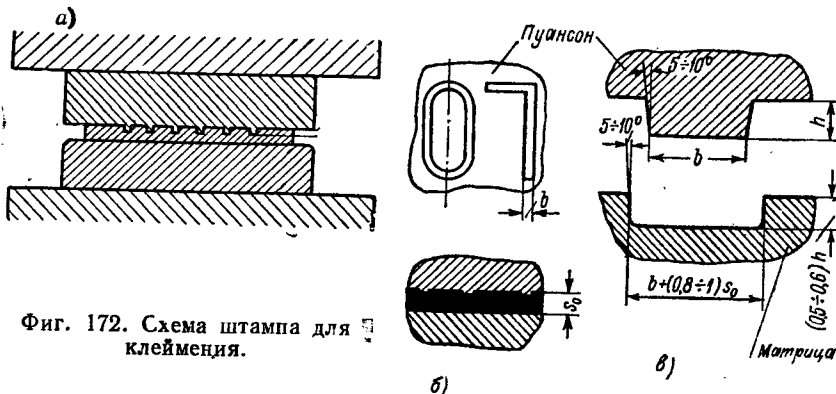
Таблица 96

Опытные величины удельного давления при чеканке

Характер операций	Удельное давление в кг/мм^2
Чеканка золотых монет . . .	120—150
" серебряных монет . . .	150—180
" никелевых монет . . .	160—180
" тонких латунных циферблатов	250—300
Чеканка столовых приборов из нержавеющей стали	250—300

Операции клеймения аналогичны операциям чеканки, но имеют более поверхностный характер и требуют несколько меньшего давления. Схема штампа для клеймения приведена на фиг. 172, а и б.

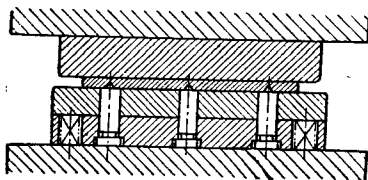
Если глубина вдавливания $h \leq (0,3-0,4) S$, то клеймение производят на гладкой матрице; если же $h > 0,4 S$, то в матрице делают углубления соответствующего очертания, но несколько большей ширины и меньшей глубины, чем выступы на пуансоне (фиг. 172, в) [105].



Фиг. 172. Схема штампа для клеймения.

Операция разметки (кернения) аналогична чеканке и клеймению и производится специальными керновочными штампами (фиг. 173).

Разметка в штампах применяется для нанесения центров мелких отверстий, подлежащих сверлению при изготовлении деталей точной механики, в результате чего отпадает необходимость применения мелких кондукторов. Точность разметки керновочным штампом составляет $\pm 0,02$; $\pm 0,03$ мм.



Фиг. 173. Схема штампа для разметки (кернения).

Форма и размеры кернов зависят, главным образом, от материала детали, так как чем мягче материал, тем меньше угол между режущими кромками сверла. Обычно угол заострения керна делают на $15-25^\circ$ меньше угла заточки сверла для предохранения от «уводки» сверла.

34. Осадка и высадка

Операция осадки может быть выполнена одним из следующих способов: 1) между плоскими плитами (фиг. 174, а); 2) между плоской и кольцевой плитами (фиг. 174, б); 3) между двумя кольцевыми плитами (фиг. 174, в).

Каждый из этих способов имеет различный характер распределения нормальных напряжений, различную степень неравномерности напряженного и деформированного состояний, предельную степень деформации и величину удельного давления течения.

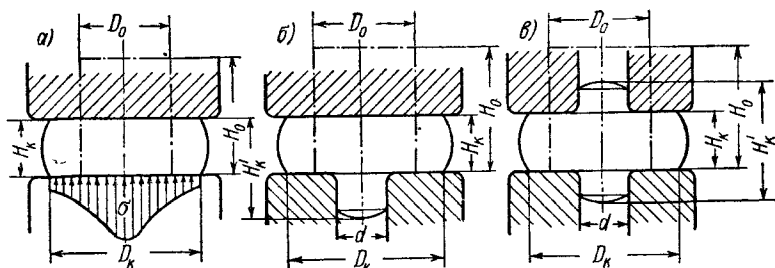
Различный характер деформации этих трех схем осадки может быть охарактеризован различным коэффициентом торможения, представляющим собой отношение поверхности трения (контакта с инструментом) к поверхности свободного истечения [134]:

$$n = \frac{F_{\tau}}{F_{\Pi}}$$

Чем больше поверхность трения, тем выше коэффициент торможения, следовательно, тем больше затруднено течение металла и тем больше требуемое усилие.

Коэффициент торможения больше для первой схемы осадки и меньше для третьей.

При осадке между плоскими плитами возникают значительные радиальные растягивающие напряжения в металле заготовки, благодаря которым эта схема осадки менее пластична и допускает меньшую степень деформации, чем осадка кольцевыми плитами.



Фиг. 174. Основные схемы осадки.

В табл. 97 приведены экспериментальные величины допустимой степени деформации, полученные при статической нагрузке по схемам *a* и *б* [65].

При осадке цилиндрических заготовок между плоскими плитами предельная величина осадки определяется следующими уравнениями [134]:

$$D_k = D_0 \sqrt{\frac{H_0}{H_k}} = \frac{D_0}{\sqrt{1-E}};$$

$$H_k = H_0 (1 - E),$$

где E — предельно допустимая степень деформации.

Предельной высотой свободно осаживаемой заготовки является

$$H_0 = 3D_0.$$

В том случае, когда требуется осуществить степень деформации большей величины, чем допустимо для данного материала, следует применить две или несколько осадок с отжигом для снятия наклепа после каждой операции.

При осадке прямоугольных заготовок металл перемещается перпендикулярно каждой из сторон, и заготовка приобретает форму, показанную на фиг. 175.

Размеры осаживенной прямоугольной заготовки могут быть определены по формуле [134]

$$\frac{b}{a} = 1 + \frac{H_k}{H_0} \left(\frac{b_0}{a_0} - 1 \right) = \frac{b_0}{a_0} (1 - \epsilon) + \epsilon,$$

где ϵ — степень деформации в данный момент осадки; остальные обозначения показаны на фигуре.

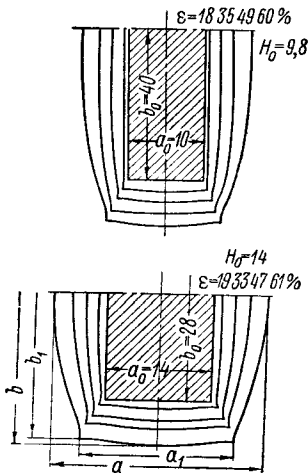
Таблица 97

Допустимая степень деформации для стали в холодном состоянии в %

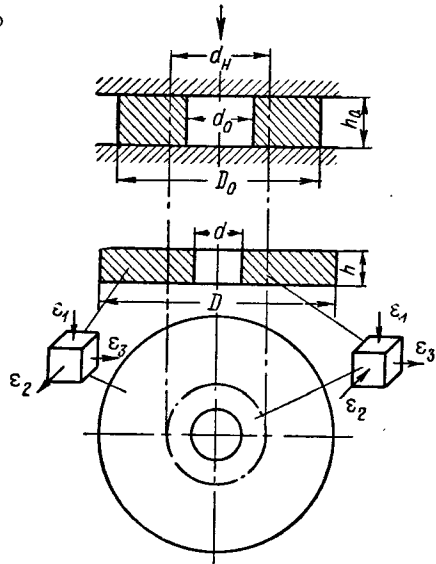
Марка стали	Для схемы <i>a</i>		Для схемы <i>б</i>	
	отожженная	неотожженная	отожженная	неотожженная
Сталь 10	55	45	60	50
Сталь 40	45	35	50	45
Сталь 50	40	30	45	40
Сталь 30ХГСА	60	40	65	45

Примечание. При штамповке на механических прессах приведенные в таблице данные применять с коэффициентом 0,9–0,8.

В случае осадки кольцевых образцов между плоскими плитами часть объема металла перемещается от центра в радиальном направлении, а часть — к центру. При этом происходит увеличение наружного и уменьшение внутреннего диаметра (фиг. 176). Следовательно, при осадке кольцевых заготовок существует нейтральная поверхность (нейтральный диаметр), видимая на заготовке простым глазом и сохраняющая свое положение для каждого образца в процессе осадки.



Фиг. 175. Последовательность осадки прямоугольных стальных заготовок.



Фиг. 176. Деформации при осадке кольцевых заготовок.

Нейтральный диаметр можно определить по следующей формуле [134]:

$$d_n = d_0 \left(\frac{D_0}{d_0} \right)^{\mu n},$$

где μ — коэффициент трения при осадке без смазки (для стали $10 \mu = 0,18-0,20$);

n — коэффициент торможения, равный $\frac{D_0 - d_0}{2h_0}$.

Для упрощения подсчетов эта формула представлена в виде графика (фиг. 177).

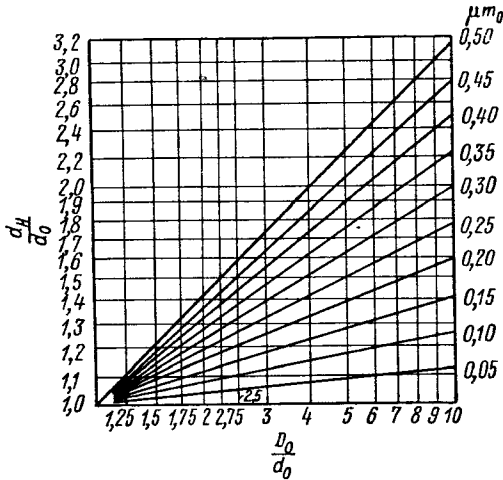
Зная размер нейтрального диаметра, можно для заданной степени осадки ϵ определить наружный и внутренний диаметры по формулам [134]:

$$d = \sqrt{\frac{d_0^2 - \epsilon d_n^2}{1 - \epsilon}}; \quad D = \sqrt{\frac{D_0^2 - \epsilon d_n^2}{1 - \epsilon}}.$$

В случае осадки кольцами (фиг. 174, б и в) часть металла перемещается в радиальном, а часть в осевом направлении.

При осадке заготовок с отношением $\frac{D_0}{H_0} \geq 2$ происходит интенсивное истечение металла в отверстия плиток при увеличении общей высоты детали ($H'_k > H_0$).

При осадке заготовок с отношением $\frac{D_0}{H_0} < 1,5$ полная высота детали всегда меньше, чем высота заготовки ($H'_k < H_0$) [134]. Кроме того, интенсивность истечения металла в осевом направлении зависит от относительной величины диаметра отверстия $\frac{d}{D_0}$ и степени деформации.



Фиг. 177. Положение нейтрального диаметра при осадке кольцевых образцов.

При осадке детали с односторонним выступом высота выступа примерно в 1,5 раза больше высоты выступа в случае осадки в двух кольцах.

Если отверстия в плитах различного диаметра, то высота каждого выступа прямо пропорциональна площади поперечного сечения.

Диаметр заготовки должен быть в 2—4 раза больше диаметра отверстия, так как при отношении $D_0 = 1,2d$ вместо осадки получаются смятие и зажим наружных слоев заготовки.

Усилие, необходимое для осадки кольцами, находится по формуле [134]

$$P = p \frac{\pi (D_k^2 - d^2)}{4},$$

где $p = 1,2S_\phi \left(1 + \frac{\mu}{1,5} \cdot \frac{D_k^2 - d^2}{2DH_k} \right)$ — удельное давление;

S_ϕ — истинное сопротивление деформированию фланца, соответствующее степени осадки $\epsilon = \frac{H_0 - H_k}{H_0}$;

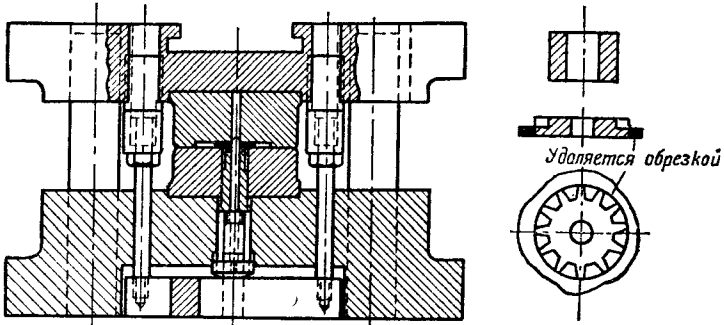
μ — коэффициент трения при осадке;

остальные обозначения прежние (фиг. 174, в).

Операций осадки в холодной штамповке применяются главным образом для изготовления деталей ступенчатой формы типа шестерен, храповиков и т.п. На фиг. 178 изображен штамп для формовки мелкой шестерни путем осадки трубчатой заготовки.

В холодной штамповке часто применяется операция осадки цилиндрических стержневых заготовок с боковой поверхности — расплющивание (фиг. 178а).

При этом способе легко достижима высокая степень осадки ($e = 0,5 - 0,6$), так как коэффициент торможения в начале деформации равен нулю, а затем имеет небольшую величину, возрастающую пропорционально увеличению отношения $\frac{b}{h}$.



Фиг. 178. Штамп для изготовления шестерен осадкой заготовки.

Размеры осаженого (расплющенного) сечения могут быть определены по формулам [80]:

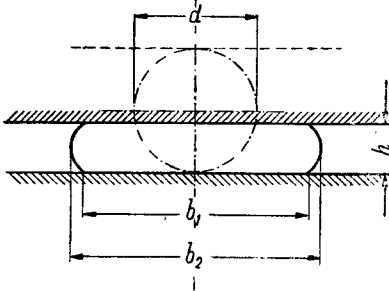
$$b = 0,78 \frac{d}{1-e}; \quad h = d(1-e),$$

где $b = \frac{b_1 + b_2}{2}$ — средняя ширина сечения;

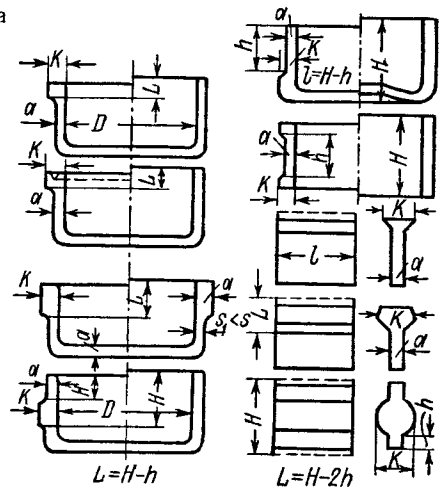
$$e = \frac{d-h}{d} \text{ — степень осадки.}$$

Так, например, при $e = 0,6$ получаем:

$$h = 0,4 d; \quad b \approx 2d \approx 5h.$$



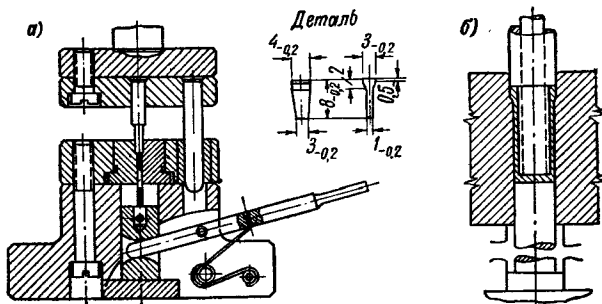
Фиг. 178а. Схема осадки (расплющивания) цилиндрической стержневой заготовки.



Фиг. 179. Примеры высадки утолщений.

Операция высадки предназначена для образования местных утолщений требуемой формы путем перераспределения и перемещения объема металла. Наиболее распространенным видом холодной высадки является высадка головок болтов, винтов и заклепок, производимая на специальных холодно-высадочных станках и автоматах [57, 58].

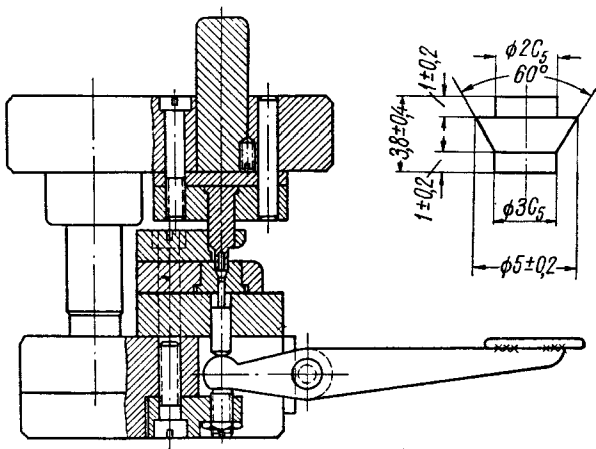
В холодной штамповке операции высадки применяются в процессе холодной клепки узлов и деталей, а также для получения утолщений и буртиков в стержневых, плоских и полых деталях (фиг. 179). Размер заготовок определяется исходя из равенства объема металла заготовки и детали. Обычно за одну операцию производится высадка заготовок длиной: для круглых стержней $L \leq 3d$; для прямоугольных заготовок $L \leq 3S$; для полых и трубчатых деталей $L \leq (2-2,5) S$ (при $k \geq 1,5 S$).



Фиг. 180. Штампы для высадки утолщений.

В большинстве случаев высадка утолщений производится в закрытой полости матрицы, что представляет по существу объемную формовку в закрытом штампе.

На фиг. 180, а изображен штамп для высадки головки клина, а на фиг. 180, б — схема высадки бурта у цилиндрической детали.



Фиг. 181. Штамп для высадки.

На фиг. 181 показана деталь, полученная холодной высадкой, и штамп для ее изготовления.

Распространенная в холодной штамповке операция высадки буртика в полых изделиях (полая высадка) изложена в гл. V.

35. Объемная формовка

Объемная формовка представляет операцию, предназначенную для изготовления объемно-сплошных деталей путем перераспределения объема металла заготовки и заполнения им фигурной полости штампов.

В настоящее время холодной объемной штамповкой на мощных прессах изготавливается большое количество различных деталей сложной конфигурации для приборов точной механики, радиотехники и т. п.

Холодной объемной формовкой изготавливаются значительно более точные детали и с более чистой поверхностью, чем при обычной горячей штамповке (табл. 94.)

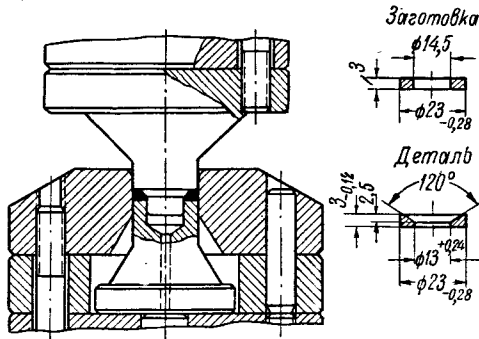
При этом почти полностью отпадает необходимость в последующей механической обработке, в результате чего трудоемкость изготовления снижается в несколько раз.

Одновременно повышаются прочность и твердость штампованных деталей в результате наклепа при холодной пластической деформации. Чистота поверхности соответствует 6—7-му классу.

Фиг. 182. Открытая объемная штамповка и чеканка.

Применяются два метода объемной холодной формовки:

- 1) в открытых штампах — с вытеснением излишка металла в виде заусенцев (фиг. 182);
- 2) в закрытых штампах — без образования заусенцев (фиг. 183).



Фиг. 183. Закрытая объемная штамповка.

Точность открытой формовки соответствует примерно 5—7-му классу точности по ГОСТ, а точность формовки в закрытых штампах зависит от допусков по толщине заготовки.

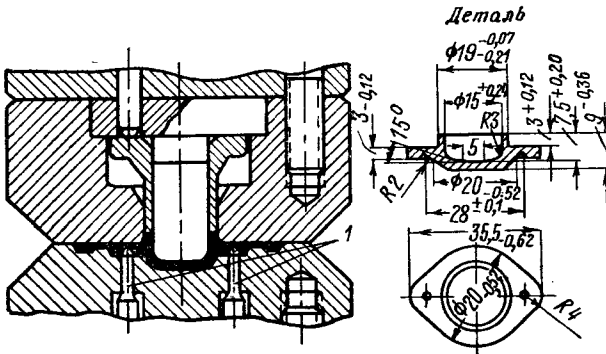
Первый способ подразделяется на штамповку деталей из штучных заготовок (фиг. 184) и на штамповку «цепочкой» непосредственно в полосе или проволоке (фиг. 185).

Штамповка цепочкой применяется для изготовления мелких, но точных деталей взамен малопроизводительного фрезерования, однако этот метод связан с большой потерей металла в отход (свыше 100% от веса готовых деталей).

При штамповке в закрытых штампах допустимая степень деформации выше, чем при штамповке в открытых штампах, так как ограничение и противодействие течению металла в поперечном направлении создают объемное напряженное состояние без растягивающих напряжений, что повышает пластичность металла.

Форма и размеры заготовок для объемной формовки должны быть выбраны с учетом наименьшего расхода и наилучшего течения металла при заполнении им рабочей полости штампа.

При штамповке в открытых штампах расчет размеров заготовки производится по равенству объемов заготовки и детали с заусенцами. Обычно



Фиг. 184. Объемная штамповка из штучных заготовок.

расчет размеров заготовки производят по различным сечениям детали, принимая сечение заусенцев равным 10—15% от сечения детали. Следовательно, сечение заготовки составляет

$$F_{\text{заг}} = (1,10 + 1,15) F_{\text{дет.}}$$

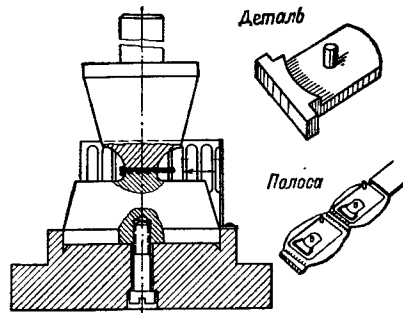
Средняя толщина заусенцев при холодной объемной формовке приведена в табл. 98.

В случае штамповки в закрытых штампах без образования заусенцев расчет размеров заготовки производится по равенству объемов заготовки и готовой детали.

Таблица 98

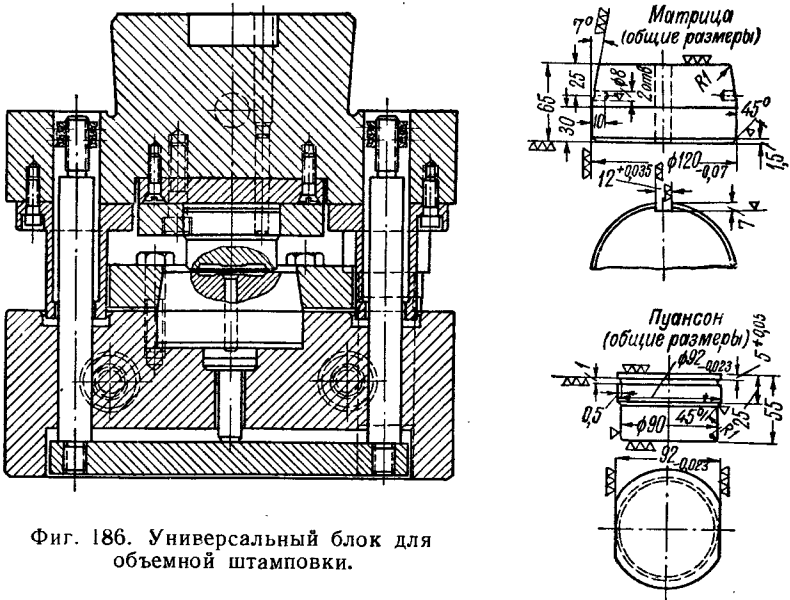
Толщина заусенцев при холодной объемной формовке в мм

Операция	Латунь, алюминий	Мягкая сталь
Первая формовка	0,5—0,8	0,7—1,0
Окончательная формовка	0,2—0,4	0,3—0,5

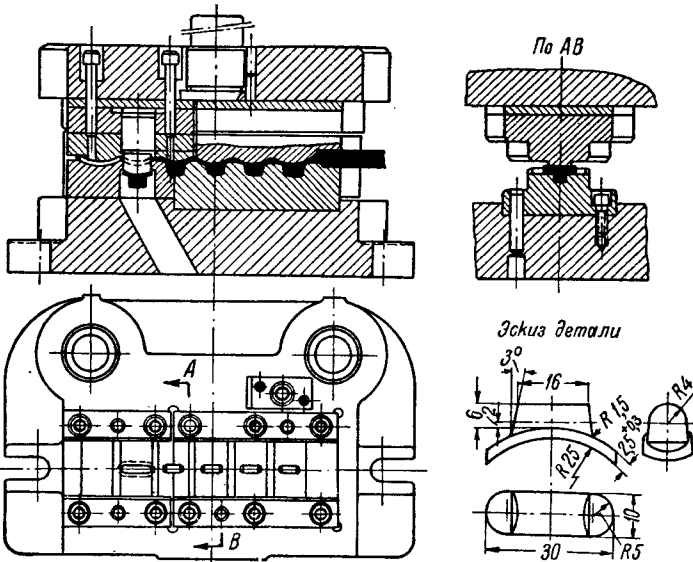


Фиг. 185. Объемная штамповка «цепочкой» в полосе.

Заготовки должны иметь чистую поверхность, для чего они предварительно подвергаются галтовке в барабанах или пескоструйной очистке, или травлению в 10—15-процентном растворе серной кислоты.



Фиг. 186. Универсальный блок для объемной штамповки.



Фиг. 187. Штамп для последовательной холодной объемной штамповки.

Штампы для холодной объемной формовки делаются весьма массивными для того, чтобы уменьшить упругую деформацию и обеспечить повышенную точность изделий.

На фиг. 186 изображен универсальный блок для объемной штамповки на колеснорычажном (чекапочном) прессе, предназначенный для установки сменных нормализованных пуансонов и матриц. Перестановка пуансонов и матриц производится без снятия блока с прессы.

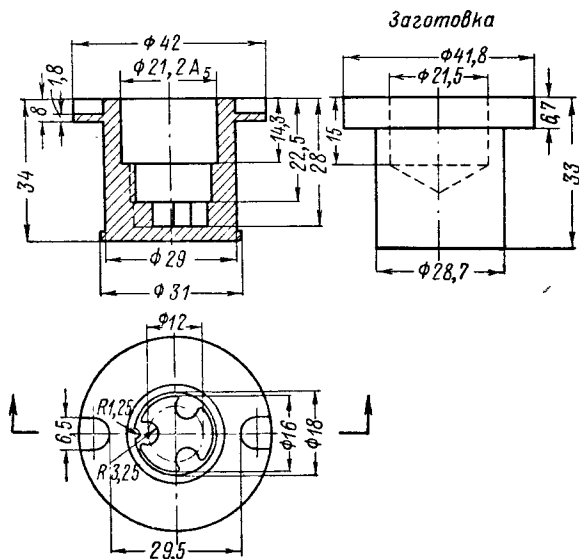


Фиг. 188. Примеры деталей, изготовленных закрытой объемной штамповкой.

Характерной особенностью универсального блока является устройство для принудительного выталкивания деталей, действующее от тяг в момент подъема ползуна к верхней мертвой точке.

На фиг. 187 представлен штамп для последовательной объемной формовки из прутка детали, изображенной на той же фигуре.

На фиг. 188 приведен пример объемной холодной формовки детали автомобильного спидометра в закрытом штампе на гидравлическом прессе.



Фиг. 189. Деталь, изготовленная закрытой объемной формовкой из точеной заготовки.

Заготовкой служит алюминиевая шайба, показанная слева. Штампованная деталь имеет тонкие высокие борты, центральное отверстие с втулкой и зубчатками мелкого модуля.

Холодная объемная формовка применяется не только для изготовления деталей из листовой заготовки, но также и из объемной заготовки, предварительно обработанной на станке.

Таблица 99

Удельное давление q при холодной объемной формовке в $кг/мм^2$

Материал	Способ штамповки	
	в открытых штампах	в закрытых штампах
Алюминий	80—120	100—150
Латунь Л68	120—160	160—200
Сталь 10—15	180—250	250—300

На фиг. 189 изображена объемная деталь с глубокой фигурной полостью, изготовленная методом закрытой объемной формовки из заготовки, полученной обработкой на револьверном станке.

Для холодной объемной формовки применяются чеканочные (калибровочные) прессы или кривошипные двустоенные прессы достаточной мощности.

Требуемое давление может быть определено по формулам (5 и 6) табл. 95 или по формуле

$$P = Fq \text{ кг,}$$

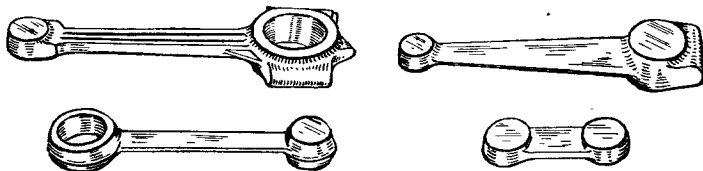
где F — поверхность детали в $мм^2$;

q — удельное давление, приведенное в табл. 99.

36. Калибровка

Операция калибровки предназначена для получения точных размеров и гладкой поверхности объемных деталей путем обжатия заготовок между плитами калибровочного штампа.

В настоящее время калибровка имеет широкое распространение в ряде отраслей промышленности при получении окончательных размеров, а иногда и формы поковок горячей штамповки взамен механической обработки.



Фиг. 190. Примеры плоскостной калибровки (по толщине).

Холодная калибровка поковок или других заготовок обеспечивает получение точности до $0,05 \text{ мм}$ и весьма высокую зеркально-гладкую чистоту поверхности, т. е. значительно выше, чем при чистовом шлифовании.

Существуют два вида калибровки:

1) плоскостная, при которой калибруются только отдельные плоскости и размеры по толщине детали;

2) объемная, при которой калибруются все поверхности и размеры детали с вытеснением избыточного материала в заусенец, удаляемый последующей зачисткой или обрезкой.

Иногда применяют комбинированные операции для выполнения сперва объемной, а затем плоскостной калибровки.

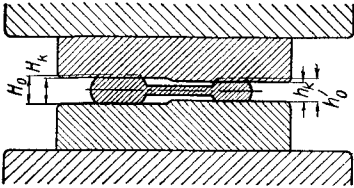
На фиг. 190 приведены примеры плоскостной калибровки головок шатунов и рычагов.

Степень осадки при плоскостной калибровке обычно составляет 5—10% от первоначальной толщины заготовки.

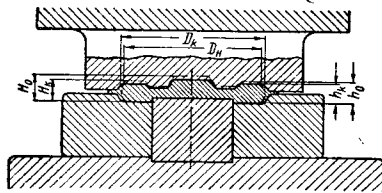
Недостатками плоскостной калибровки являются небольшое увеличение линейных размеров и некоторое искажение формы детали как следствие уменьшения толщины заготовки.

Кроме того, при калибровке плоскими плнтками торцевая поверхность изделия получает слегка выпуклую форму, являющуюся следствием упругой деформации инструмента.

На фиг. 191 изображена схема плоскостной калибровки, а на фиг 192 — объемной калибровки.



Фиг. 191. Схема плоскостной калибровки.



Фиг. 192. Схема объемной калибровки.

Точность и качество калибровки зависят от мощности и состояния пресса, качества и точности изготовления штампа, точности установки и наладки, величины и колебания припуска на калибровку.

В табл. 100 приведены допуски на размеры по высоте при калибровке [113].

Таблица 100

Допуски на размеры по высоте при калибровке

Горизонтальная проекция поверхности калибровки в с.м ²	Допуски в мм	
	при обычной точности калибровки	при повышенной точности калибровки
До 3	±0,10	±0,05
3 — 10	±0,15	±0,08
10 — 20	±0,20	±0,10
20 — 40	±0,25	±0,15

В табл. 101 даны допуски на горизонтальные размеры при плоскостной калибровке [113].

Так как сопротивление деформации в средней части калибруемой поверхности выше, чем по краям, то толщина детали после калибровки не одинакова, а именно — больше в середине детали.

Установлено, что образование выпуклости (мениска) на плоскокалибруемой поверхности происходит вследствие неравномерности распределении напряжений и упругой деформации штампа и изделия, которые увеличиваются по мере увеличения отношения $\frac{d}{h}$.

Поэтому для получения совершенно плоской калиброванной поверхности необходимо поверхность калибровочного штампа делать выпуклой в соответствии с ожидаемой величиной упругой деформации или, наоборот, применить заготовку с вогнутой поверхностью, или оба указанных способа.

Таблица 101

Допуски на горизонтальные размеры при плоскостной калибровке

Диаметр или ширина детали в мм	Отношение толщины детали к диаметру или ширине детали	Допуски в мм	
		при обычной точности	при повышенной точности
20 — 40	До 0,25 0,25—0,5 Свыше 0,5	+1,5—0,5 +1,2—0,5 +0,8—0,5	+1,0—0,3 +0,8—0,3 +0,5—0,3
40 — 75	До 0,25 0,25—0,5 Свыше 0,5	+2,0—0,5 +1,5—0,5 +1,0—0,5	+1,2—0,3 +1,0—0,3 +0,8—0,3

Приблизительная величина стрелы выпуклости при калибровке цилиндрических образцов может быть определена по формуле [97]

$$f = \frac{u}{10^5} (p - \sigma_s) \frac{D}{2},$$

где f — стрела выпуклости в мм;

u — коэффициент, равный 10—15 для образцов круглого сечения и 5—6 — для образцов кольцевого сечения;

p — удельное давление в кг/мм²;

D — наружный диаметр образца в мм.

Заготовки, подлежащие калибровке, должны иметь более жесткие припуски на калибровку, чем припуски на механическую обработку при горячей штамповке.

Одновременно требуется меньшее колебание величины припусков, а следовательно, более строгие допуски при горячей штамповке.

В табл. 102 и 103 приведены оптимальные значения припусков и допусков на размеры штампованных деталей, подлежащих калибровке [113].

Таблица 102

Припуски и допуски на размеры штампованных деталей (шестерни, диски, втулки и т. п.), подвергаемых калибровке, в мм

Диаметр детали	Толщина до 18 мм			Толщина 18—50 мм			Толщина 50—120 мм		
	припуск на калибровку		допуск на размер	припуск на калибровку		допуск на размер	припуск на калибровку		допуск на размер
	обычная точность	повышенная точность		обычная точность	повышенная точность		обычная точность	повышенная точность	
До 30	0,3	0,1	+0,4	—	—	—	—	—	—
30 — 50	0,4	0,2	+0,5	0,5	0,25	+0,5	—	—	—
50 — 80	0,5	0,25	+0,6	0,6	0,3	+0,6	0,8	0,4	+0,8
80 — 120	0,6	0,3	+0,8	0,8	0,4	+0,8	1,0	0,5	+1,0

Таблица 103

Припуски и допуски на размеры штампованных деталей (шатуны, рычаги, крошфейны и т. д.), подвергаемых калибровке, в мм

Длина детали	Толщина до 10 мм			Толщина 10—30 мм			Толщина 30—80 мм		
	припуск на калибровку		допуск на размер	припуск на калибровку		допуск на размер	припуск на калибровку		допуск на размер
	обычная точность	повышенная точность		обычная точность	повышенная точность		обычная точность	повышенная точность	
До 30	0,3	0,1	+0,4	0,4	0,2	+0,5	—	—	—
30 — 80	0,4	0,2	+0,5	0,5	0,25	+0,6	0,6	0,3	+0,8
80 — 120	0,5	0,25	+0,6	0,6	0,3	+0,8	0,8	0,4	+1,0
120 — 180	0,6	0,3	+0,8	0,8	0,4	+1,0	1,0	0,5	+1,2

Заготовки перед калибровкой должны быть тщательно очищены от окислы травлением, обкаткой в барабанах или очисткой в пескоструйных камерах.

Калибровочный штамп обычно состоит из верхнего и нижнего башмаков, верхней и нижней плит и калибрующих плиток (сухарей).

На фиг. 193 изображен калибровочный штамп для автомобильного рычага, состоящий из указанных деталей.

Калибрующие плитки изготавливают из стали У10А, Х12М или 5ХВС с термической обработкой на твердость 58—60 R_C и полируют до зеркального блеска.

Стойкость калибрующих плиток равна 5000—10 000 шт. до перешлифовки.

Производительность калибровки достигает 1000 шт. деталей в час при ручной подаче.

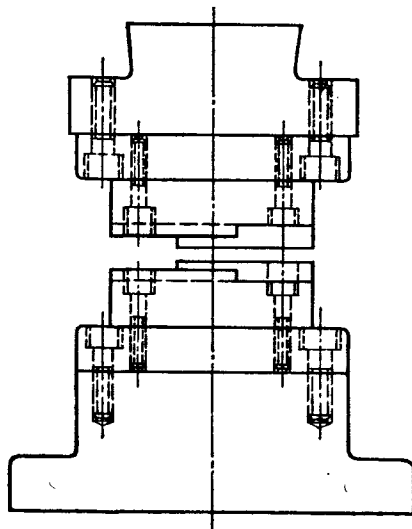
Требуемое усилие для калибровки может быть определено по формуле (7) табл. 95 или подсчитано по приближенной формуле

$$P = qF,$$

где F — калибруемая поверхность в $мм^2$;

q — удельное давление калибровки по табл. 104 [113].

Калибровка производится на калибровочных (чеканочных) прессах или на механических прессах, дающих большое давление.



Фиг. 193. Калибровочный штамп для автомобильного рычага.

Удельное давление q при калибровке

Материалы	Удельное давление в кг/мм ²	
	плоскостная калибровка	объемная калибровка
Алюминиевые сплавы	100—120	140—170
Сталь 10—15	130—160	180—220
Сталь 20—25	180—220	250—300
Сталь 35—45	250—300	300—350
Сталь жароупорная ЭИ69	250—300	300—350

37. Холодное выдавливание

Холодное выдавливание является операцией по изготовлению полых тонкостенных деталей или деталей меньшего поперечного сечения из толстой заготовки путем пластического истечения металла в зазор между пуансоном и матрицей.

Процесс холодного выдавливания заключается в следующем: заготовка, имеющая объем, равный объему детали с припуском на обрезку, помещается в гнездо матрицы; давлением пуансона металл приводится в весьма пластичное состояние и выдавливается в нижнее отверстие матрицы или в кольцевой зазор между пуансоном и матрицей.

Метод холодного выдавливания, применявшийся ранее только для изготовления тубиков из свинца и олова для красок и парфюмерии, в настоящее время широко применяется в электро- и радиотехнике для изготовления ряда полых и трубчатых тонкостенных деталей круглого, квадратного, прямоугольного и др. поперечного сечения, с большим отношением высоты к диаметру. До применения холодного выдавливания изготовление таких деталей требовало от 5 до 8 операций вытяжки с промежуточным отжигом, замененных теперь одной операцией. Применение холодного выдавливания дает снижение трудоемкости в 5—10 раз и уменьшение стоимости инструмента в 3 раза.

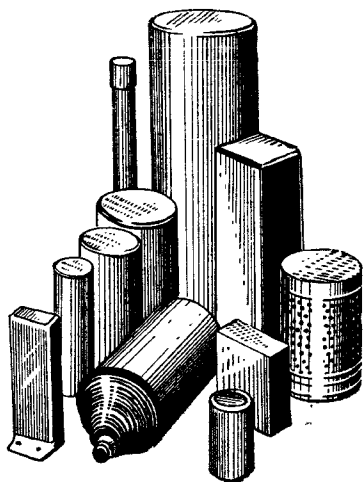
В настоящее время холодным выдавливанием изготавливаются детали из алюминия, меди, томпака, латуни и цинка (последний с нагревом до 200°); произведены также успешные опыты по выдавливанию стальных деталей. На фиг. 194 изображены цилиндрические и прямоугольные детали с плоским дном, полученные холодным выдавливанием; на фиг. 195 — детали с отростками и выступами в дне.

Существуют три способа холодного выдавливания (фиг. 196):

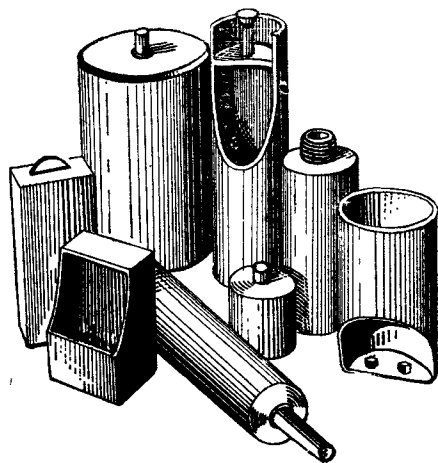
- 1) прямой способ, когда течение металла направлено в сторону рабочего движения пуансона (фиг. 196, I);
- 2) обратный способ, когда течение металла направлено в обратную сторону рабочего хода пуансона (фиг. 196, II);
- 3) комбинированный способ, представляющий сочетание прямого и обратного способов (фиг. 196, III).

По прямому способу обычно изготавливают гильзы и трубки небольшого диаметра.

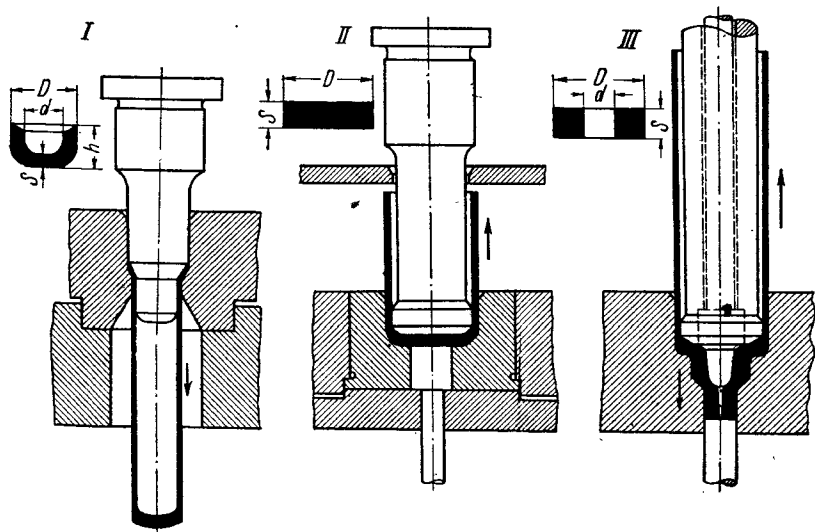
Для изготовления гильз с доннышком прямым способом заготовка должна быть или в виде диска, или лучше в виде толстостенного колпачка. Оставшийся фланец обрезается в том же штампе под другим обрезным пуансоном (фиг. 197), для чего применяются поворотные или передвижные пуансоны.



Фиг. 194. Полые изделия, полученные холодным выдавливанием.



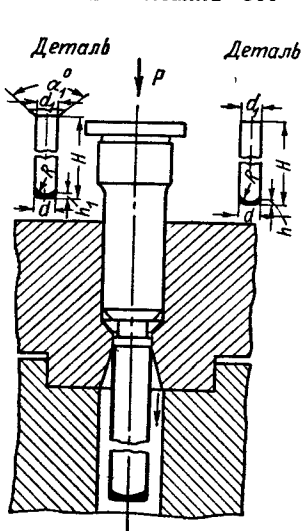
Фиг. 195. Полые изделия с отрясками, полученные холодным выдавливанием.



Фиг. 196. Способы холодного выдавливания.

Прямой способ холодного выдавливания требует меньшего давления пресса, так как сопротивление деформированию при этом способе меньше, что позволяет работать с большим числом ходов пресса (до 90—120 ходов в минуту).

Процесс прямого холодного выдавливания происходит почти мгновенно, за $\frac{1}{20}$ — $\frac{1}{40}$ секунды со скоростью истечения металла 500—700 м/мин.



Фиг. 197. Схема обрезки фланца после прямого выдавливания.

Отношение толщины стенок готовой детали к толщине заготовки составляет от 1:4 до 1:25, что дает степень деформации от 75 до 96%.

В табл. 105 приведены размеры и точность деталей, изготовляемых прямым способом холодного выдавливания [123].

Обратный способ холодного выдавливания применяется для изготовления цилиндрических и призматических полых изделий диаметром до 100 мм, толщиной стенок от 1,5 до 0,08 мм и высотой до 300 мм при отношении высоты к диаметру до 8:1.

В табл. 106 даны размеры и точность деталей, изготовляемых обратным способом холодного выдавливания [123].

Сопротивление деформированию при обратном методе холодного выдавливания значительно выше, чем при прямом способе, вследствие чего требуются более мощные прессы. С уменьшением толщины стенок требуемое давление увеличивается.

Торец пуансона при данном способе делается с небольшим скосом и не полируется, а намеренно делается шероховатым, чтобы трением задерживать наружный окисленный слой металла.

Отштампованная деталь остается на пуансоне и снимается с него съемником или сдувается сжатым воздухом.

В большинстве случаев работа производится с автоматической подачей заготовок.

Комбинированный способ холодного выдавливания применяется для изготовления деталей более сложной формы с фигурным дном, имеющим отrostки, выступы и шипы, а также с дном, расположенным внутри гильзы (фиг. 195).

На фиг. 198 изображен штамп для холодного выдавливания обратным методом. Штамп имеет следующие особенности: пуансон — быстросменный — закрепляется при помощи цангового зажима; матрица сделана составной с горизонтальной плоскостью разъема; съемник сделан подвижным пружинным для удобства съема высоких деталей (не увеличивая длины пуансона).

На фиг. 199 приведен универсальный блок с направляющими колонками для установки сменных пуансонов и матриц для обратного выдавливания.

На фиг. 200 представлена конструкция рабочих частей штампов для холодного выдавливания цилиндрических деталей.

На фиг. 201 изображена конструкция составной матрицы и пуансона для обратного выдавливания прямоугольных изделий.

Как показал опыт, цельная матрица (фиг. 201, а) имеет недостаточную стойкость и прочность.

У донного закругления происходит сильный износ с образованием поднутрения, а вслед за тем и трещины. Составная матрица (фиг. 201, б) более стойка и более проста в изготовлении и термообработке.

Таблица 105

Размеры деталей, изготовляемых прямым способом холодного выдавливания, в мм

Наименование	Свинец, олово, цинк, алюминий		Дуралюмин, медь, латунь		Точность изготовления в мм
	от	до	от	до	
Диаметр (цилиндрические детали)	3	100	5	100	$\pm (0,03-0,05)$
Сечение (прямоугольные детали)	2×4	70×80	3×5	70×80	$\pm (0,03-0,05)$
Толщина стенок	0,05	0,1 и больше	0,3 (латунь) 0,5 (медь)	1,0 и больше	$\pm (0,03-0,075)$
Толщина фланца	0,2-0,3	0,5 и больше	Равна толщине стенки	Больше толщины стенки 40	$\pm (0,05-1,0)$
Длина детали	5*	60*	3*		$\pm (1-5)$

* Величины диаметра или наименьшей стороны прямоугольника

Таблица 106

Размеры деталей, изготовляемых обратным способом холодного выдавливания, в мм

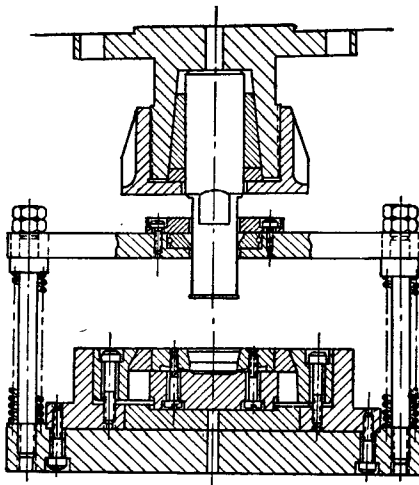
Наименование	Свинец, олово, цинк, алюминий		Дуралюмин, медь, латунь		Точность изготовления в мм
	от	до	от	до	
Диаметр (цилиндрические детали)	8	80-100	10	30-40	$\pm (0,03-0,05)$
Сечение (прямоугольные детали)	5×7	70×80	6×9	20×40	$\pm (0,03-0,05)$
Толщина стенок	0,08	0,23 и больше	0,5 (медь) 1,0 (латунь)	1,0 и больше	$\pm (0,03-0,075)$
Толщина основания	0,25-0,3	0,5 и больше	Равна толщине стенки	Больше толщины стенки	$\pm (0,10-0,2)$
Отношение длины детали к диаметру	3:1	10:1 (свинец) 8:1 (алюминий)	3:1	5:1	$\pm (1-3)$

На фиг. 202 приведена конструкция штампа для прямого выдавливания трубок с последующей обрезкой фланца.

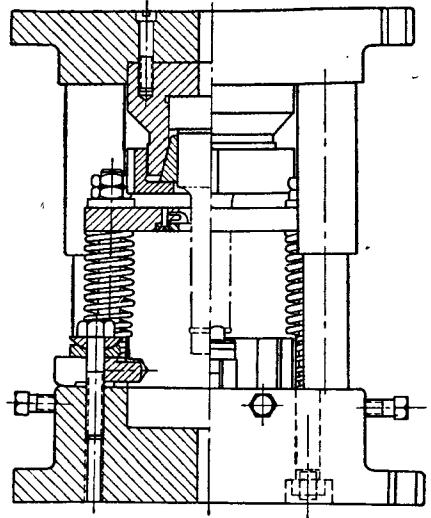
Пуансонодержатель, удерживающий выдавливающий и обрезной пуансоны, сделан передвижным и позволяет включить в работу сначала первый, а затем второй пуансон.

Холодное выдавливание стальных деталей пока еще находится в стадии экспериментирования и начала внедрения в производство [97, 167].

Опыты показали, что в условиях объемного сжатия сталь обладает высокой пластичностью в холодном состоянии и может применяться в процессах

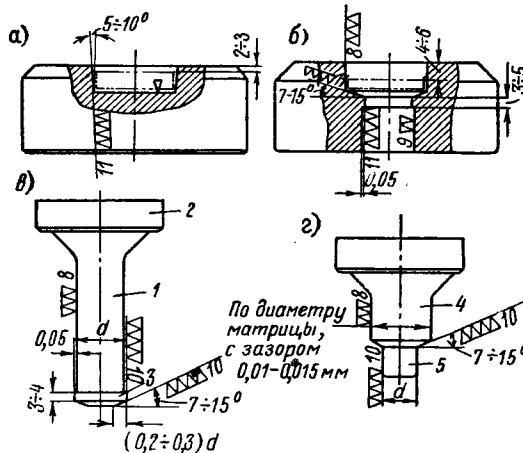


Фиг. 198. Штмп для холодного выдавливания обратным способом.



Фиг. 199. Универсальный блок для штампов холодного выдавливания.

холодного выдавливания. Серьезным препятствием является высокое сопротивление деформированию, требующее большого удельного давления.



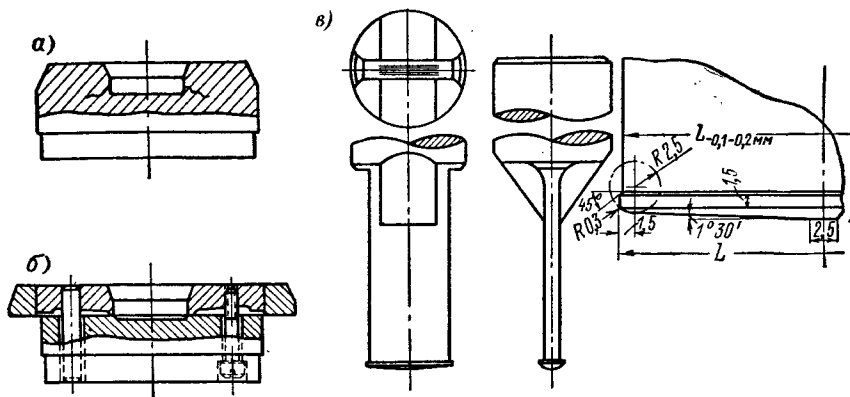
Фиг. 200. Рабочие части штампов для холодного выдавливания:

а и в — обратным способом; б и г — прямым способом.

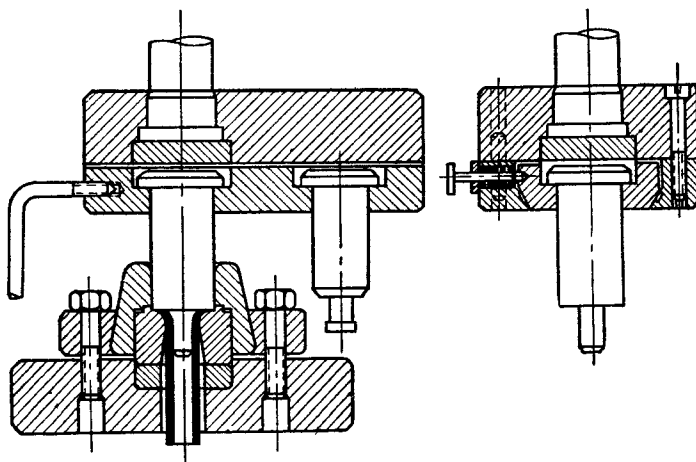
При холодном выдавливании латунных, а тем более стальных деталей наибольшими затруднениями являются быстрый и сильный нагрев и недостаточная прочность инструмента. Сталь марок У10 и Х12М, применяемая

для изготовления матриц и пуансонов при холодном выдавливании алюминия, оказалась непригодной для выдавливания латуни и стали.

В этом случае пуансоны лучше изготавливать из быстрорежущей стали или ее заменителей, обладающих после закалки и отпуска большой твердостью и высокой красностойкостью (до 600°).



Фиг. 201. Конструкция составной матрицы и пуансона для холодного выдавливания прямоугольных деталей.

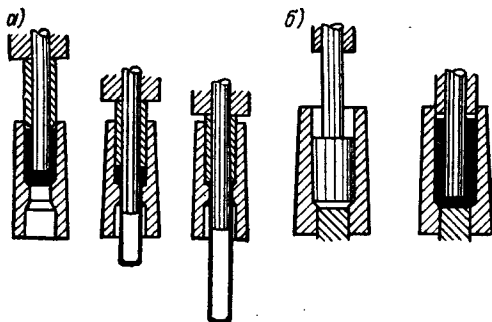


Фиг. 202. Штмп для прямого выдавливания трубок и обрезки фланца.

Заслуживает внимания применение для холодного выдавливания стали матриц, выполненных в виде высоких сменных, сравнительно тонких втулок, имеющих наружный конус в 1° (фиг. 203).

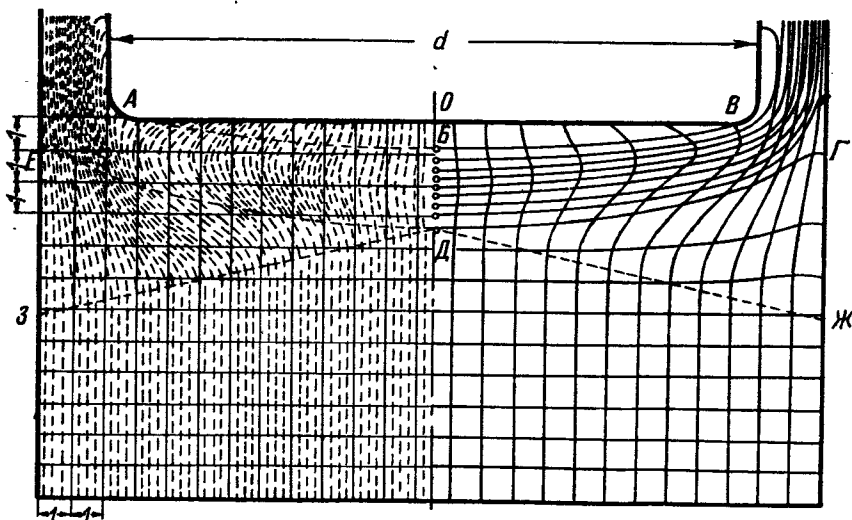
Увеличение прочности матриц достигается запрессовкой их в промежуточное стальное кольцо, которое, в свою очередь, впрессовывается в наружную обойму. В результате этого в матрицах создаются сжимающие напряжения, компенсирующие растягивающие напряжения, возникающие в процессе выдавливания.

Для холодного выдавливания стальных деталей пуансоны обычно делаются не цельными, а составными, с направлением в верхней части втулки. Давящая обойма пуансона должна получить направление еще до соприкосновения с заготовкой.



Фиг. 203. Сменные запрессовываемые матрицы для холодного выдавливания стальных изделий.

Характер течения металла при холодном выдавливании обратным методом исследован с помощью делительной сетки, нанесенной на плоскость разреза составной заготовки (фиг. 204), и металлографическим анализом [97].

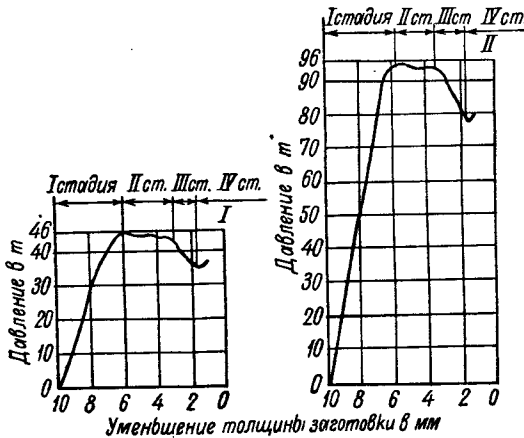


Фиг. 204. Деформация делительной сетки при холодном выдавливании.

В результате анализа искажения делительной сетки (фиг. 204, справа) и направления волокон металла (фиг. 204, слева) установлено, что при холодном обратном выдавливании возникает очаг интенсивной деформации (между сферическими поверхностями $АВВ$ и $ЕДГ$), постепенно перемещающийся вниз и охватывающий новые слои заготовки. В расположенных ниже участ-

как ЕДЗ и ГДЖ интенсивность деформаций постепенно уменьшается, а начиная с поверхности ЗДЖ деформация почти отсутствует. Выдавливаемые вверх стенки по выходе из очага деформации практически не деформируются и перемещаются вверх вытесняемым снизу металлом.

Под самым торцом пуансона расположена слабо деформированная зона (ограниченная сферической поверхностью АВВ) в результате высокого гидростатического давления. Эта зона сильно наклепанного металла затормаживается трением о торцевую поверхность пуансона и перемещается вместе с ним вглубь заготовки.



Фиг. 205. Изменение давления при выдавливании обратным способом.

Для холодного выдавливания требуется высокое удельное давление и большая мощность пресса.

На фиг. 205 представлены кривые изменения давлений при обратном выдавливании: I — для алюминия, II — для меди; $D = 20$ мм, $S = 2$ мм.

Процесс выдавливания может быть разделен на четыре стадии: I — осадка заготовки до упора в стенки матрицы; II — уменьшение толщины заготовки на $\frac{2}{3}$ при постоянном усилии выдавливания; III — дальнейшее уменьшение толщины заготовки до толщины стенки с уменьшением усилия; IV — быстрый рост усилия при дальнейшем уменьшении толщины заготовки.

В настоящее время еще нет достаточно проверенных теоретических формул для определения усилий холодного выдавливания.

Усилие на установившейся стадии обратного выдавливания можно определить по приближенной формуле [134]

$$P = Fq = Fk_c \sigma_b \ln \frac{F}{F - F_n},$$

где F — площадь поперечного сечения заготовки;

F_n — площадь поперечного сечения пуансона;

k_c — коэффициент, имеющий следующие значения: для алюминия $k_c = 3,5-4$; для меди, латуни и малоуглеродистой стали $k_c = 2,5-3$.

На практике требуемое давление пресса подсчитывается по следующей формуле:

$$P = Fq,$$

где q — удельное давление, приведенное в табл. 107.

Так как удельное давление находится в обратной зависимости от толщины стенки, то наибольшие значения удельного давления (табл. 107) относятся к наименьшей толщине стенки и наоборот.

Таблица 107

Удельное давление q для холодного выдавливания

Материал	Прямой способ	Обратный способ
Алюминий . . .	40—60	80—120
Медь . . .	80—100	150—200
Латунь Л68 . .	100—130	200—250
Сталь 10—15 . .	120—180	250—350

Процесс холодного выдавливания, производимый на кривошипных или специальных прессах, характеризуется большой скоростью деформации и сопровождается значительным тепловым эффектом, повышающим пластичность металла.

Скорость истечения металла во столько раз больше скорости прессования, во сколько раз поперечное сечение детали меньше поперечного сечения заготовки.

При холодном выдавливании повышение скорости желательно, так как в результате теплового эффекта

повышается пластичность и снижается сопротивление деформации. Но это наблюдается лишь до некоторого предела, после которого ощутимого увеличения пластичности не происходит, так как уже достигнута почти предельная пластичность, а сопротивление деформированию увеличивается примерно пропорционально квадрату скорости деформации (истечения).

Экспериментально доказано, что течение металла в процессе холодного выдавливания происходит аналогично течению жидкости в соответствии с законами гидродинамики. При этом металл, как и жидкость, в местах изменения поперечного сечения и в углах образует зоны затрудненного и облегченного течений, имеющие различное сопротивление деформированию.

К заготовкам для холодного выдавливания предъявляются повышенные требования:

1) требуется чистота по химическому составу и однородность структуры материала заготовки. Для алюминия рекомендуется марка А 99,5%, твердость до 25 НВ;

2) желательна высокая чистота поверхности среза вырезанной заготовки. Заусенцы недопустимы.

Для обеспечения первого требования вырубленные заготовки обычно подвергают отжигу (с травлением, промывкой и сушкой). Для обеспечения чистоты поверхности среза производится вырубка штампом со снятой фаской на режущих кромках матрицы, а также рекомендуется вырезка заготовок пуансоном, размеры которого больше размеров матрицы. В производстве зарекомендовал себя трехрядный вырезной штамп, у которого пуансоны на 0,4—0,6 мм больше отверстия матрицы, вследствие чего вырезка происходит без захода пуансонов в матрицу. Остающаяся соединительная перемычка настолько слаба, что отламывается при ручной подаче полосы. При этом способе чистота поверхности среза соответствует 4-му классу.

Для удаления заусенцев и очистки поверхности заготовки обкатывают в барабане с древесными опилками, смоченными бензином. После просеивания опилок заготовки промываются в бензине или бензоле.

Для получения деталей с чистотой поверхности, равной 8-му классу, заготовки перед штамповкой необходимо равномерно смазывать путем погружения в смазку особого состава.

Диаметр заготовки берется на 0,1 мм меньше требуемого диаметра детали.

Толщина заготовки находится по формуле

$$S = \frac{V}{F_0},$$

где V — объем детали с припуском на обрезку;

F_0 — площадь заготовки (диск или кольцевая заготовка).

Величину припуска на обрезку неровных кромок принимают равной

$$\Delta h = (0,5 \div 0,8) \sqrt{h},$$

где h — высота детали по чертежу, причем наименьшее значение коэффициента берут для сравнительно низких, а наибольшее — для сравнительно высоких деталей.

Решающее значение для холодного выдавливания имеет выбор наилучшего типа смазки, выдерживающей высокие рабочие давления и не теряющей вязкости при нагреве.

Жидкие смазки выдерживают удельное давление примерно до 300 — 500 ат. При больших давлениях жидкие смазки сравнительно легко выдавливаются. В большинстве случаев обработки металлов давлением удельное давление на контактной поверхности значительно больше и примерно равно: при обычной вытяжке 10 кг/мм²; при волочении и протяжке 60 кг/мм²; при холодном выдавливании алюминия 100 кг/мм²; при холодном выдавливании стали 300 кг/мм².

Следовательно, смазка должна выдерживать удельное давление до 30 000 ат.

Экспериментально установлено, что наилучшей смазкой для стальных заготовок является фосфатирование поверхности заготовок с последующим пропитыванием мыльной эмульсией, что значительно снижает величину коэффициента трения.

Практически применяются следующие типы смазок при холодном выдавливании:

- 1) для алюминия — 20-процентный раствор животного жира в бензоле или смесь цилиндрического масла с воском в пропорции 1 : 1; расход 300 г на 15—16 м²;
- 2) для меди и латуни — животные жиры или графитная смазка в составе 5 частей отмученного графита и 2 части машинного масла (при 200°);
- 3) для цинка — животные жиры, ланолин и тальк;
- 4) для стали — фосфатирование поверхности путем погружения заготовок в кислые фосфатные растворы с последующим пропитыванием мыльной эмульсией.

Заготовки смазываются путем погружения, производимого двумя способами: а) в бачках, б) во вращающихся барабанах.

Слой смазки должен быть равномерным. В случае частично несмазанных мест заготовки неизбежен брак в виде обрывов и перекосов стенок.

Глава VII

ОСОБЫЕ ВИДЫ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ

38. Холодная пластическая сварка

Холодная пластическая сварка является новым методом, применяемым для соединения листовых деталей из различных цветных металлов и сплавов.

Холодная пластическая сварка основана на возникновении кристаллического сцепления между двумя соединяемыми листами при их сильной местной деформации в специальном штампе.

Местная деформация соединяемых листов заключается в их обжатии (сплющивании) свыше 60—70% первоначальной суммарной толщины между двумя встречными пуансонами.

В результате местной деформации происходит сильное выдавливание металла из-под пуансонов, трение его по поверхности скольжения и образование молекулярно-кристаллического соединения (схватывания) соединяемых листов.

Рассмотрение шлифа под микроскопом показывает, что при обжатии свыше 60% первоначальной толщины соединяемых листов никаких следов стыка не обнаруживается.

Физическая природа процесса холодной сварки еще недостаточно изучена. Существуют две гипотезы, объясняющие процесс холодной сварки (схватывания):

1 — как следствие интенсивной рекристаллизации сильно деформированного металла с образованием новых укрупненных зерен, общих для обоих сдавливаемых листов;

2 — как следствие сухого трения между выдавливаемыми слоями металла аналогично схватыванию и налипанию вязкого металла на поверхность вытяжного штампа при отсутствии смазки.

В действительности имеют место и то, и другое явления.

Вначале считали, что холодная пластическая сварка возможна лишь при полном удалении с поверхности соединяемых деталей пленки окиси алюминия (или других окислов).

Позднее было доказано [141], что это справедливо лишь при сварке гладкой поверхности листов, полученной при холодной прокатке, и не оправдывается в случае шероховатой — крацовой поверхности соединяемых мест, причем необходимо тщательно удалить с поверхности всякие следы жира и смазки.

Применяют химический и механический способы очистки поверхности. Наилучшие результаты показал механический способ очистки от окислов стальными проволочными кругами при окружной скорости порядка 900 м.м.

Шероховатая поверхность после крацовки увеличивает трение и облегчает соединение листов.

Способом холодной пластической сварки соединяются различные металлы: алюминий, медь, латунь, никель и др., требующие различной степени деформации (относительного уменьшения толщины).

Наименьшая величина деформации, необходимая для холодной пластической сварки, приведена в табл. 108 [196].

Таблица 108

Наименьшая величина деформации для холодной пластической сварки в %
(при прямоугольных пуансонах)

Соединяемые материалы	Алюминий	Медь	Никель	Латунь	Железо
Алюминий	58,3 отожженный 53 наклепанный	62	—	61	—
Медь	62	76,6	75,7	—	80,3
Никель	—	75,7	81 отожженный 75 наклепанный	—	—
Латунь	61	—	—	—	—
Железо	—	80,3	—	—	—

Для получения большей прочности соединения обычно производят вдавливание на большую глубину, при более высокой степени деформации, чем указано в табл. 108.

Ослабление сечения в месте сварки частично компенсируется упрочнением металла.

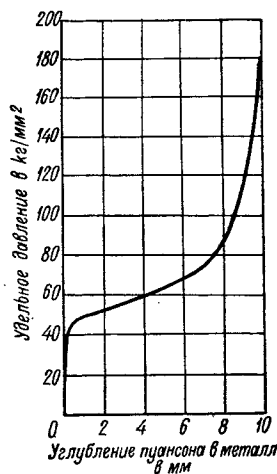
Испытание образцов, соединенных холодной пластической сваркой, показало, что они хорошо работают на срез, но недостаточно прочны на отрыв, давая обрыв вокруг «сварной точки». Опыты с высверливанием перемычки в месте вдавливания пуансонов показали, что металл соединяется не только под пуансоном, но и по кольцевому ободку вокруг него.

Удельное давление, необходимое для получения соединения, зависит от требуемой степени деформации.

На фиг. 206 приведено изменение удельного давления в зависимости от углубления пуансона в металл при холодной сварке алюминиевых образцов толщиной 10 мм [141].

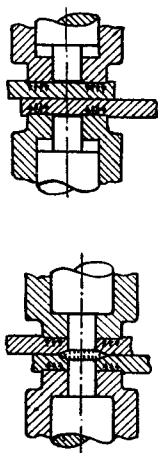
Из диаграммы видно, что при обычной степени деформации ~ 80% удельное давление при холодной пластической сварке алюминия составляет 85 кг/мм².

Применяются круглая и прямоугольная формы вдавливаемых пуансонов. Практически зарекомендовал себя способ холодной пластической сварки вдавливанием цилиндрических пуансонов с предварительным зажимом материала вокруг пуансона (фиг. 207) [141].

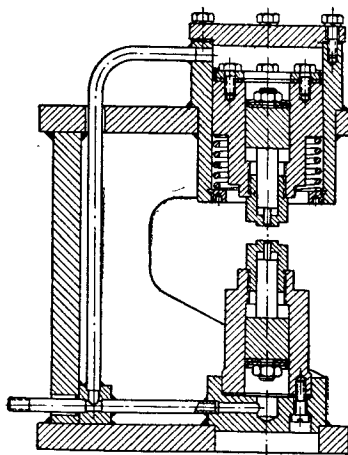


Фиг. 206. Изменение удельного давления при вдавливании пуансона в металл.

На фиг. 208 изображен специально сконструированный гидравлический пресс для холодной сварки вдавливанием круглых пуансонов [141], в котором использована разность площадей наружного прижимного и внутреннего рабочего плунжеров, в результате чего при включении насоса происходит вначале зажим материала, а затем вдавливание пуансонов.



Фиг. 207. Схема вдавливания с предварительным зажимом материала.



Фиг. 208. Гидравлический пресс для холодной пластической сварки.

Для увеличения производительности применяется метод холодной пластической сварки сразу несколькими пуансонами.

Практически применяется сварка при одностороннем вдавливании пуансонов, но на глубину, большую толщины материала. Кроме холодной пластической сварки отдельными точками, освоена шовная пластическая сварка при помощи вдавливаемых в металл вращающихся роликов, а также стыковая холодная пластическая сварка алюминиевых и медных прутков и проволоки.

39. Применение холодной штамповки для сборки

Холодная штамповка получила большое применение для сборки различных деталей. Наиболее широкое распространение штамповочные методы сборки имеют в электро- и радиотехнике, приборостроении, точной механике и при производстве изделий широкого потребления.

Основные типы соединений при помощи штамповки приведены на фиг. 4. Большинство из них дает прочное неразъемное соединение (склепка, холодная сварка, соединение «в замок», отбортовка, обжимка, полая высадка). Запрессовка и отгибка (шипов и лапок) являются разъемными соединениями.

На фиг. 209—216 показаны различные способы применения холодной штамповки для сборки деталей:

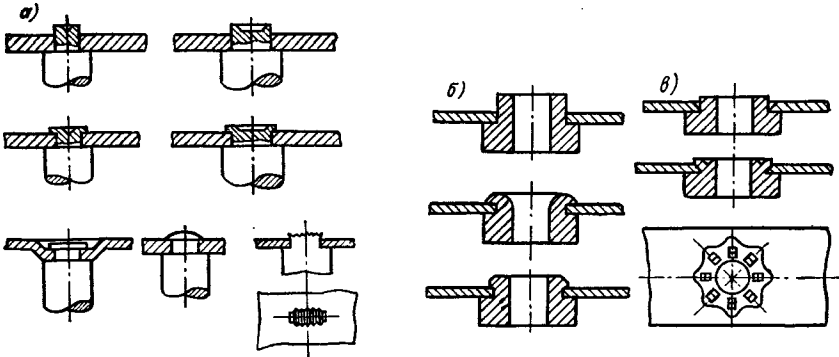
1) типовые способы соединения листовых деталей со стержнями и втулками путем расклепки головки стержня (фиг. 209, а), развальцовки втулки (фиг. 209, б) и раскернивания втулки (фиг. 209, в);

2) соединение путем обжимки штампованных деталей (фиг. 210);

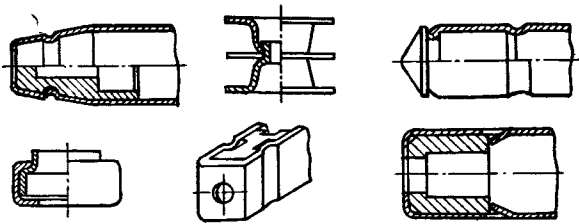
3) соединение металлических и неметаллических листовых деталей при помощи пустотелых заклепок (фиг. 211);

4) способ соединения листовых деталей посредством шипов, проходящих через прорези в данной детали с последующим поворотом шипов на некоторый угол (фиг. 212);

5) способы размерного соединения штампованных деталей посредством развальповки втулки (фиг. 213). Заданный размер H между соединяемыми деталями выдерживается при помощи распорной втулки (фиг. 213, а) или посредством надрезки и отгибки шипов изнутри втулки (фиг. 213, б);

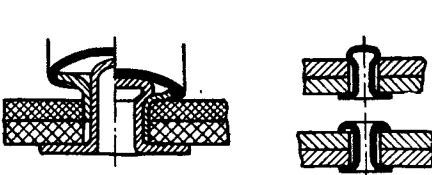


Фиг. 209. Различные способы соединения листовых деталей со стержнями и втулками.

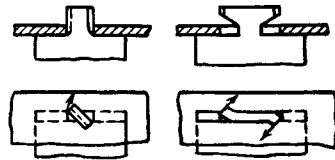


Фиг. 210. Способы соединения обжимкой штампованных деталей.

- 6) сборка деталей путем отгибки наружного борта (фиг. 214);
- 7) соединение деталей путем отгибки лапок (фиг. 215, а);



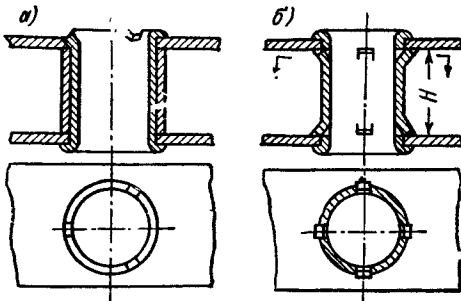
Фиг. 211. Способы соединения при помощи пустотелых заклепок.



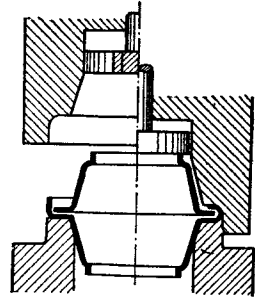
Фиг. 212. Соединение листовых деталей посредством поворачиваемых шипов.

8) двойное соединение — запрессовка оси и развальповка втулки зубчатого колеса в узлах заводных механизмов (фиг. 215, б);

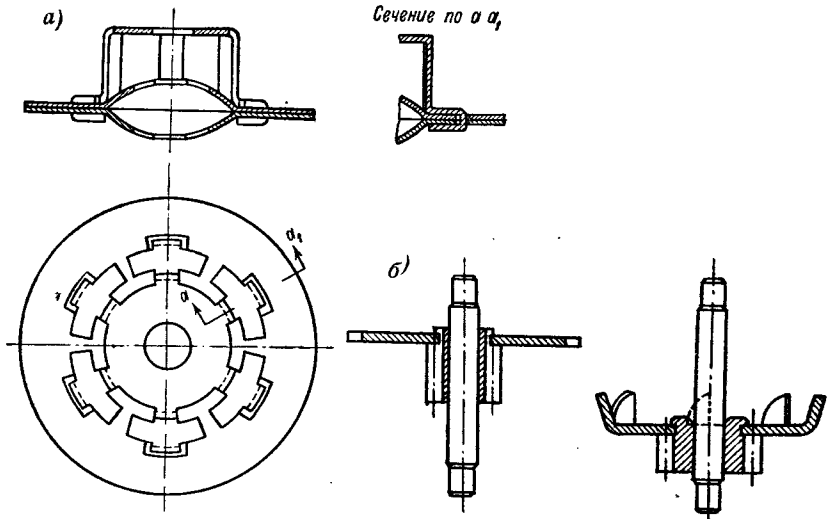
9) последовательность сборки колпачка с большим фланцем посредством высадки кольцевого буртика (фиг. 216).



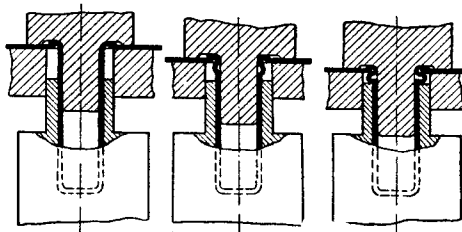
Фиг. 213. Два способа соединения штампованных деталей с заданным расстоянием между ними.



Фиг. 214. Сборка отгибкой борта.



Фиг. 215. Узлы заводных механизмов, собранные посредством штамповки.



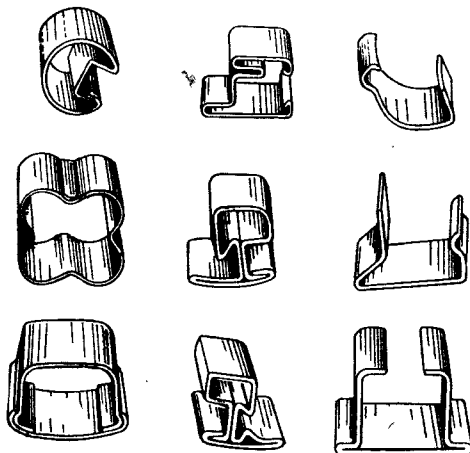
Фиг. 216. Последовательность высадки кольцевого буртика.

В массовом производстве штамповочные методы сборки в большинстве случаев выполняются на автоматических или полуавтоматических штампах [30].

40. Профилирование ленточного, полосового и листового металла

Профилирование металла технологически родственно операциям гибки, хотя и не принадлежит к чисто штамповочным операциям, а является особым способом производства. Этим способом изготавливаются тонкостенные, легкие по весу, но жесткие профили весьма сложной конфигурации и большой длины.

Профили небольших размеров из тонкого металла обычно изготавливаются путем профилирования ленты или полосы ¹. Широкие профили из тонкого



Фиг. 217. Типы закрытых, полузакрытых и открытых профилей.

листового или полосового металла изготавливаются на универсально-гибочных машинах. Крупные профили из толстого полосового или листового металла изготавливаются на специальных гибочных прессах.

Изготовление профилей из ленты или полосы производится на специальных многороликовых профилировочных машинах, выполняющих разнообразные профили закрытой, полузакрытой и открытой конфигураций (фиг. 217).

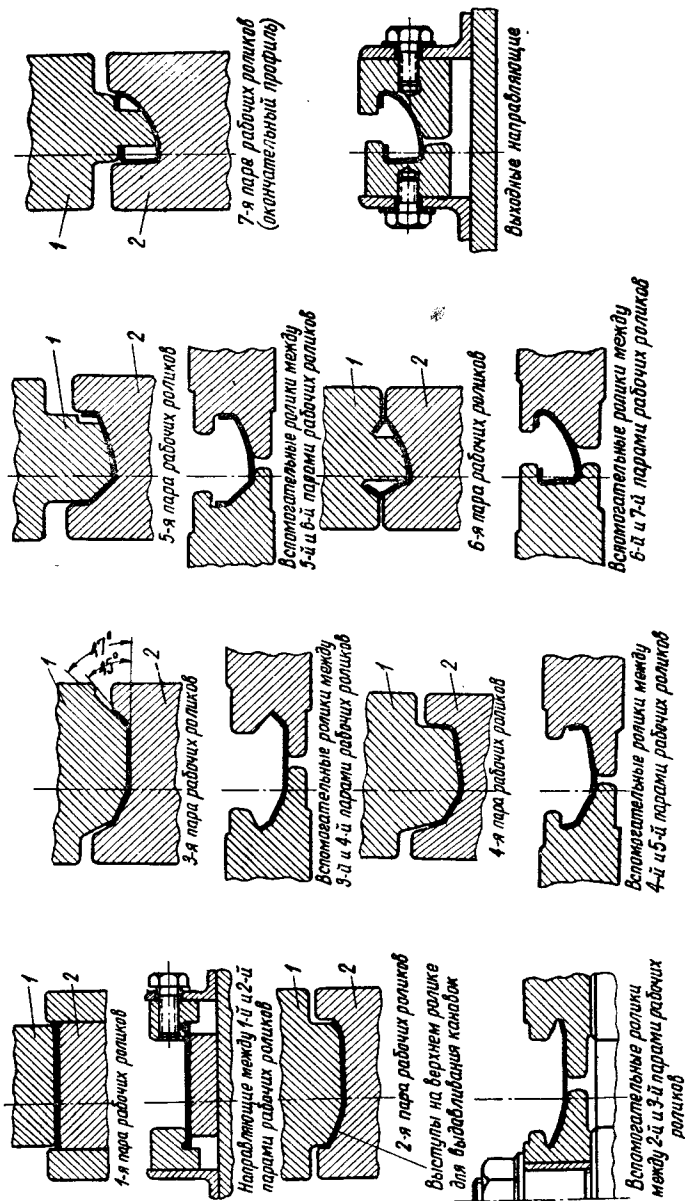
Процесс профилирования на роликовых машинах заключается в постепенном изменении плоской заготовки в форму требуемого профиля при последовательном прохождении полосы или ленты через несколько пар вращающихся фигурных роликов.

Количество пар роликов, необходимо для изготовления того или иного профиля, зависит от степени сложности его конфигурации.

Большинство профилировочных станков имеет основные и вспомогательные ролики. Основные ролики расположены горизонтально и служат для выполнения основной деформации сечения профиля. Вспомогательные (промежуточные) ролики расположены вертикально и служат для направления профиля между основными роликами, а также для дополнительных подгибов профиля (фиг. 218, а).

Последовательность изготовления различных профилей приведена в табл. 109.

¹ Изготовление несложных профилей можно также производить в штампах, длина которых меньше длины профиля.



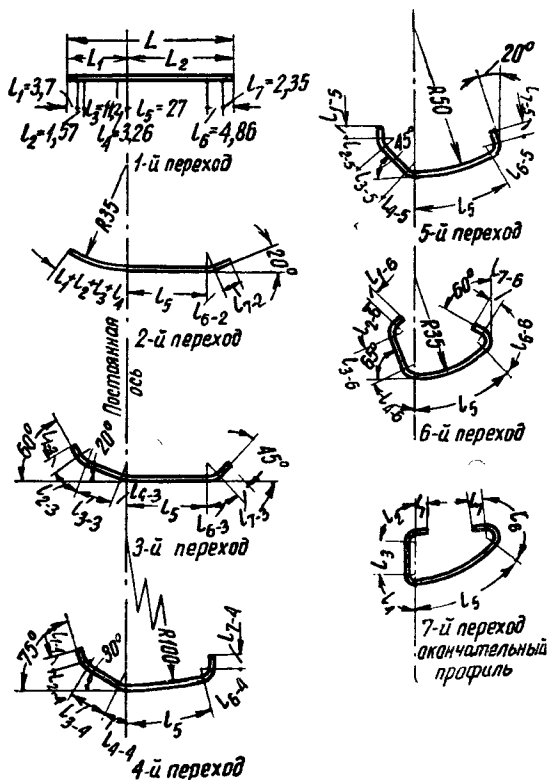
Фиг. 218а. Переходы и ролики для профилирования:

1 — верхний ролик; 2 — нижний ролик.

Требуемая ширина полосы определяется путем развертки сечения профиля, как в случае гибки, с учетом смещения нейтрального слоя.

При изготовлении профилей сложной замкнутой конфигурации с малыми радиусами закруглений необходимо учесть растяжение материала и увеличение ширины ленты, составляющее от 3 до 8% в зависимости от степени сложности профиля [66].

Расчетная ширина полосы проверяется и корректируется экспериментальным путем.



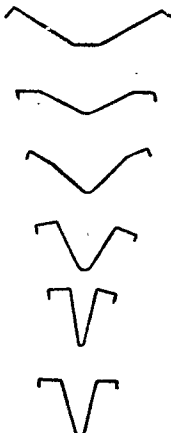
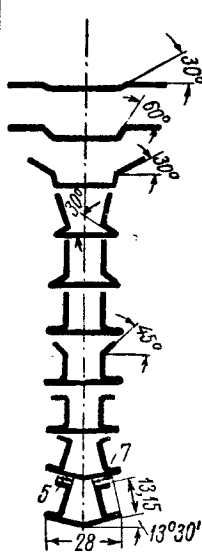
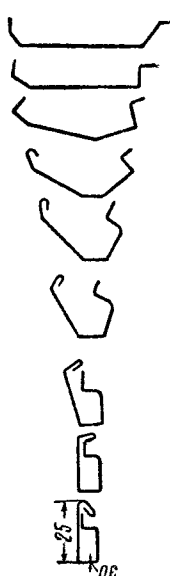
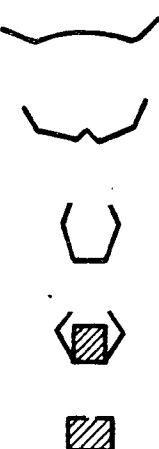
Фиг. 2186. Построение переходов для изготовления несимметричного полузамкнутого профиля.

Наиболее сложной задачей является построение профилей деформирующих роликов. Основные принципы построения переходов и методы профилирования роликов следующие [66] и [169]:

1. Профиль роликов должен производить равномерную и наиболее рациональную деформацию материала при наименьшем количестве переходов.
2. Построение и подсчет вертикальных и горизонтальных размеров профиля роликов следует производить от выбранной оси профиля, неизменной для всех переходов. Для симметричного профиля такой осью является ось симметрии.

3. Сечение профиля разбивается на отдельные участки и подсчитывается длина каждого участка. Суммарная длина участков, находящихся справа или слева от выбранной оси, должна оставаться постоянной для всех переходов (фиг. 218, б).

Типы профилей и последовательность их изготовления

Открытый	Полузакрытый	Закрытый пустотелый	Закрытый с наполнителем
			

4. Угол изгиба стенок профиля в каждой паре роликов не должен превышать $20-30^\circ$.

5. Угол поворота концевых закруглений профиля в одной паре роликов не должен превышать 45° .

6. Загиб вертикальных стенок должен выполняться отдельно от изгиба концевых закруглений.

7. Углы наклона профиля верхнего ролика рекомендуется делать на $1,5-2^\circ$ больше, чем нижнего.

8. Для облегчения перегиба материала при малом внутреннем радиусе изгиба, а также для наметки положений линии изгиба допускается предварительное выдавливание канавок на лите в внутренней стороны профиля.

Для этого на соответствующем ролике делаются выступы высотой $(0,3-0,4) S$.

9. Профиль последней пары деформирующих роликов должен учитывать величину упругой деформации.

10. Для предотвращения от осевого смещения ролики рекомендуется делать с бортами, охватывающими борта или выступы сопряженного ролика.

11. Для предотвращения от скручивания или искривления изготовляемого профиля после выхода из роликов устанавливаются выходные направляющие планки, выпрямляющие профиль.

На фиг. 2186 изображено построение переходов для изготовления несимметричного полузамкнутого профиля из материала толщиной $0,8 \text{ мм}$ [66].

Применение профилировочных роликовых машин в зависимости от толщины заготовок указано в табл. 110.

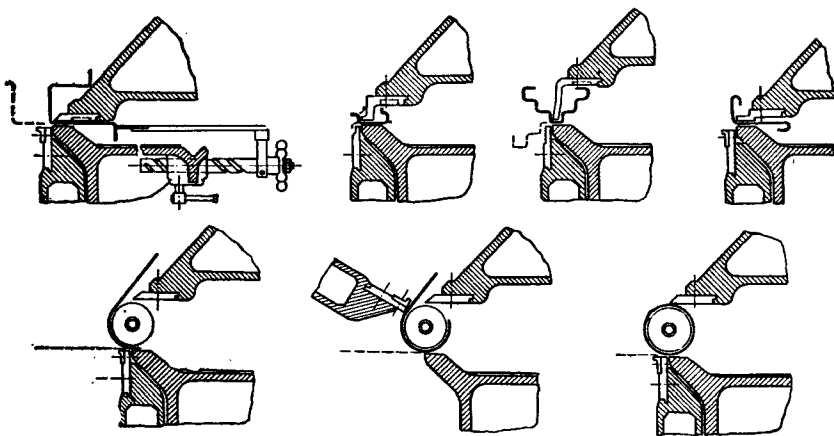
Таблица 110

Применение профилировочных роликовых машин

Машины	Материал	Размеры заготовок в мм		Машины	Материал	Размеры заготовок в мм	
		толщина	ширина			толщина	ширина
Легкого типа . .	Лента	0,3—0,8	До 50	Тяжелого типа .	Полосы	До 4,0	До 250
Среднего типа .	Лента	До 2,5	„ 150	Весьма тяжелого типа	Полосы	„ 10,0	„ 500

Для профилирования применяются главным образом холоднокатанные ленты из мягкой стали, нержавеющей стали и цветных металлов и сплавов.

Производительность профилировочных роликовых машин в зависимости от размеров и степени сложности профиля составляет от 15 до 75 м профиля в минуту.



Фиг. 219. Профилирование полосового материала на универсально-гибочных машинах.

Изготовление широких, но коротких профилей из тонкого полосового и листового материалов производится на универсально-гибочных машинах, позволяющих путем применения съемных линеек (шин) различной формы получать разнообразные как открытые, так и закрытые профили.

На фиг. 219 изображено изготовление на универсально-гибочной машине различных профилей открытого, полузакрытого и закрытого сечений.

В табл. 111 даны различные типы крупных профилей, изготавливаемых на специальных гибочных прессах, и типы применяемого инструмента.

Существуют гибочные прессы с максимальной длиной гибки до 5 м и давлением до 450 т.

В табл. 112 приведены минимальные радиусы закруглений гнутых профилей из плакированного дуралюмина (алкледа) [229].

В табл. 113 приведены допуски на размеры гнутых профилей из материала тех же марок.

Типы профилей и инструментов специальных гибочных прессов

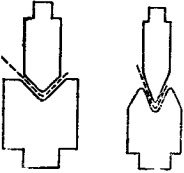
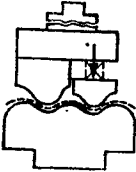
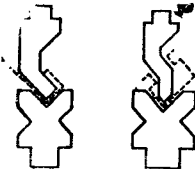
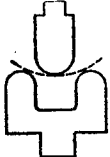

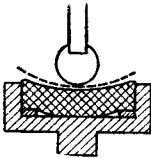
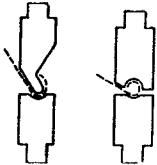
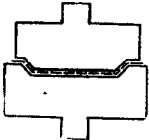
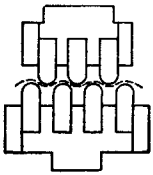
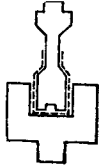
Тип профиля	Эскиз инструмента	Тип профиля	Эскиз инструмента
Угловой открытый		Крупногафрированный (с прижимом)	
Угловой полузакрытый		Криволинейный	
Угловой полузакрытый (с шарнирными пуансонами)		Криволинейный (с резиновой подушкой)	
Полукруглый		Открытый специальный	
Мелкогафрированный (без прижима)		Полузакрытый специальный	

Таблица 112

Минимальные радиусы загиба профилей из дуралюмина марок ДЗ, Д4 и Д16

Толщина материала в мм	0,3—0,6	0,7—0,8	1,0	1,2	1,5	1,8—2,0	2,5—3,0	4,0	5,0
Минимальный радиус загиба в мм	2	3	3,5	4	5	6	9	12	15
Примечание. Допуск на радиус составляет $\pm 10\%$.									

Таблица 113

Допуски на размеры гнутых профилей из дуралюмина марок ДЗ, Д4 и Д16

Габаритные размеры профилей в мм	До 10	10—20	20—35	35—45	45—55	55—65	65—80
Допуски на любой размер в мм	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,0$	$\pm 1,2$	$\pm 1,5$	$\pm 1,8$	$\pm 2,0$
Примечание. Допуск на края профиля составляет $\pm 1,0$ $-0,5$ мм.							

41. Гибка профилированных заготовок

Для изгиба профилей по требуемому контуру применяется один из следующих способов:

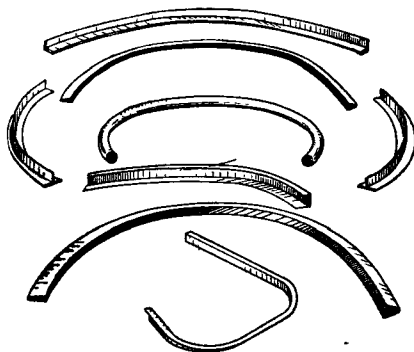
- 1) гибка деталей круглого контура в валках или роликах;
- 2) гибка профильного проката по радиусу на специальных гибочных прессах;
- 3) гибка профильного проката в штампах на горизонтально-гибочных машинах (бульдозерах);
- 4) гибка тонкостенных профилей по шаблонам и копирам на специальных профилегибочных станках.

Первые три способа общеизвестны и применяются главным образом в кузнечных и корпусных цехах. Четвертый способ является сравнительно новым, весьма оригинальным и применяется в штамповочных и заготовительных цехах автомобильных заводов.

В случае изгиба длинных тонкостенных профилей при малой кривизне (большом радиусе, фиг. 220) применяется способ изгиба по шаблонам с одновременным осевым растяжением профиля, производимым для устранения упругих деформаций и фиксации малой кривизны изгиба.

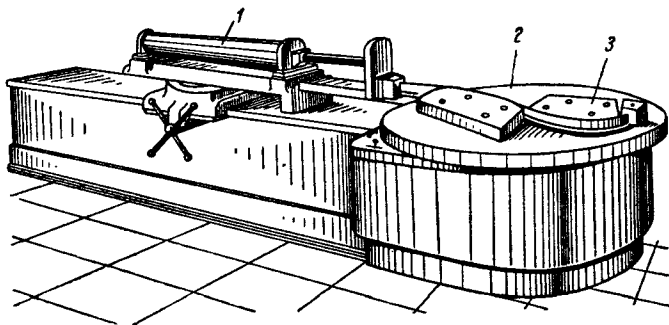
Изгиб осуществляется на специальном профилегибочном обтяжном станке (фиг. 221). Изгибаемый тонкостенный профиль одним концом закрепляется в зажиме шаблона (копира) 3, а вторым концом — в пневматическом зажиме поршневого штока гидравлического цилиндра 1. Изгиб происходит благодаря вращению стола 2 с шаблоном 3, причем изгибаемый профиль все время находится под растягивающим действием гидравлического устройства. Ввиду этого на изделии не образуется складок, так как вместо сжимающих напряжений во внутренних волокнах возникают растягивающие напряжения. Так как стол станка имеет реверсивное вращение, то, применяя переставные шаблоны, можно получить изгиб профилей по контуру двоякой кривизны.

Применение изгиба с одновременным растяжением необходимо при гибке под большими радиусами закруглений, так как в этом случае относительная деформация крайних волокон невелика и может находиться даже в пределах упругих деформаций, вследствие чего неизбежно упругое пружинение боль-



Фиг. 220. Примеры контурной гибки профилей.

шой величины. При изгибе же с одновременным растяжением деформации увеличиваются (при том же радиусе изгиба) и из упругой области переходят в пластическую; в связи с этим упругое пружинение имеет минимальную величину.

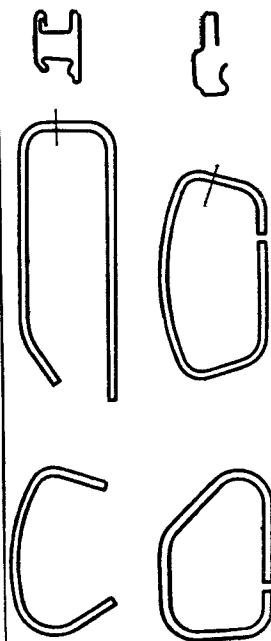


Фиг. 221. Профилегибочный обтяжной станок.

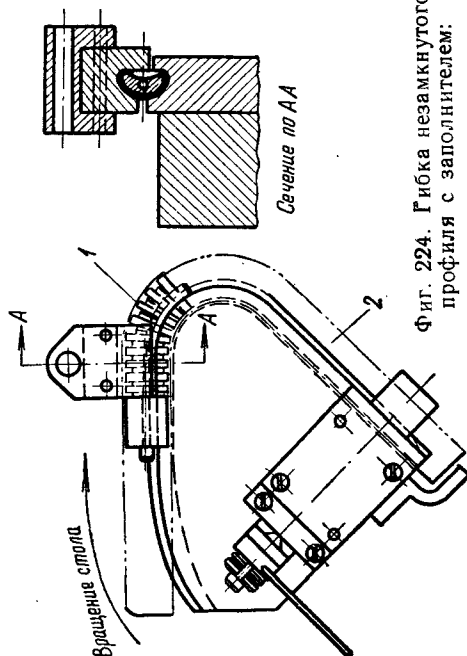
При изгибе тонкостенных профилированных заготовок полузамкнутого и замкнутого контуров с большой кривизной изгиба (фиг. 222) последний производится без растяжения на профилегибочных станках другого типа.

В данном случае применяются два типа станков: 1) с вращающимся столом и передвижной планшайбой, 2) с вращающимся столом и передвижной матрицей, снабженной внутренним зубчатым зацеплением [14].

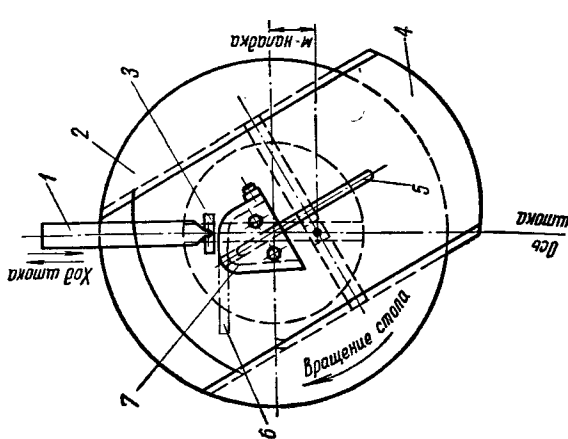
На фиг. 223 изображен вращающийся стол станка первого типа. Станок состоит из круглого вращающегося стола, планшайбы, перемещаемой особым устройством вдоль паза стола, и штока с прижимом на конце, приводимого в действие сжатым воздухом в пневматическом цилиндре.



Фиг. 222. Примеры деталей, полученных изгибом профилированных заготовок.



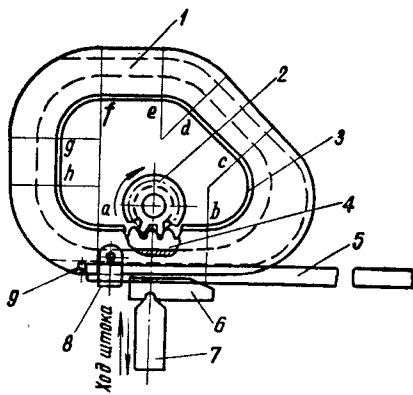
Фиг. 224. Гибка незамкнутого профиля с наполнителем:
1 — наполнитель; 2 — заготовка.



Фиг. 223. Схема профилировочного станка с вращающимся столом и передвижной планшайбой:

1 — шток; 2 — стол; 3 — прижим; 4 — планшайба; 5 — шпонка; 6 — заготовка; 7 — матрица.

Гибочная матрица (шаблон) крепится на планшайбе станка. Планшайба с установленным шаблоном во время работы станка получает сложное движение, состоящее из вращательного движения вместе со столом станка вокруг вертикальной оси и перемещения ее вдоль паза стола. Шаблон устанавливается на планшайбе таким образом, чтобы изгибаемая заготовка все время была прижата штоком к шаблону примерно с одинаковой силой и плавно огибала его конфигурацию.



Фиг. 225. Рабочие части профилигибочного станка второго типа:

- 1 — матрица; 2 — центральная шестерня станка; 3 — сектор внутреннего контура; 4 — рейка; 5 — заготовка; 6 — прижим; 7 — шток; 8 — зажим; 9 — упор.

(матрицы), приводимого в движение центральной шестерней станка через зубчатое зацепление внутреннего контура. Заготовка, закрепленная одним концом в зажиме матрицы, находится под давлением прижима, действующего от пневматического цилиндра, и плавно огибает контур матрицы при ее передвижении.

Вращение стола в данном случае периодически выключается.

42. Давильные и накатные работы

В некоторых случаях холодноштамповочные операции сочетаются с давальными или накатными операциями, выполняемыми на специальных станках при вращательном движении заготовки (детали), а в ряде случаев и деформирующего инструмента.

К числу таких операций относятся:

- 1) давальные работы, выполняемые на давольных станках;
- 2) отбортовочные, фланцеагибочные и кромкообрезные работы, выполняемые на специальных вертикальных двухшпиндельных отбортовочных станках или специальных автоматах;
- 3) накатные, кромкозагибочные и завивочные работы, выполняемые на накатных станках горизонтального типа (зигмашинах);
- 4) обрезные операции, выполняемые на специальных обрезных станках;
- 5) накатка резьбы на полых изделиях, выполняемая на специальных резьбонакатных станках, в ряде случаев в одной поточной линии с штамповочными автоматами;
- 6) закаточные работы (соединение двойным швом), выполняемые на специальных закаточных станках и автоматах.

Давильные работы применяются в мелкосерийном производстве, когда изготовление вытяжных штампов экономически невыгодно и длительно, а также при изготовлении пустотелых деталей выпукло-вогнутой конфигурации и т. п.

На давильных станках выполняют следующие операции: выдавливание пустотелых деталей, являющихся телами вращения; проглаживание поверхности деталей после ступенчатой вытяжки конических деталей; выдавливание узких горловин на цилиндрических заготовках, обрезка и завивка кромок и т. д.

Экспериментально установленные числа оборотов шпинделя давильных станков приведены в табл. 114.

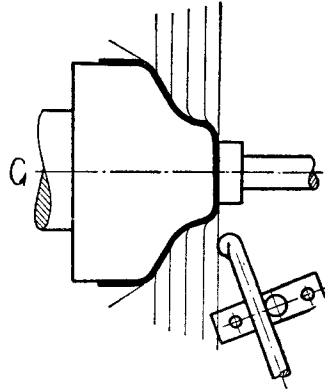
Поверхность выдавленных деталей обычно носит следы давильника и соответствует 6-му классу чистоты поверхности.

Таблица 114

Числа оборотов шпинделя давильных станков

Металл	Число оборотов шпинделя в минуту
Мягкая сталь	400—600
Алюминий	800—1200
Дуралюми	500—900
Медь	600—800
Латунь	800—1100

Примечание. Меньшие значения применяются для металлов толщиной более 1 мм.



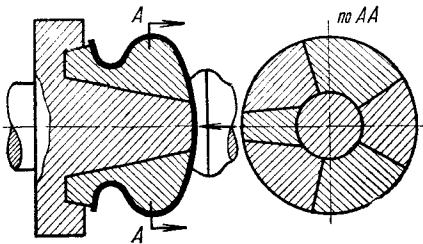
Фиг. 226. Последовательность выдавливания давильником с шаровой головкой.

Для получения более высокой чистоты поверхности по окончании выдавливания проходят по поверхности давильником-шабером, снимая тонкую стружку (0,05—0,1 мм).

Точность выдавленных деталей обычно находится в пределах 0,001—0,002 их диаметра.

На фиг. 226 показана последовательность выдавливания простым давильником с шаровой головкой, а на фиг. 227 — способ выдавливания детали выпукло-вогнутой конфигурации при помощи составного секционного патрона.

На фиг. 228 приведены различные типы давильных работ: а) наружное выдавливание по патрону дисковым роликом; б) обрезка неровного фланца и закатка кромки; в) выпуклое выдавливание изнутри по наружному ролику; г) вогнутое выдавливание горловины по внутреннему ролику.

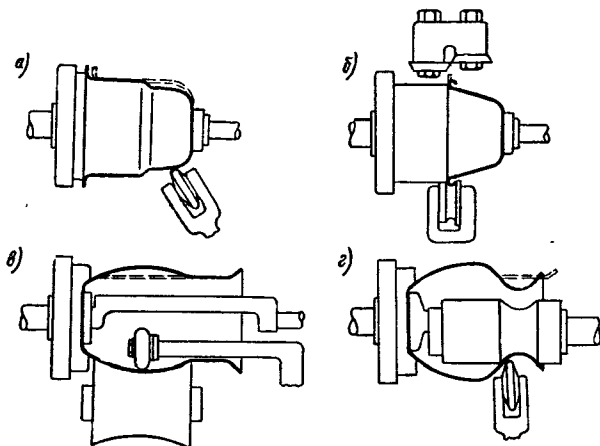


Фиг. 227. Выдавливание при помощи составного патрона.

При выдавливании на давильных станках металл детали значительно сильнее утоняется и наклепывается, чем при вытяжке на прессах, поэтому металлы, выдавливаемые за несколько операций, обычно подвергаются промежуточному отжигу.

На фиг. 229 изображен один из способов работы на отбортовочном вертикальном двухшпиндельном станке, а на фиг. 230 — отгибка борта крупной детали на специальной роликовой машине с наклонными роликами.

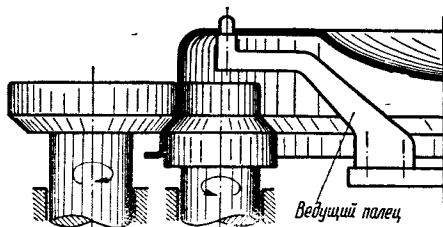
Накатные и кромкозагибочные станки (зигмашины) применяются, главным образом, в жестяничном производстве для накатки всевозможных буртиков, уступов, отгибки кромок и т. п.



Фиг. 228. Различные виды давящих работ.

а — наружное выдавливание по патрону дисковым роликом;
б — обрезка неровного фланца и закатка кромки; *в* — выпуклое выдавливание изнутри по наружному ролику; *г* — вогнутое выдавливание горловины по внутреннему ролику.

На фиг. 231 приведен комплект роликов для накатного станка, а на фиг. 232 — сложные профили, накатываемые при помощи специальных роликов.

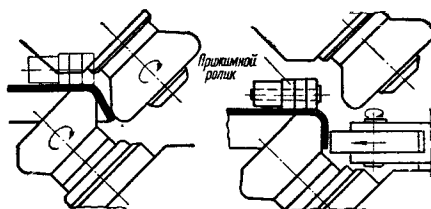


Фиг. 229. Пример работы, выполняемой на отбортовочном станке.

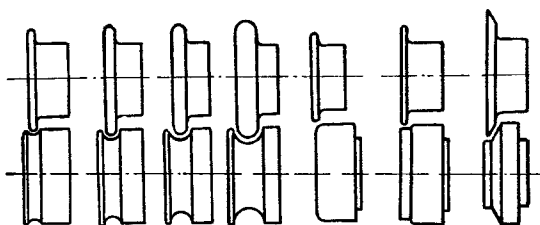
На фиг. 233 показан способ соединения дна с корпусом посредством закатки двойного шва на простых накатных станках.

На фиг. 234 показаны способы обрезки неровного края вытянутых цилиндрических деталей на накатных и специальных обрезных станках: на фиг. 234, *а* — с закреплением разжимной оправкой, а на фиг. 234, *б* — с торцевым прижимом обрезаемой детали.

Накатка (выдавливание) резьбы на полых изделиях получила широкое распространение как метод соединения штампованных деталей в различных штампованных конструкциях.



Фиг. 230. Отгибка борта на роликовой машине.

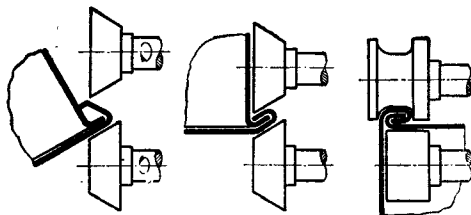


Фиг. 231. Комплект роликов для накатного станка.

В настоящее время накатка резьбы на полых изделиях применяется в основном в электротехнической промышленности — для накатки так назы-

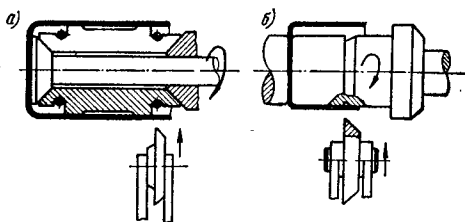


Фиг. 232. Сложные профили, накатываемые при помощи специальных роликов.

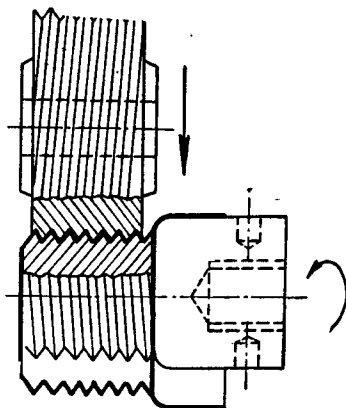


Фиг. 233 Соединение посредством закатки шва на простых накатных станках.

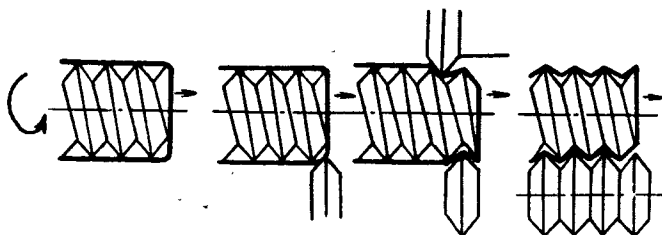
ваемой электротехнической резьбы и в производстве предметов широкого потребления (керосновых ламп, фонарей, банок и т. п.) — для накатки мелкой соединительной резьбы.



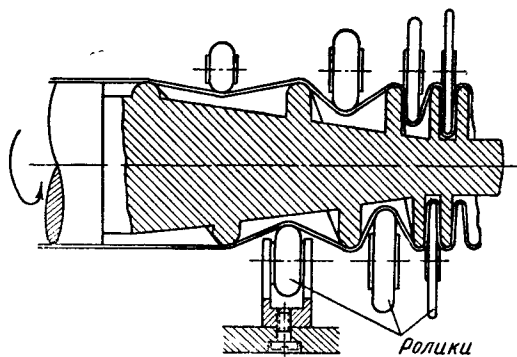
Фиг. 234. Обрезка края на накатных станках.



Фиг. 235. Накатка (выдавливание) резьбы при помощи патрона и ролика.



Фиг. 236. Накатка при помощи метчика и накатных роликов.



Фиг. 237. Накатка гофрированных труб при помощи шнека и патрона с роликами.

Первый тип резьбы применяется для диаметров 10, 14, 27, 33 и 40 мм и имеет крупный шаг резьбы: 1,8; 2,8; 3,6; 4,2 и 6,3 мм.

Второй тип резьбы применяется для изделий диаметром до 100 мм из тонкого листового металла (0,24—0,35 мм) и имеет мелкий шаг резьбы (от 1 до 1,5 мм).

Существуют три способа накатки (выдавливания) резьбы на полых изделиях [10]:

1) накатка при помощи патрона и ролика сразу по всей длине резьбы (фиг. 235);

2) накатка посредством метчика и накаточных роликов (фиг. 236);

3) накатка гофрированных труб при помощи шнека и патрона с переменным шагом винтовой линии (фиг. 237).

Первый способ приводит к сильному утонению материала, а потому применяется только для накатки мелких резьб.

Диаметр ролика может быть в 2, 3 или 4 раза больше диаметра патрона, вследствие чего число оборотов ролика должно быть в столько же раз меньше, а резьба на ролике делается двух-, трех- или четырехзаходной, для того чтобы углы наката винтовой линии остались одинаковыми. Для облегчения снятия детали патрон делается меньшего диаметра.

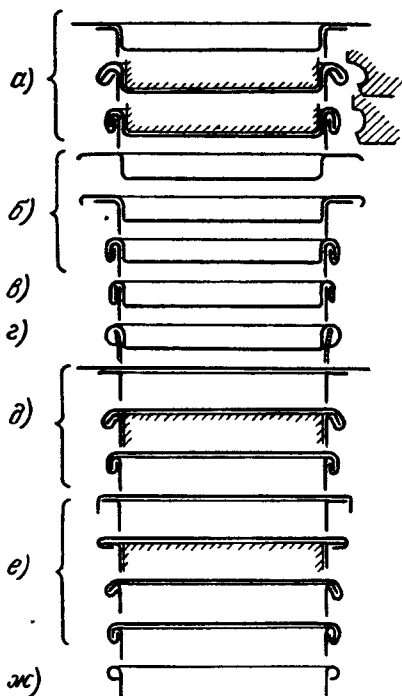
При втором способе метчик с надетой на него заготовкой имеет два движения — вращательное и поступательное.

Накатка осуществляется постепенно посредством вдавливания двух накатных роликов (фиг. 236). Снятие детали происходит путем перемены вращения метчика с прямого на обратный ход и затормаживания (свинчивания) детали.

При третьем способе накатка происходит при одинаковом числе оборотов шнека и патрона с роликами, вращаемых в одну сторону. Заготовка при этом не вращается, а имеет поступательное движение (на фиг. 237 — слева направо). Заготовка должна быть накатана полностью, иначе ее нельзя снять со шнека.

Закатка соединительных швов применяется главным образом в жестяничном производстве и консервной промышленности для соединения двойным швом («в замок») доньшек и крышек с боковыми стенками сосудов, коробок и банок круглой, прямоугольной или овальной формы.

На фиг. 238 приведены наиболее распространенные типы закатки шва при соединении доньшек и крышек.



Фиг. 238. Различные способы соединения дна с крышкой.

ШТАМПОВКА НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

43. Основные виды неметаллических материалов, применяемых в холодной штамповке¹

Неметаллические материалы, применяемые в холодной штамповке, могут быть разделены на две основные группы: прокладочные и изоляционные.

К первой группе относятся следующие неметаллические материалы: бумага, картон, прессшпан, кожа, фетр, войлок, резина и прорезиненная ткань, хлопчатобумажные и шерстяные ткани и др.

К второй группе относятся электроизоляционные и теплоизоляционные материалы:

1. Слоистые пластмассы: текстолит, гетинакс, стеклотекстолит, асбо-текстолит, фибра, дельта-древесина листовая и др.

2. Блочные пластмассы (на основе эфиров, полистирола и т. п.); органическое стекло, целлулоид, винипласт, пластикат и др.

3. Асбестовые ткани и изделия: бумага асбестовая, картон асбестовый, гидронзол, паронит, асбометаллическое армированное полотно.

4. Слюда и миканиты: слюда листовая (мусковит, флагопит, бнотит), миканиты коллекторный, прокладочный, формовочный и гибкий.

Слоистые пластмассы представляют собой композиции из термореактивных смол и соответствующего наполнителя: у гетинакса — бумага, у текстолита — легкая хлопчатобумажная ткань, у стеклотекстолита — бесщелочная стекло-ткань, у асботекстолита — асбестовая ткань, у дельта-древесины — тонкий березовый шпон толщиной 0,25—0,55 мм.

Фибра представляет собой прессованную слоистую бумажную массу, обработанную раствором хлористого цинка с добавкой и в некоторых случаях (фибра КГФ) касторового масла и глицерина.

Блочные пластмассы (органическое стекло, винипласт, целлулоид) являются термoplastичными материалами, размягчающимися под действием тепла, и представляют собой или продукт полимеризации метилового эфира метакриновой кислоты (прозрачное органическое стекло), или нитроцеллюлозу, пластифицированную камфорой (целлулоид), или пластифицированный полихлорвинил (винипласт, пластикат).

Асбест представляет собой волокна минералов группы серпентина и амфибола, обладающие высокими диэлектрическими и теплоизоляционными свойствами.

Слюда представляет собой минерал (водный алюмосиликат щелочных и щелочно-земельных металлов), расщепляющийся на тонкие гибкие пластинки.

Наилучшими сортами слюды являются мусковит и флагопит.

Миканиты представляют собой щипаную слюду, проклеенную особыми лаками и спрессованную горячим прессованием.

¹ Подробные сведения о природе и свойствах неметаллических материалов приведены в специальной литературе [32, 230].

44. Резка и вырубка деталей из неметаллических материалов

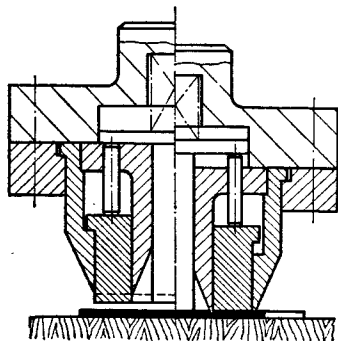
Из прокладочных неметаллических материалов — бумаги, картона и т. п., а также из тонколистовой фибры, текстолита и гетинакса вырезаются всевозможные детали и прокладки различной конфигурации.

Вырезка деталей простой конфигурации обычно производится ножевыми штампами (просечками, фиг. 239). Угол заострения ножей приимается равным: для мягких материалов (бумага, картон, прессшпан, кожа, фетр, резина, ткани) — $15-20^\circ$, а для фибры, текстолита и гетинакса — $30-35^\circ$.

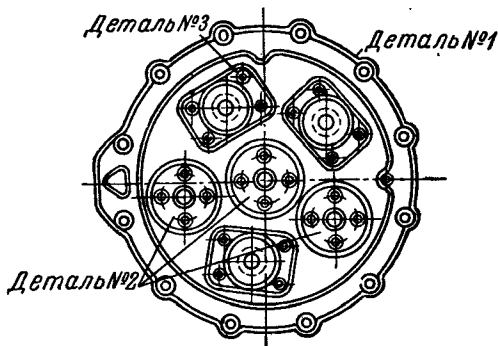
Для деталей и прокладок сложной конфигурации применяют ленточно-ножевые штампы, у которых режущее полотно сделано из ленточной стали, изогнутой по форме вырезаемой детали (фиг. 240). При вырезке бумажных и других тонколистовых прокладок применяется штамповка пачками (до 50 листов), причем существуют два способа [44]: 1) штамповка насквозь на фибровой или деревянной подкладке и 2) штамповка половины листов утолщенной пачки, причем вторая половина листов служит подкладкой.

На фиг. 241 изображены типовые асбестовые и бумажные прокладки для блока автомобиля, вырезаемые ленточно-ножевыми штампами.

Сопротивления срезу различных неметаллических материалов при вырезке в обычных штампах и просечке ножевыми штампами приведены в табл. 12 и 13 (стр. 36).



Фиг. 239. Вырезка (просечка) ножевым штампом.



Фиг. 240. Ленточно-ножевой штамп.

При вырезке неметаллических материалов обычными штампами принимают следующие величины зазоров:

Для фибры, текстолита, гетинакса и прессшпана $(0,04 \div 0,05)S$

Для кожи, фетра и мягкого картона $(0,02 \div 0,03) S$

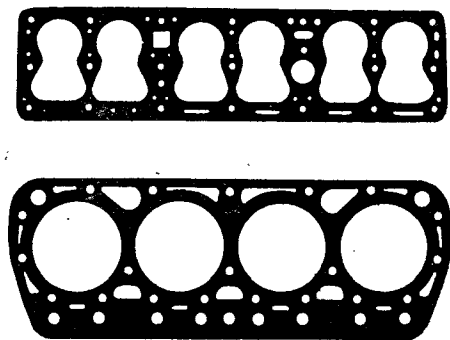
Вырезка фибровых, текстолитовых и гетинаксовых деталей имеет свои особенности [202].

Фибра штампруется сравнительно хорошо в равномерно увлажненном состоянии. Пересушенная фибра дает расслоения. Следует учитывать изменение размеров влажной фибры при высыхании.

Тонколистовые фибровые детали простой конфигурации можно вырезать ножевыми штампами. Детали сложной конфигурации вырезают в штампах обычного типа с прижимом.

Текстолит штампруется хуже фибры, давая трещины и шероховатую поверхность среза.

Тонкий текстолит (до 3 мм) обычно штампруется без нагрева, а толщиной свыше 3 мм — с нагревом до 100°.



Фиг. 241. Асбестовые и бумажные прокладки, вырезаемые ленточно-ножевыми штампами.

Вырубку текстолитовых деталей следует производить в штампах обычного типа с прижимом заготовки.

Штамповку деталей из стеклотекстолита следует производить в комбинированных штампах с прижимом материала, причем пуансон должен быть подогнан к матрице без зазора. Пробивные пуансоны и матрицы следует увеличивать на $0,03 S$, так как размеры отверстия уменьшаются после пробивки.

Гетинакс является более хрупким материалом и в холодном виде штампруется значительно труднее. Для улучшения штампемости применяется подогрев гетинакса до 100—120° при равномерном и полном прогреве его по всей толщине.

Вырубку гетинакса лучше производить в комбинированных совмещенных штампах с сильным прижимом материала.

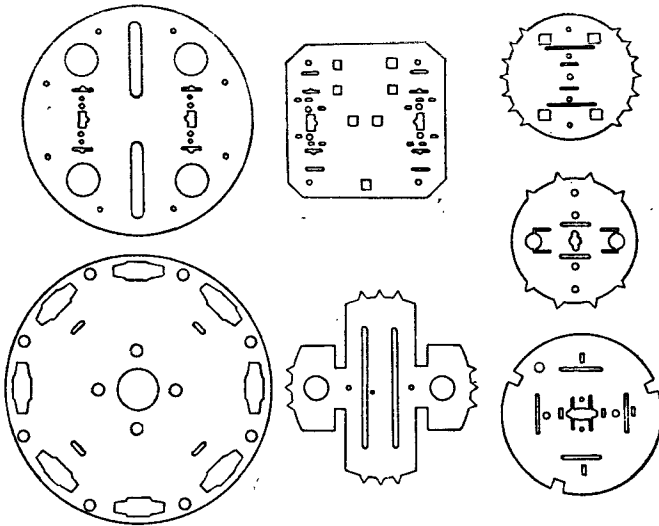
При проектировании штампов следует учитывать усадку гетинакса, составляющую при нагреве до 100° около 0,2% линейных размеров.

Пробивка мелких отверстий диаметром $0,3S \pm 0,5S$ в зажатом состоянии производится в штампах, конструкция которых приведена на фиг. 16.

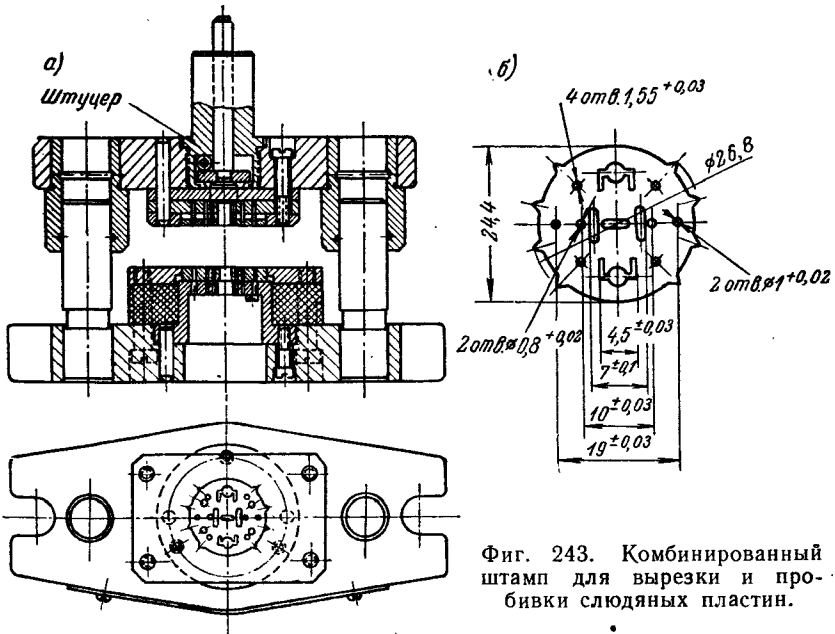
Органическое стекло является термопластичным материалом и штампруется только в нагретом до 100° состоянии. Охлаждение отштампованных деталей производится погружением их в холодную воду. Следует предохранять штампемые детали от поверхностных царапин и повреждений.

Из слюды вырубается большое количество плоских слюдяных пластин типа приведенных на фиг. 242, с весьма точными размерами отверстий и расстояниями между их осями, достигающими 3-го, а иногда и 2-го класса точности.

Требуемая точность обеспечивается правильной конструкцией и качественным изготовлением комбинированных штампов. На фиг. 243, а изображен комбинированный штамп для вырубki и пробивки слюдяных пластин,



Фиг. 242. Слюдяные пластинки с точными размерами отверстий.



Фиг. 243. Комбинированный штамп для вырезки и пробивки слюдяных пластин.

приведенных на фиг. 243, б [155]. Особенностью конструкции штампов для слюды является предельное уменьшение длины пуансонов при максимальном уменьшении толщины верхней матрицы, пуансонодержателя и выталкивателя, а также применение дополнительного съема сжатым воздухом через штуцер в верхней части штампа.

Сжатый воздух продувает зазоры и очищает штамп от слюдяной пыли, повышая его стойкость.

Точность изготовления штампа обеспечивается разметкой и сверлением матриц и пуансонодержателей на координатно-расточных станках.

Фигурные отверстия в матрице получаются путем прошивки сырой матрицы закаленными пуансонами.

Величины перемычек при вырезке неметаллических материалов принимаются в 1,5—2 раза больше приведенных в табл. 119.

Такие материалы, как текстолит, фибра и гетинакс, при вырубке не дают чистой поверхности среза.

В случае повышенных требований к чистоте среза деталей из указанных материалов применяется зачистка по наружному контуру (для гетинакса с подогревом). Зачистной штамп в данном случае имеет следующую конструкцию: пуансон представляет собой плоскую алюминиевую или медную пластину, а матрица имеет клиновую (ножевую) форму с углом 35—40°.

Для зачистки фибры иногда применяют матрицы с закругленными режущими кромками ($r = 0,1S - 0,2S$).

45. Гибка неметаллических материалов [202]

Гибке подвергаются слоистые пластики (за исключением гетинакса) и блочные пластмассы (органическое стекло, целлулоид, винипласт). Из слюдяных материалов гибке поддаются только формовочный и гибкий миканит.

Листовая фибра легко выдерживает изгиб в увлажненном состоянии (до 10% влажности). В данном случае допустимо местное увлажнение сырой тряпкой за 1/2 часа до гибки.

Для мелких деталей применяется гибка в штампах, а для крупных — на гибочных машинах для металла.

Тонколистовой текстолит подвергается гибке после нагрева до 150—170°. Нагрев лучше производить облучением инфракрасными лучами в течение 1—2 мин.

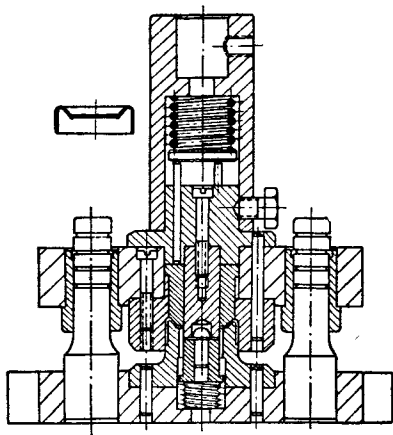
Органическое стекло подвергается гибке при нагреве от 100 до 150° и охлаждении наружных слоев на воздухе в течение 10—15 сек.

Гибка деталей из органического стекла обычно производится на металлических, деревянных, пластмассовых или гипсовых болванах (пуансонах) легким нажимом руки, с прижимом краев заготовки струбцинами, обитыми байкой. Поверхность болванов тщательно обрабатывается и обтягивается мягкой байкой.

Размеры заготовки и болвана должны быть взяты большими на величину припуска для зажима кромки при гибке или формовке.

Детали охлаждаются на болване до 30—40° и сохраняют приданную им форму.

В случае повторного нагрева изогнутой детали в свободном состоянии она выпрямляется. Винипласт подвергается гибке при нагреве до 160—170°, а целлулоид — до 90—100°.



Фиг. 244. Штамп-прессформа для штамповки формовочного миканита.

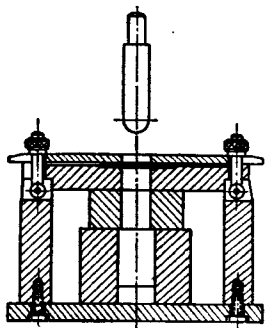
Формовочный миканит гнется и формируется в подогретом состоянии в нагретых до 150—170° штампах-прессформах (фиг. 244). Деталь держат под давлением в прессформе в течение 20 сек.

Гибкий миканит подвергается изгибу без нагрева.

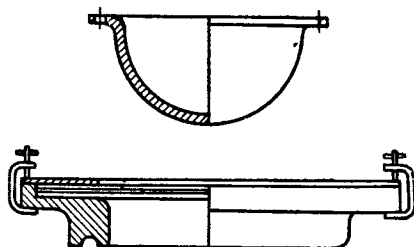
46. Вытяжка неметаллических материалов

Из слоистых пластиков вытяжке подвергаются лишь фибра, текстолит и стеклотекстолит.

Фибра подвергается вытяжке лишь в увлажненном состоянии после вымачивания в воде в течение нескольких часов (из расчета 1,5—2 часа на 1 мм толщины). Перед штамповкой увлажненная заготовка и штамп посыпаются графитом или тальком, служащим смазкой.



Фиг. 245. Штамп для вытяжки колпачков из органического стекла.



Фиг. 246. Штамповка крупных сферических изделий из органического стекла.

Вытяжка производится в вытяжных штампах с прижимом или на прессах двойного действия. Отштампованную деталь снимают с пресса, надевают на болван, имеющий форму и размеры пуансона, и высушивают в сушильной камере при температуре 65—70° в течение 12 час., а затем просушивают на открытом воздухе.

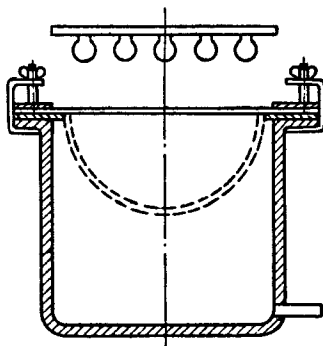
Из текстолита и стеклотекстолита можно изготовлять неглубокие цилиндрические, конические и полусферические вытянутые детали, но только в нагретом состоянии (первый до 150—170°, а второй до 230°).

Текстолит вытягивается в штампах с прижимом или на прессах двойного действия, а стеклотекстолит—в прессформах.

При вытяжке небольших деталей из органического стекла в мелкосерийном производстве применяют штампы типа, изображенного на фиг. 245 [202].

Особенность данного способа вытяжки заключается в том, что заготовка с припуском на складкодержание устанавливается в матрице в холодном виде и закрывается (с зазором до 0,35S) складкодержателем, а затем нагревается вместе с матрицей в электропечи до 115—120° в течение 30—40 мин.

Вытяжка производится холодным пуансоном, который протягивает деталь через холодную калибровочную гильзу, устанавливаемую под отверстием матрицы. Часть детали, вошедшая в калибровочную гильзу, охлаждается,



Фиг. 247. Формовка органического стекла под вакуумом.

снижает пластичность и не растягивается, а вытяжка происходит за счет фланца, находящегося в нагретой матрице.

Этим способом вытягивают колпачки высотой $h = 3d$.

Аналогичным образом производится вытяжка деталей из винипласта с нагревом до $160-170^\circ$.

Изготовление крупных сферических вытяжек из органического стекла производят или в вытяжных штампах с нагревом заготовки до $115-120^\circ$ (фиг. 246), или путем формовки под вакуумом в особом сосуде с обогревом заготовки инфракрасными лучами (фиг. 247).

Целлулоид вытягивается с нагревом до $90-100^\circ$ в обычных вытяжных штампах с пружинным складкодержателем.

Деталь выдерживается под давлением около 1 мин., после чего охлаждается вместе со штампом в холодной воде.

Нагрев заготовок осуществляется различными способами, зависящими от масштаба производства: путем конвекции горячего воздуха в специальных шкафах, облучением инфракрасными лучами в особых установках, между горячими плитами и т. п.

Из других материалов вытяжке подвергаются картон и кожа. Из картона вытягивают небольшие крышки и пробки, а из кожи — уплотнительные манжеты и сальники. Кожу вытягивают с нагревом в масле до 200° , а картон в нагретых до 120° штампах. Коэффициент вытяжки равен $\sim 0,4$.

ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ

Глава I

ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ШТАМПОВАННЫХ ДЕТАЛЕЙ

1. Технологические требования к конструкции штампованных деталей

Технологические процессы холодной штамповки могут быть наиболее рациональными лишь при условии создания «технологичной» конструкции или формы детали, допускающей наиболее простое и экономичное изготовление.

Поэтому технологичность холодноштампованных деталей является наиболее важной предпосылкой прогрессивности технологических методов и экономичности производства.

Под технологичностью следует понимать такое сочетание конструктивных элементов, которое обеспечивает наиболее простое и экономичное изготовление деталей (в условиях данной серийности производства) при соблюдении технических и эксплуатационных требований к ним.

Эксплуатационно-технические требования к холодноштампованным деталям:

- 1) полное соответствие конструкции назначению и условиям эксплуатации детали;
- 2) обеспечение требуемой прочности, твердости и жесткости (при минимальном весе);
- 3) обеспечение необходимой точности и взаимозаменяемости;
- 4) соответствие специальным физическим, химическим или термическим требованиям.

Основными показателями технологичности холодноштампованных деталей являются:

- 1) наименьший расход материала;
- 2) наименьшее количество и трудоемкость операций;
- 3) отсутствие последующей механической обработки;
- 4) наименьшее количество требуемого оборудования и производственных площадей;
- 5) наименьшее количество оснастки при сокращении затрат и сроков подготовки производства;
- 6) применение рабочей силы невысокой квалификации;
- 7) увеличение производительности отдельных операций и цеха в целом;
- 8) повышение стойкости штампов.

Общим результативным показателем технологичности является наименьшая себестоимость штампуемых деталей.

Так как величина и соотношение элементов себестоимости изделий (материал, заработная плата, цеховые расходы) зависят от серийности производства, то понятие о технологичности неразрывно связано с серийностью производства.

Технологичная конструкция в условиях мелкосерийного производства может оказаться нетехнологичной в массовом производстве и наоборот.

В большинстве случаев основным критерием технологичной конструкции является наиболее экономное расходование материала при наименьшем количестве операций и снижении трудоемкости.

Общая экономичность процессов холодной штамповки не только не снижает, но придает еще большее значение вопросу экономии металлов.

Это объясняется тем, что стоимость материала при холодной штамповке обычно составляет от 60 до 80% общей стоимости детали, то время как доля прямой заработной платы находится в пределах 5—15%.

Анализ себестоимости штампованных деталей показывает, что экономия материала на 10% по эффективности равна увеличению производительности в 3—4 раза на всех операциях.

Экономия материала на 20—25% в большинстве случаев настолько эффективна, что стоимость сэкономленного материала обычно превышает стоимость прямой заработной платы.

Поэтому необходимо предостеречь от одностороннего решения производственно-технологических вопросов в ущерб экономии материала, так как с государственной точки зрения нельзя мириться с нерациональным или излишним расходом металла, хотя бы это и вызывалось некоторым увеличением производительности штамповочных операций или удобством работы для того или иного штамповочного цеха.

Общие технологические требования к конструкции штампованных деталей

1. Механические свойства материала должны соответствовать не только требованиям прочности и жесткости изделия, но одновременно — процессу формоизменения и характеру пластических деформаций.

2. Необходимо учитывать возможность применения более мягкого пластичного металла, так как в процессе холодной штамповки происходит его наклеп, значительно увеличивающий характеристики прочности материала (до 2—2,5 раза).

3. Следует избегать завышенной толщины металла, учитывая упрочнение его в процессе холодной деформации и достаточно высокую жесткость штампованных деталей.

4. Необходимо стремиться к созданию легких и облегченных конструкций деталей: а) применяя для увеличения жесткости штамповку ребер жесткости, отбортовку, загибку фланцев, закатку кромок и т. п.; б) путем замены тяжелых стандартных прокатных профилей более легкими — гнутыми или свертными профилями из листового металла.

5. Необходимо по возможности заменять дефицитные и дорогие сорта материала более дешевыми.

6. Конфигурация детали или ее развертки должна обеспечивать наилучшее использование листового материала, давая возможность применить малоотходный или безотходный раскрой. Для получения безотходного раскроя не следует искусственно увеличивать конфигурацию и площадь заготовки.

7. Если отход неизбежен, то желательно придать ему конфигурацию, соответствующую другой детали, или использовать его вторично.

8. Необходимо унифицировать и уменьшить ассортимент применяемых толщин и марок листового металла.

9. Необходимо соблюдать кратность размеров крупных штучных заготовок с размерами листа, иначе отходы значительно увеличиваются.

10. Следует широко применять технологичные штампо-сварные конструкции взамен литых, кованых или клепаных изделий.

11. Необходимо стремиться к уменьшению количества отдельных деталей, заменяя их цельноштампованными, что обычно приводит к упрощению технологического процесса и экономии материала, кроме случаев, когда в результате указанной замены получается деталь сложной конфигурации,

которая требует повышенного расхода материала или является громоздкой или нетехнологичной.

12. Весьма эффективно применение внутренних надрезов с отгибкой полок взамен приварки особой детали.

13. Следует широко применять штамповочные методы для сборки отдельных деталей путем расклепки, отбортовки, полой высадки, загибки кромок и лапок, закатки шва и т. п.

14. Допуски на размеры штампованных деталей должны соответствовать экономической точности операций холодной штамповки (4—5-й классы). В случае необходимости повышенная точность (2—3-й классы) может быть получена введением дополнительных операций (зачистка, калибровка, правка).

Основные технологические требования к конструкции плоских деталей, получаемых вырезкой и пробивкой

1. Необходимо избегать сложных конфигураций с узкими и длинными вырезами контура или с очень узкими прорезями ($b \leq 2S$).

2. Необходимо избегать острого сопряжения в углах внутреннего контура, применяя радиусы закруглений $r \geq 0,5S$.

3. Сопряжения в углах наружного контура следует выполнять с закруглениями лишь в случае вырезки детали по всему контуру.

Для применения безотходного раскроя следует, наоборот, допускать сопряжения сторон под прямым углом.

4. Следует избегать вырезки длинных и узких деталей постоянной ширины при $b \leq 3S$, заменяя вырезку расплющиванием проволочных заготовок.

5. Наименьшие размеры пробиваемых отверстий можно брать по табл. 115.

6. Наименьшее расстояние от края отверстия до наружного контура должно быть не менее S при непараллельности и не менее $1,5S$ при параллельности края отверстия контуру детали.

Таблица 115

Наименьшие размеры пробиваемых отверстий
(в долях толщины материала)

Материал	Обычная пробивка свободным пуансоном		Пробивка вжатом состоянии направляемым пуансоном ¹	
	круглым	прямоугольным	круглым	прямоугольным
Твердая сталь	1,3	1,0	0,5	0,4
Мягкая сталь и латунь	1,0	0,7	0,35	0,3
Алюминий	0,8	0,5	0,3	0,28

¹ Экспериментально проверено до $d \geq 0,4$ мм.

7. Не следует располагать отверстия на радиусах закругления изогнутых деталей во избежание их искажения при гибке.

У вытянутых деталей отверстия в дне могут пробиваться или одновременно с вытяжкой в конце рабочего хода, или отдельной операцией, а отверстия во фланце — только отдельной операцией после вытяжки.

Наименьшее расстояние от края отверстия до стенки полой детали должно быть равно $a = r + 0,5S$, где r — радиус закругления у дна или фланца.

Основные технологические требования к конструкции изогнутых деталей

1. Минимально допустимые радиусы гибки (стр. 66) следует применять лишь в случае конструктивной необходимости. В большинстве случаев возможно применить увеличенные радиусы гибки ($r \geq S$), а для толстых заготовок $r > 2S$.
2. В случае гибки пластичных металлов (сталь 10—20) с малым радиусом закругления ($r \leq 0,5S$) линию изгиба желательно располагать поперек волокон проката. В случае гибки тех же металлов с радиусом $r \geq S$ расположение линии изгиба безразлично. Решающее значение при этом имеет достижение наиболее выгодного раскроя металла.
3. При изгибе заготовки в разных направлениях, а также при изготовлении правых и левых деталей из одной заготовки радиус закругления одного из перегибов должен быть увеличен.
- Гибка должна быть произведена таким образом, чтобы сторона с заусенцами пришлась на наружную сторону перегиба с увеличенным радиусом.
4. Для увеличения жесткости гнутых деталей и устранения упругого пружинения рекомендуется штамповка ребер жесткости поперек угла изгиба.
5. Если конструкция сборочного узла требует прилегания боковых полок и основания изогнутой скобы (с внутренней стороны) к другим деталям, вместо гибки под острым углом рекомендуется делать гибку с поднутрением закруглением в углах.
6. Наименьшая высота отгибаемой полки должна быть $H > 2S + 3S$.
7. При гибке деталей, имеющих широкую и узкую часть, радиус изгиба не должен захватывать широкую часть, иначе образуются наплывы. Если по конструктивным соображениям линия изгиба проходит в месте сопряжения этих частей, следует применять вырезы шириной $b \geq S$.
8. В случае многооперационной гибки необходимо предусматривать технологические базы для фиксирования заготовок на операциях.

Основные технологические требования к конструкции полых деталей, изготовленных вытяжкой и формовкой

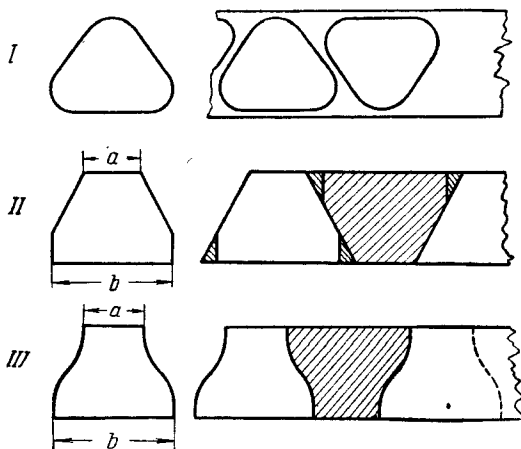
1. Необходимо по возможности избегать весьма сложной и несимметричной формы вытягиваемых деталей, прибегая к ним лишь в случае явной конструктивной необходимости.
2. Радиусы закруглений у фланца должны быть по возможности больше (см. табл. 75), а радиусы закругления у дна могут быть взяты меньшими ($r \geq 2-4S$).
- Сопряжение стенок с дном и фланцем без радиусов закругления может быть выполнено путем дополнительной калибровки, или штамповки «поднутреннего» радиуса закругления.
3. Необходимо избегать глубоких вытяжек с широким фланцем ($D > 3d$ при $h \geq 2d$), требующих большого количества операций.
4. Полуоткрытые несимметричные формы полых деталей нужно проектировать, учитывая возможность спаренной вытяжки с последующей разрезкой на две детали.
5. В прямоугольных коробках следует избегать острых углов в плане и у дна детали, кроме случаев изготовления их методом холодного выдавливания.
6. При изготовлении полых деталей холодным выдавливанием их конструктивные элементы должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 105 и 106.
7. При вытяжке полых деталей сложной конфигураций необходимо предусматривать те или иные технологические базы для фиксирования заготовок на операциях.

2. Методы повышения технологичности штампуемых деталей и экономии металла

Создание технологичных форм штампуемых деталей упрощает производственный процесс и имеет решающее значение для экономии материалов в штамповочном производстве.

В большинстве случаев конфигурация холодноштампованной детали или ее заготовки может быть изменена без какого-либо ущерба для конструктивного или эксплуатационного назначения таким образом, что измененная форма детали позволит значительно снизить расход материала и применить так называемый малоотходный или безотходный раскрой материала.

На фиг. 248 даны примеры различного выполнения контура накладки и соответствующие им способы раскроя материала: форма *I* требует вырезки с перемычками и приводит к большим отходам; форма *II* позволяет применить малоотходный раскрой; форма *III* позволяет получить безотходный



Фиг. 248. Изменение конфигурации накладки и способа раскроя.

раскрой при двухшаговой подаче (отходы в начале и в конце полосы определяются формой детали и не характеризуют способ раскроя). Криволинейные стороны детали образованы так называемыми обратно-симметричными линиями, совпадающими при встречном расположении вырезок на полосе [140]. Экономия материала при безотходном раскрое по сравнению с малоотходным составляет 10—15%.

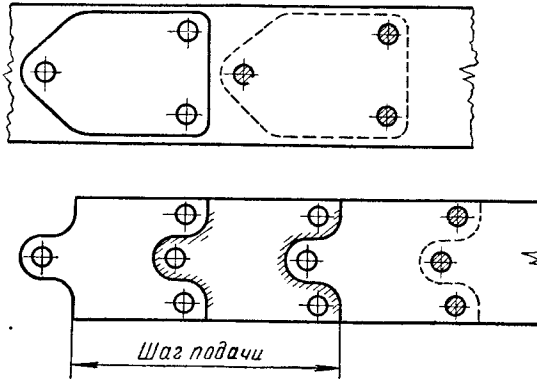
Этот способ раскроя наиболее эффективно может быть применен при изготовлении различных плашек, накладок, косынок и угольников из толстолистного металла, применяемых в производстве вагонов, кранов, сельскохозяйственных и дорожных машин, металлических конструкций, в судостроении и т. п., так как с увеличением толщины материала величина перемычек и отходов значительно увеличивается.

На фиг. 249 приведен пример изменения конфигурации планки с тремя отверстиями (при сохранении всех установочных размеров), в результате которого применена безотходная штамповка при двухшаговой подаче, позволяющая получать по две детали за каждый ход пресса и дающая экономию материала по сравнению с прежним способом около 40%.

В данном случае безотходный раскрой осуществлен благодаря тому, что конфигурация детали образована двумя *э к в и д и с т а н т н ы м и* кривыми, т. е. кривыми одного и того же очертания, перемещенными в осевом направлении параллельно своему первоначальному положению.

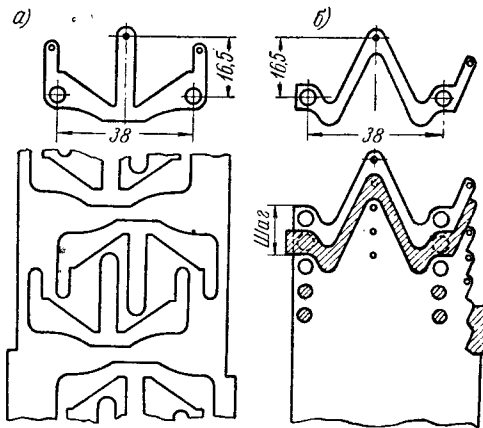
Эквидистантная конфигурация деталей значительно упрощает подсчет их поверхности и веса, так как поверхность детали, образованной двумя любыми эквидистантными кривыми и двумя параллельными боковыми линиями, равна произведению ширины на длину детали.

На фиг. 250 показана переработка конструкции токоведущей контактной пружины [106]. Старая конструкция имела неудобную конфигурацию разрезки и давала отход в 59%.



Фиг. 249. Изменение контура детали для получения безотходного раскроя.

После анализа конструкции детали оказалось возможным сохранить ее основные элементы (крепежные и контактные отверстия и расстояния между ними), а вспомогательные или второстепенные переработать с целью изменения конфигурации и уменьшения расхода материала.



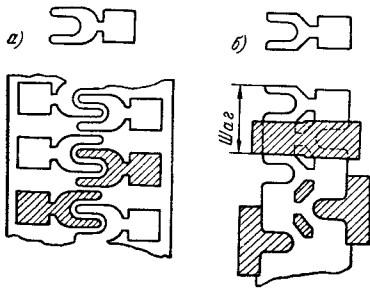
Фиг. 250. Переработка конструкций контактной пружины для экономии материала:

a — до переработки; *b* — после переработки.

Здесь также применен метод эквидистантных кривых и осуществлена малоотходная двухшаговая штамповка (по две детали за каждый ход). Величина отходов снизилась с 59 до 7,5%.

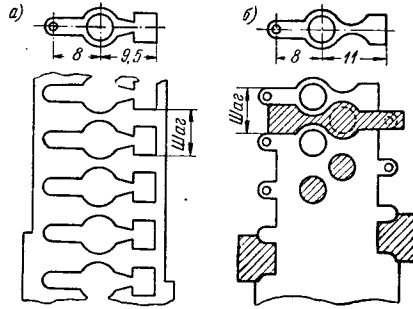
На фиг. 251 и 252 показаны незначительные изменения конфигурации с целью получения малоотходного раскроя [106]. Экономия металла достигла 35—40%, производительность увеличена в два раза.

На фиг. 253 приведен пример рациональной технологии изготовления патрончика для осветительных ламп радиоприемника [95]. Пржежный способ изготовления, заключавшийся в вырубке заготовки, вытяжке стаканчика, обрезке, пробивке, накатке резьбы и фрезеровании шлица (6 операций), за-



Фиг. 251. Переработка конфигурации клеммы для применения малоотходного раскроя:

a — до переработки; *б* — после переработки.

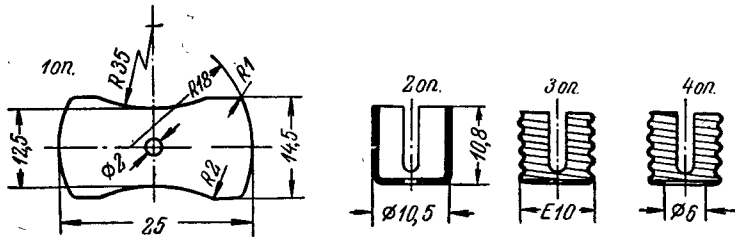


Фиг. 252. Изменение конфигурации детали для повышения технологичности:

a — до переработки; *б* — после переработки.

менен вырубкой заготовки, сверткой стаканчика из заготовки (фиг. 253), штамповкой резьбы и пробивкой дна (4 операции).

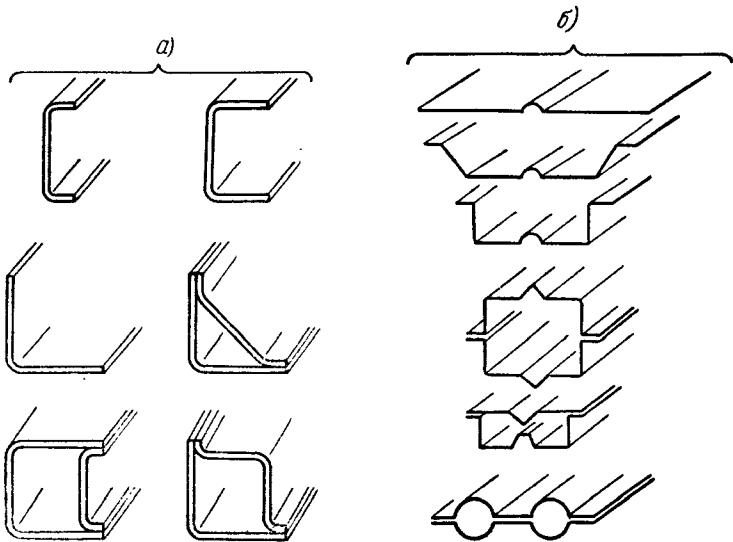
Отпала операция фрезерования шлица, толщина материала снижена 0,5 до 0,35 мм и достигнута общая экономия металла в размере 56%.



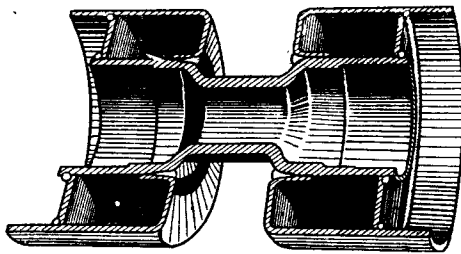
Фиг. 253. Последовательность изготовления патрончика.

Одним из способов значительной экономии материалов, при одновременном снижении веса машин, является применение облегченных гнутых профилей взамен тяжелого горячекатанного профильного проката. Такие облегченные профили изготавливаются из полосового или рулонного материала толщиной от 2 до 4 мм холодной гибкой на гибочных прессах или профилировочных станках и дают экономию от 30 до 75% по сравнению с горячекатаным профильным прокатом.

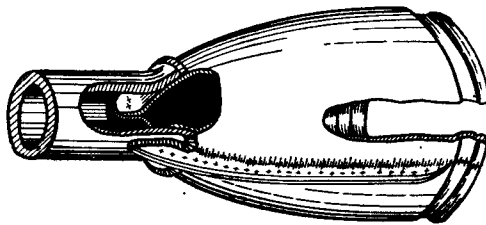
На фиг. 254, *a* приведены примеры облегченных гнутых профилей, применяемых в сельскохозяйственном машиностроении, а на фиг. 254, *б* — некоторые типы легких профилей из тонкой нержавеющей стали, изготовленные на профилировочных станках.



Фиг. 254. Примеры облегченных и легких гнутых профилей.

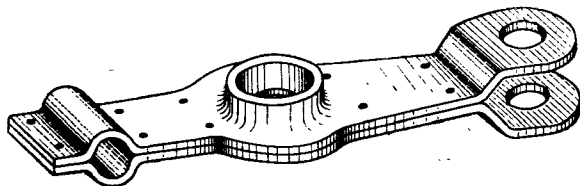


Фиг. 255. Штампо-сварной ролик гусеничного трактора.



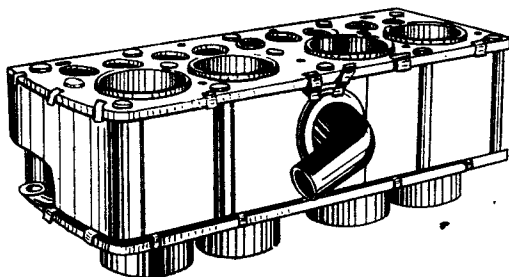
Фиг. 256. Пример штампо-сварной конструкции.

Большую экономию металла и значительное упрощение процесса обработки дает применение технологичных штампо-сварных деталей взамен литых, кованных или клепаных конструкций.



Фиг. 257. Штампо-сварной рычаг.

На фиг. 255—258 показаны различные типы штампо-сварных деталей: 1) штампо-сварной ролик гусеничного трактора (фиг. 255), применение которого дало экономию стали на 38% и снизило станочную обработку на 90%



Фиг. 258. Штамповано-паяный блок автомобиля.

по сравнению с первоначальной литой конструкцией; 2) штампо-сварная конструкция узла, состоящего из трубы и раструба (фиг. 256), изготовленного из двух штампованных половин, соединенных точечной сваркой по фланцу; 3) штампо-сварной рычаг (фиг. 257), также изготовленный с помощью точечной сварки; 4) экспериментальная конструкция штамповано-паяного блока автомобиля «Москвич» (фиг. 258) [205], состоящего из 73 отдельных деталей 24 наименований, в том числе 28 основных штампованных деталей, спаянных медью в муфельной печи с защитной атмосферой.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ

3. Задачи и порядок разработки технологических процессов [77]

Разработка технологических процессов холодной штамповки является основой всей подготовки производства.

Сравнительная сложность и длительность подготовки производства, а также относительно высокая стоимость штампов требуют тщательной разработки технологических процессов и обоснованного выбора технически рационального и экономически наиболее эффективного варианта технологического процесса, соответствующего данному масштабу производства.

Даже небольшие последующие изменения технологических процессов обычно приводят к переделке или к проектированию и изготовлению новых штампов. А это требует значительного времени и обходится довольно дорого.

В настоящее время еще не создана методика разработки технологических процессов холодной штамповки, требующая длительной систематизации и обобщения богатого опыта нашей промышленности на основе типизации технологических процессов, над чем работает ряд советских ученых и исследователей.

Поэтому в справочнике приведены лишь общие руководящие указания о содержании, последовательности и основных направлениях технологических процессов холодной штамповки.

Разработка рациональных технологических процессов должна быть основана на глубоких технологических знаниях и производственном опыте.

Разработка технологических процессов холодной штамповки имеет следующие задачи:

- 1) анализ технологичности формы или конструктивных элементов детали;
- 2) установление наиболее рационального с технической и экономической стороны технологического процесса, обеспечивающего изготовление требуемых деталей;
- 3) определение формы и размеров заготовки, а также расхода материала при наилучшем его использовании;
- 4) установление типа, мощности и габаритов требуемого оборудования;
- 5) выявление типа и технологической схемы штампа (способ подачи заготовки и съема детали и т. п.);
- 6) определение трудоемкости изготовления штампуемых деталей, а также количества и разряда производственных рабочих и расценки за одну деталь;
- 7) определение количества оборудования и его загрузки на годовую программу.

При разработке технологических процессов холодной штамповки должны быть решены следующие технологические вопросы:

- 1) определение наиболее выгоднейшего раскрытия материала и наименьших размеров заготовки;
- 2) установление характера, количества и последовательности операций;

- 3) выбор степени сложности (совместности) операций;
- 4) установление количества одновременно штампуемых деталей;
- 5) определение операционных размеров и установление операционных допусков¹.

Обычно указанные вопросы могут быть решены несколькими вариантами, причем основной задачей технолога является выбор наиболее рационального и эффективного варианта для данного конкретного случая, характеризуемого рядом технических и экономических признаков.

Основными техническими признаками, влияющими на выбор варианта технологического процесса, являются: механические свойства и толщина материала, степень сложности конфигурации детали и ее габариты, требуемая точность детали, место расположения отверстий и точность расстояния между их осями и т. д.

Основным экономическим признаком является серийность производства (массовое, крупно- или мелкосерийное), от которого зависит решение вопроса экономической целесообразности того или иного варианта.

4. Раскрой материала и величина перемычек

Значение раскроя для экономии металла

Экономия металла и уменьшение отходов в холодной штамповке имеют весьма важное значение, особенно в крупносерийном и массовом производстве, так как при больших масштабах производства даже незначительная экономия металла на одном изделии дает в итоге большую экономию.

Экономия металла в холодной штамповке достигается путем:

- 1) наиболее целесообразного раскроя листов на штучные заготовки или полосы с наименьшими отходами;
- 2) наиболее экономного раскроя полос и расположения вырезаемых деталей на полосе;
- 3) уменьшения потерь металла на перемычки;
- 4) применения так называемых безотходных и малоотходных раскroев;
- 5) повышения точности расчета размеров заготовок и уменьшения припусков на обрезку;
- 6) использования отходов для изготовления других деталей;
- 7) предупреждения брака штампуемых деталей, а также снижения нормы потерь при отладке и установке штампов и т. п.

Раскрой листового металла

Раскрой листового металла на штучные заготовки и полосы является первой операцией, связанной с потерями металла в виде обрезков и неиспользуемых отходов.

При раскрое листов необходимо руководствоваться следующими правилами:

1. Резку заготовок производить по тщательно разработанным раскройным картам, учитывающим наиболее полное использование материала.
2. При резке крупных штучных заготовок в серийном производстве применять комбинированный раскрой при наилучшем использовании материала и соблюдении комплектности заготовок.
3. При резке узких полос для мелких деталей резку производить вдоль листа (если не требуется поперечного раскроя), так как при этом из каждой полосы получается большее количество деталей и уменьшается количество концевых отходов полосы.

¹ Если точные операционные размеры не могут быть получены расчетным методом, то они даются приближенно с указанием о необходимости экспериментальной проверки, после чего технологические процессы корректируются.

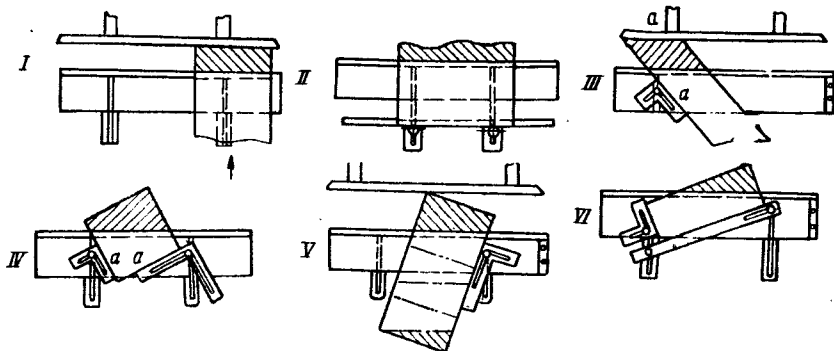
4. Как правило, желательно резать широкие, а не узкие полосы (располагая соответственно детали на полосе), так как при этом требуется меньшее количество резов, меньшая величина подачи при штамповке и обычно уменьшаются концевые отходы.

5. В массовом производстве крупных деталей заказывать специальные мерные листы, кратные двум или более заготовкам.

6. В массовом производстве небольших деталей заменять листовый материал на холоднокатанную ленту.

7. При резке заготовок для деталей, подвергаемых гибке, желательно резку производить с учетом направления волокон проката, но при условии, если такой раскрой не приводит к увеличенному количеству отходов.

8. При резке на ножницах применять специальные устройства (регулируемый упор), облегчающие настройку и повышающие точность реза.



Фиг. 259. Резка штучных заготовок на гильотинных ножницах.

Правило 7 зачастую выполняется без соблюдения необходимого условия об экономном раскросе материала и нередко приводит к недопустимому и неоправданному расходу материала.

Необходимо указать, что правило расположения линии изгиба поперек волокон проката желательно, но совсем не обязательно во всех случаях гибки.

Так, например, при штамповке пластичных металлов это правило распространяется только на случай изгиба с очень малым радиусом ($r \leq 0,5S$) и не распространяется на случаи изгиба с большими радиусами, которые преобладают в штамповочной практике.

Если правило расположения линии изгиба поперек волокон приводит к плохому использованию материала, то следует увеличить радиус изгиба; тогда это правило необязательно.

Кроме резки полос на гильотинных ножницах производится резка крупных штучных заготовок прямолинейных очертаний (карточек) прямоугольной, трапециoidalной, ромбовидной и треугольной формы (фиг. 259).

Указанная резка производится по заднему (I), переднему (II), дополнительному (IV) упорам, а также по их взаимным комбинациям (III, V, VI).

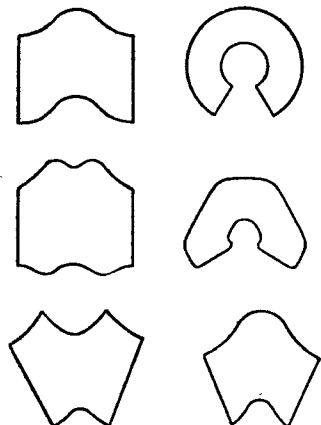
В мелкосерийном производстве применяется резка листов на криволинейные заготовки по разметке, или по шаблонам, на роликовых или вибрационных ножницах (фиг. 260).

В массовом и крупносерийном производстве небольших деталей раскрой листов на узкие полосы не представляет особых затруднений, так как сравнительно большое количество листов режется на полосы одинаковых размеров, причем отходы обычно невелики.

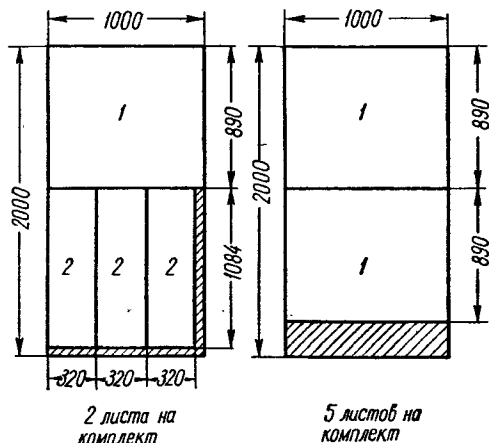
Значительно сложнее обстоит дело с раскросом листов в серийном производстве крупногабаритных деталей, когда резке подлежит несколько

листов на небольшое количество разнотипных заготовок. В данном случае должен быть применен метод комбинированного раскроя, позволяющий получить наилучшее использование материала при соблюдении заданной комплектности.

Методика расчета и планирования наиболее рационального комбинированного раскроя листов на различные заготовки при соблюдении их комплектности впервые разработана советскими учеными [34] и применена на ряде заводов.

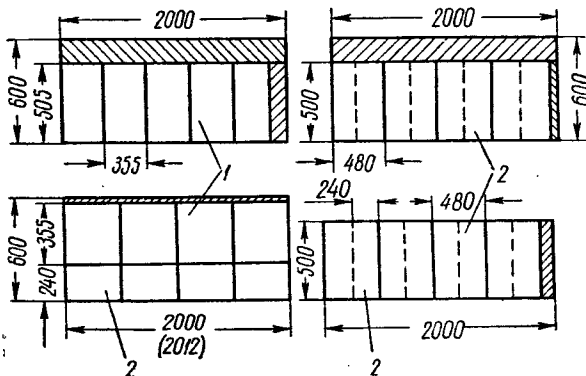


Фиг. 260. Формы заготовок, вырезаемых по шаблонам на роликовых и вибрационных ножницах.



Фиг. 261. Комбинированный раскрой листов при соблюдении комплектности.

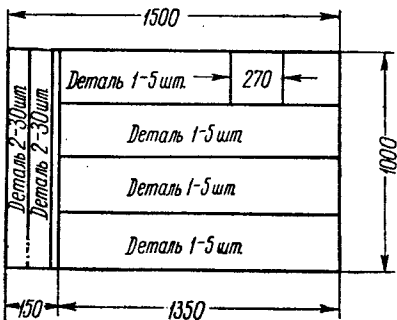
На фиг. 261 изображен раскрой листов для двух прямоугольных деталей, осуществленный указанным методом, причем деталь 1 требуется в количестве 12 шт., а деталь 2 в количестве 6 шт. на комплект. Отход размером 220×1000 мм используется для других заказов.



Фиг. 262. Рационализация раскроя листового металла.

Данный раскрой является наиболее экономным из всех возможных, так, например, резка шести листов на деталь 1 будет неприемлемой, так как из оставшегося седьмого листа не выкроить 6 шт. детали 2.

На фиг. 262 изображен рациональный метод раскроя листов, в основу которого положен принцип получения кратности штучных заготовок с размерами листа и использованы плюсовые отклонения по его длине. На фиг. 262 сверху приведены существующие карты раскроя листа на заготовки деталей газовой плиты с отходом 14—16%, а снизу — иновый безотходный раскрой.



Фиг. 263. Раскрой листов с учетом кратности длины полосы размерам детали.

В случае раскроя листов на крупные полосы необходимо производить резку с учетом кратности длины полосы размерам вырезаемой детали (фиг. 263).

Это позволяет использовать не кратный остаток для резки полос для детали 2, а не выкидывать его вместе с концами полос при штамповке детали 1.

Раскрой полосового материала в процессе штамповки

Различные способы раскроя полосового материала по их экономичности и величине технологических отходов могут быть разделены на три вида:

- 1) раскрой с отходами, когда вырезка происходит по всему контуру детали, а перемычка имеет замкнутую форму;
- 2) малоотходный раскрой, когда вырезается или отрезается только часть контура детали, а в отход идет или перемычка между двумя вырезками, или только боковая перемычка;
- 3) безотходный раскрой, когда вырезаемая деталь получается путем прямолинейной или криволинейной отрезки без образования перемычек.

В данном случае подразумеваются технологические отходы, зависящие от типа раскроя и способа штамповки данной детали. Отходы от пробивки отверстий или окон, а также отходы в начале и конце полосы, влияющие на общий коэффициент использования металла и норму его расхода, зависят исключительно от конструкции детали и не характеризуют самого способа раскроя. Эти отходы неизбежны и почти неизменны при любом способе раскроя.

Для экономии металла основное значение имеют технологические отходы, зависящие от способа раскроя и определяющие его экономичность.

Применяемые на практике главные способы раскроя могут быть также классифицированы по способу расположения вырезаемых деталей на полосе в соответствии с конфигурацией детали и сведены к основным типам, приведенным в табл. 116 и 117.

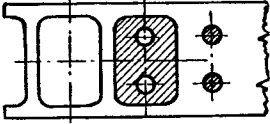
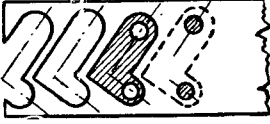
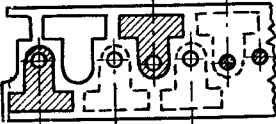
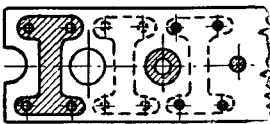
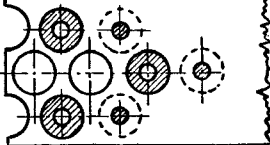
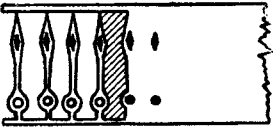
Особый тип раскроя, совмещающий штамповку по несколько штук за один ход пресса, с прямым или наклонным расположением вырезов, применяется при одnorядной последовательной параллельной штамповке узких деталей (фиг. 264 и 265) [79].

Этот способ состоит в одnorядном расположении по длине полосы нескольких вырезных и стольких же пробивных пуансонов с определенными интервалами между ними (табл. 118), во избежание пропусков в ленте или вторичного попадания пуансонов в уже пробитые окна.

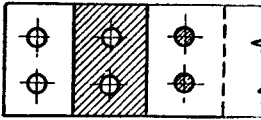
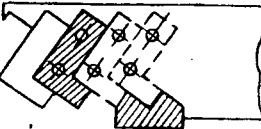
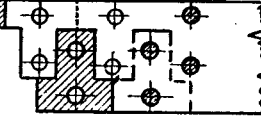
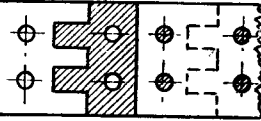
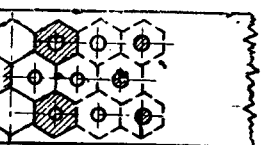

Цифрами на фиг. 264 и 265 указаны последовательность выполнения операции и положение пуансонов.

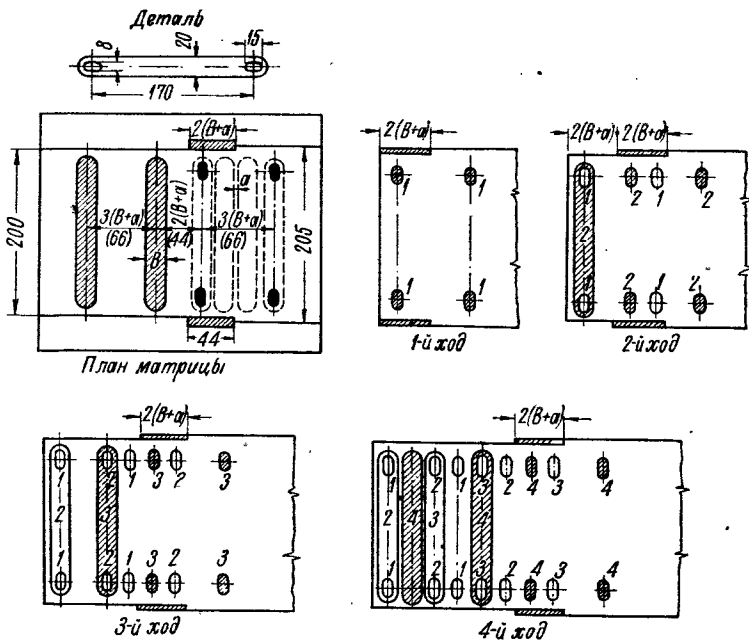
Таблица 11

Классификация основных типов раскроя с отходами [79]

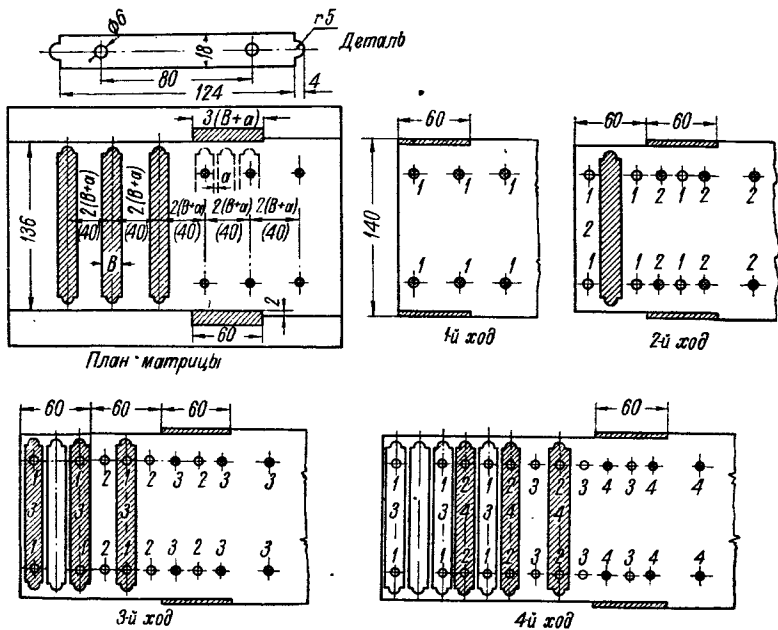
Тип раскроя	Эскиз	Применение раскроя	Способ подачи материала
Прямой		Для деталей простой геометрической формы (прямоугольной, круглой, квадратной)	
Наклонный		Для деталей Г-образной или другой сложной конфигурации, которые при прямом расположении дают большие отходы металла	Ручная или автоматическая подача
Встречный		Для деталей Т, П, Ш-образной конфигурации, которые при прямом и при наклонном расположении дают большие отходы	
Комбинированный		Для двух различных деталей, одинаковых по толщине и марке металла. Применяется в крупносерийном и массовом производстве	Автоматическая подача
Многорядный		Для деталей небольших размеров в крупносерийном и массовом производстве	
С вырезкой перемычки		Для мелких и узких деталей (часовые стрелки и подобные детали) или для последовательной вытяжки в ленте при крупносерийном и массовом производстве	Ручная, чаще автоматическая подача

Классификация основных типов малоотходных и безотходных раскroев

Тип раскроя	Эскиз	Применение раскроя	Способ подачи материала
Прямой		Для деталей прямоугольной или трапециoidalной конфигурации	
Наклонный	<p>1^й вариант</p>  <p>2^й вариант</p>	Для деталей Г-образной или другой конфигурации, допускающих небольшие дефекты контура	Ручная подача до упора (возможно по 2 шт. за один ход пресса)
Встречный		Для деталей Т, П, Ш-образной конфигурации, допускающих небольшие дефекты контура	Ручная или автоматическая подача (по 2 шт. за один ход пресса)
Комбинированный		Для двух различных деталей, взаимовписывающихся по конфигурации (шарнирные петли и т. п.)	
Многорядный		Для деталей прямоугольной, квадратной или шестигранной конфигурации небольших размеров в крупносерийном и массовом производстве	Ручная или автоматическая подача (по несколько штук за один ход пресса)
С вырезкой перемычки		Для деталей удлиненной формы, изготавливаемых из мерной полосы или ленты, без обрезки вдоль длинных сторон	Ручная подача до упора



Фиг. 264. Однорядная последовательно-параллельная штамповка по две детали одновременно.

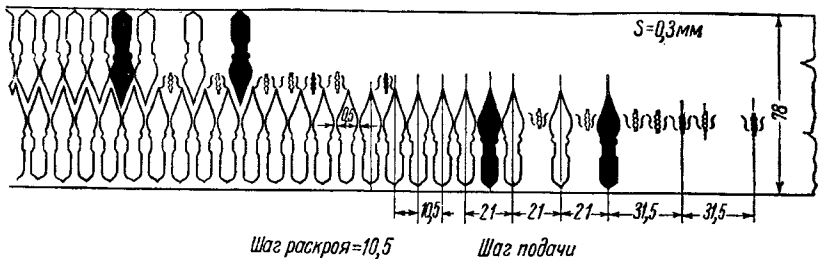


Фиг. 265. Однорядная последовательно-параллельная штамповка по три детали одновременно.

Интервалы между пуансонами при различной кратности штамповки

Кратность штамповки	Шаг подачи	Расстояние между осями		
		вырезных пуансонов	пробивных пуансонов	вырезных и пробивных пуансонов
Двукратная	2h	3h	3h	} 2h
Трехкратная	3h	2h	2h	
Четырехкратная	4h	3h	3h	
Пятикратная	5h	2h	2h	
Примечание. h — шаг раскроя, равный сумме ширины детали и перемычки				

В начале полосы получается по одной детали без пробитых отверстий. На фиг. 266 изображена схема последовательно-параллельной штамповки перьев по 4 шт. за каждый рабочий ход вместо 2 шт. при обычной двухрядной последовательной штамповке.



Фиг. 266. Последовательно-параллельная штамповка перьев по 4 шт. за каждый ход пресса.

Внедрение этого способа штамповки позволило увеличить производительность каждого пресса с 95 до 190 тыс. шт. в смену.

Оценку экономичности того или иного типа раскроя следует производить посредством «коэффициента экономичности раскроя»

$$k_{э.р} = \frac{f_0}{Bh} \cdot 100\%$$

где f_0 — площадь поверхности детали (включая мелкие неиспользуемые отверстия);

h — шаг вырезки (раскроя);

B — ширина полосы.

Наиболее экономичным будет раскрой с наибольшим значением $k_{э.р}$, или с возможно меньшей величиной Bh (площадь заготовки, приходящаяся на одну деталь).

В случае одновременной вырезки двух различных деталей вместо площади f_0 берется сумма площадей обеих деталей $f_1 + f_2$. Это относится и к случаю вырезки двух деталей за счет использования внутреннего отверстия одной из них (пластины статора и ротора электродвигателей и т. п.).

Но коэффициент $k_{з.р}$ не дает полного представления об общей нелицитозе полезного использования металла. Последняя определяется «общим коэффициентом использования металла».

При работе из полосы или ленты

$$k_{и} = \frac{f \cdot n}{L \cdot B} 100\%.$$

где f — площадь детали без отверстий;
 n — количество фактических деталей, получаемых из полосы, учитывая неиспользуемые концевые отходы;
 L — длина полосы или ленты;
 B — ширина полосы или ленты.

Если концевые отходы отсутствуют, то

$$n = \frac{L}{h} \text{ и } k_{и} = \frac{f}{Bh} 100\%.$$

В случае листовой заготовки или резки листа на полосы для одинаковых деталей

$$k_{и} = \frac{f \cdot m}{AC} 100\%.$$

где m — количество деталей, получаемых из листа, с учетом неиспользуемых концевых отходов каждой полосы и отходов при резке листа на полосы;
 A — длина листа;
 C — ширина листа.

Если лист раскраивается на полосы для двух или нескольких различных деталей, то общий коэффициент использования металла определяется следующим образом:

$$k_{и} = \frac{f_1 m_1 + f_2 m_2 + \dots + f_n m_n}{AC} 100\%.$$

Величина перемычек и применение безотходных и малоотходных раскроев

Экономичность раскроя в значительной степени зависит от правильной величины перемычек.

Основное назначение перемычек — компенсировать погрешности подачи материала и фиксации его в штампе с тем, чтобы обеспечить полную вырезку детали по всему контуру и предотвратить получение бракованных деталей.

Кроме того, перемычки должны обладать достаточной прочностью и жесткостью, необходимой для подачи материала.

Следовательно, величины перемычек зависят от следующих факторов:

- 1) толщины и твердости материала;
- 2) размеров и конфигурации деталей;
- 3) типа раскроя (прямой, встречный и т. п.);
- 4) способа подачи полосы (с боковым прижимом или без него);
- 5) типа упора (неподвижный, подвижный, шаговый нож, ловители).

Уменьшение величины перемычек является весьма эффективным мероприятием, так как перемычки представляют собой потерю металла в отход. Величина этой потери зависит от сложности конфигурации и толщины детали и достигает иногда 40—50%.

Особенно велики потери на перемычки при вырубке толстолистовых деталей, так как для толстых материалов применяются более широкие пере-

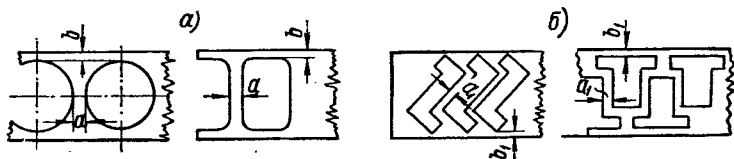
мычки, дающие увеличение отходов пропорционально увеличению толщины и ширины перемычек.

Уменьшение величины перемычек может быть достигнуто различными способами, как, например, применением бокового прижима полосы, в результате чего величина боковой перемычки может быть взята меньшей, или путем точной фиксации ленты ловителями.

В руководящих и нормативных материалах отдельных заводов и министерств приводятся рекомендации по величине перемычек, применимые, главным образом, при штамповке небольших деталей. Однако эти рекомендации основаны на опыте различных производств и весьма разноречивы.

Нормализация величины перемычек возможна лишь при условии конкретизации указанных выше факторов, обуславливающих способы и точность подачи материала.

В табл. 119 приведены проверенные в массовом производстве величины перемычек для основных случаев вырезки (фиг. 267).



Фиг. 267. Перемычки при вырезке (к табл. 119).

Таблица 119

Наименьшая величина перемычек в мм

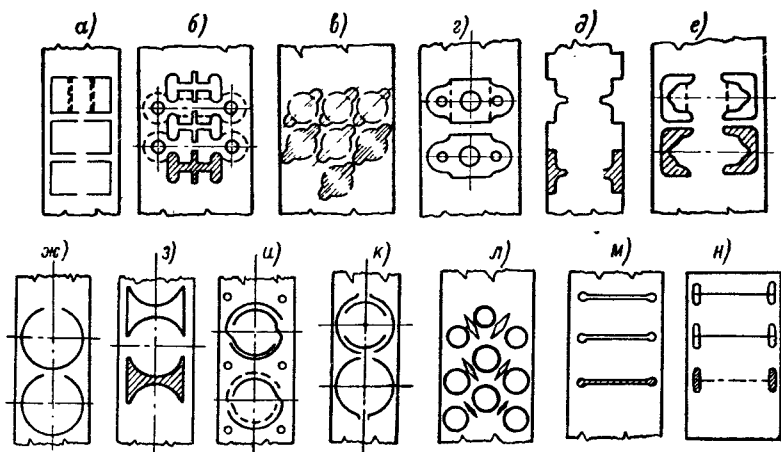
Толщина материала в мм	Перемычки между вырезами		Боковые перемычки	
	a для небольших деталей простой конфигурации (фиг. 267, а)	a_1 для больших деталей или деталей сложной конфигурации (фиг. 267, б)	b при работе с боковым прижимом полосы	b_1 при работе без бокового прижима полосы
0,3	1,4	2,3	1,4	2,3
0,5	1,0	1,8	1,0	1,8
1,0	1,2	2,0	1,2	2,0
1,5	1,4	2,2	1,4	2,2
2,0	1,6	2,5	1,6	2,5
2,5	1,8	2,8	1,8	2,8
3,0	2,0	3,0	2,0	3,0
3,5	2,2	3,2	2,2	3,2
4,0	2,5	3,5	2,5	3,5
5,0	3,0	4,0	3,0	4,0
6,0	3,5	4,5	3,5	4,5
7,0	4,0	5,0	4,0	5,0
8,0	4,5	5,5	4,5	5,5
9,0	5,0	6,0	5,0	6,0
10,0	5,5	6,5	5,5	6,5

При применении клещевой автоматической подачи материала величина перемычек может быть уменьшена на 20%, а при работе с крочковой подачей увеличена на 20% по сравнению с данными табл. 119.

При многооперационной последовательной вытяжке в ленте величинны перемычек берутся несколько большими. Расстояние между надрезами, или ширина вырезных перемычек, обычно берется равным 1,5—2,5 мм.

Величины боковых перемычек при последовательной вытяжке в ленте приведены в табл. 120.

На фиг. 268 приведены типы раскроя и надрезов при многооперационной последовательной штамповке (гибке и вытяжке) в ленте.



Фиг. 268. Типы раскроя и надрезов при последовательной штамповке в ленте:

а — е — для последовательной гибки; ж — н — для последовательной вытяжки.

Указанные в табл. 119 величины перемычек не относятся к штамповке на специальных автоматах горизонтального типа. На этих автоматах применяется цепочечный способ раскроя (фиг. 269), дающий обычно большие отходы материала, что является существенным недостатком этого метода штамповки.

В табл. 121 указана ширина кромки, срезаемой боковым шаговым ножом. Она должна быть больше погрешности резки полос или допусков по ширине ленты.

Таблица 120

Величина боковых перемычек при последовательной вытяжке в ленте, в мм

Размеры заготовок в мм	В целой ленте	С надрезами заготовки
До 10	1—1,5	1,5—2
10—30	1,5—2	2—2,5
Свыше 30	2—2,5	3—3,5

Таблица 121

Ширина кромки, срезаемой боковым ножом

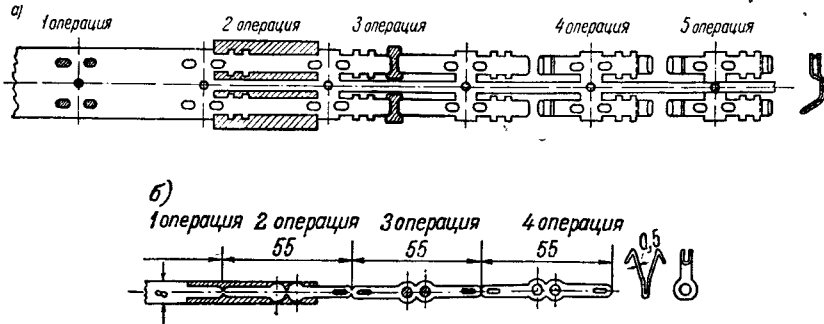
Толщина материала в мм	Ширина кромки в мм
До 1,	1,5
1,5—2,5	2,0
2,5—3,5	2,5

Следует по возможности отказаться от применения бокового шагового ножа как способа ограничения подачи материала, так как получаемое при этом увеличение производительности связано с излишней потерей металла.

Боковые шаговые иожи следует применять лишь в двух случаях:

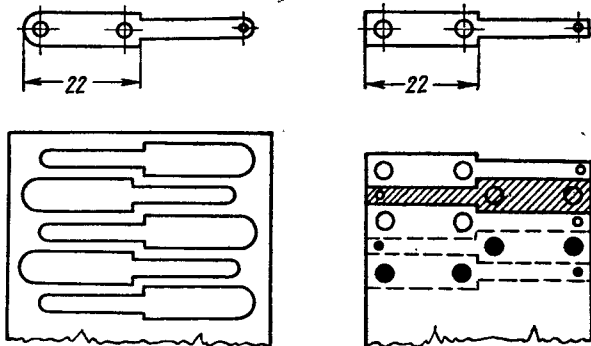
1) когда они являются не только способом ограничения подачи материала, но одновременно производят фигурную обрезку бокового контура деталн:

2) когда нельзя применить другой тип упора, как, например, в некоторых случаях малоотходной штамповки.



Фиг. 269. «Цепочечный» метод раскроя при штамповке на специальных штамповочных автоматах.

В большинстве случаев вместо боковых шаговых ножей могут быть применены другие типы упоров (автоматический, полуавтоматический, или упор в виде боковой защелки, фиксирующей по угловой зарубке).

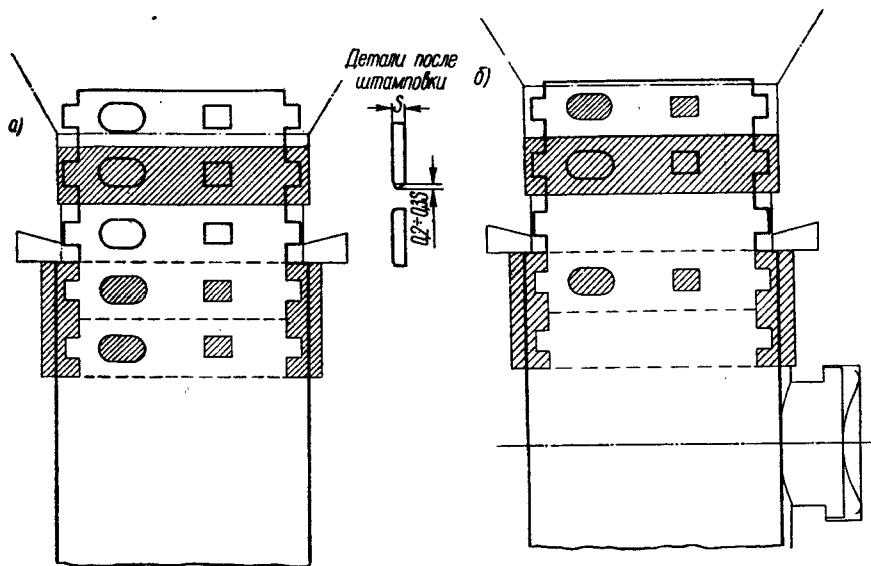


Фиг. 270. Пример перехода на безотходную штамповку.

При многооперационной последовательной вытяжке в ленте применение боковых шаговых ножей также не вызывается необходимостью, так как полученная на первых переходах сферическая выпуклость в ленте позволяет центрировать ее по гнездам матриц следующих переходов, до тех пор, пока лента не дойдет до постоянного упора.

Наибольшее значение для экономии металлов имеет широкое применение безотходных и малоотходных раскроев, или, как упрощенно называют, безотходной и малоотходной штамповки.

До недавнего времени эти способы штамповки применялись главным образом при изготовлении грубых деталей из сравнительно толстого материала в дорожном и сельскохозяйственном машиностроении, в вагоностроении, в производстве скобяных изделий и т. п. Поэтому создалось ошибочное представление о том, что для более точных деталей или деталей, изготавливаемых из более тонкого материала, эти способы штамповки не применимы.



Фиг. 271. Изменение схемы малоотходного штампа для устранения дефектов:
а — старый способ; б — новый способ.

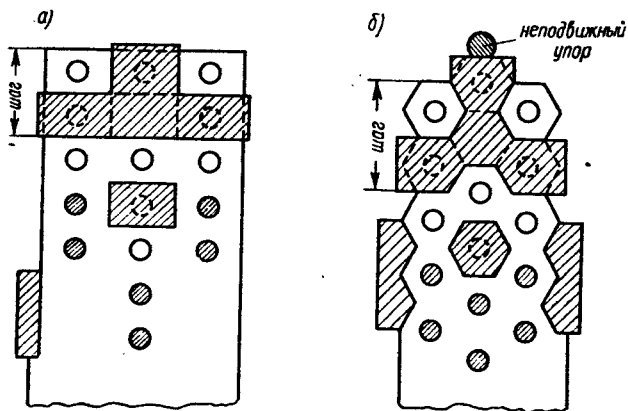
Опыт работы по экономии металла на передовых заводах Советского Союза показал, что способы безотходной и малоотходной штамповки с успехом применимы в электротехнической и радиотехнической промышленности, приборостроении и аппаратостроении и обеспечивают точность контура в пределах 7-го, а иногда и 5-го класса точности.

На фиг. 270 изображен пример перехода с обычной на безотходную штамповку при незначительном изменении конфигурации детали. Полученная экономия материала составляет 29%. При этом применена штамповка с двухшаговой подачей, позволяющая получать по две детали за каждый ход пресса; одна из них вырубается на провал, а вторая отрезается и удаляется по наклонному скосу матрицы.

Недостатком штамповки с двухшаговой подачей является приподнимание отрезаемой детали, в результате чего получается различный характер поверхности среза у вырубаемой и отрезаемой детали с образованием скоса у отрезаемой детали (фиг. 271, а). Поэтому отрезаемая деталь получается по ширине несколько больше вырубаемой детали.

На фиг. 271, б изображен способ, устраняющий этот недостаток путем переноса одной пары пробивных пуансонов на отрезаемую деталь, вследствие чего она не может приподняться при отрезке.

На фиг. 272 приведены схемы малоотходной последовательной штамповки мелких квадратных и шестигранных гаек по 6 шт. за каждый ход пресса при двухшаговой подаче, причем четыре гайки вырубаются на провал,



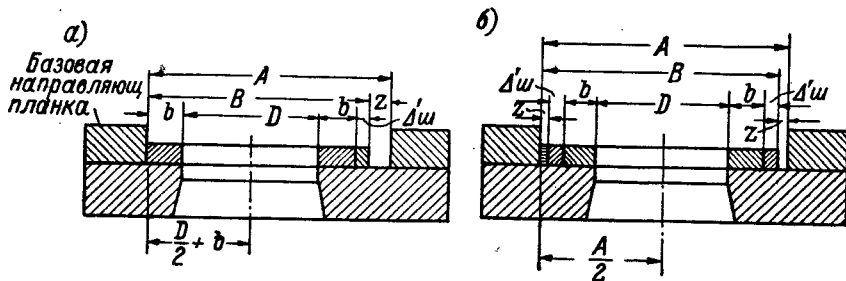
Фиг. 272. Последовательная малоотходная штамповка гаек по 6 шт. одновременно:

a — квадратные; *b* — шестигранные.

а две остаются на поверхности штампа [106]. Этот способ штамповки мелких гаек является наиболее производительным из всех существующих.

Определение ширины полосы

Величины боковых перемычек, указанные в табл. 119, являются приближенными, так как в действительности они зависят не только от способа работы (с боковым прижимом или без него), но и от допусков по ширине полосы.



Фиг. 273. К подсчету номинальной ширины полосы:

a — штамповка с боковым прижимом; *b* — штамповка без бокового прижима

Подсчет номинальной ширины полосы производится исходя из условия сохранения минимально необходимой боковой перемычки (*b*) при различных способах подачи и различных допусках по ширине полосы.

На фиг. 273 изображены схемы к подсчету номинальной ширины полосы для штамповки с боковым прижимом и без бокового прижима при минусовом направлении допуска по ширине ленты.

Расчетные формулы для определения номинальной ширины полосы B и просвета A между направляющими штампа приведены в табл. 122.

Таблица 122

Формулы для подсчета номинальной ширины полосы

Способ подачи	Схема	Номинальная ширина полосы	Просвет между направляющими штампа
С боковым прижимом полосы	См. фиг. 273, а	$B = D + 2b + \Delta_{\text{ш}}$	$A = B + z =$ $= D + 2b + \Delta_{\text{ш}} + z$
Без бокового прижима полосы	См. фиг. 273, б	$B = D + 2 \times$ $\times (b + \Delta_{\text{ш}}) + z$	$A = B + z =$ $= D + 2(b + \Delta_{\text{ш}} + z)$

Принятые обозначения:

B — номинальная ширина полосы;

A — просвет между направляющими штампа;

D — размер вырезаемой детали (поперек полосы);

b — наименьшая величина боковой перемычки по табл. 119;

z — гарантийный зазор между направляющими и наибольшей возможной шириной полосы;

$\Delta_{\text{ш}}$ — односторонний (минусовый) допуск на ширину полосы.

При работе с боковым прижимом номинальная ширина полосы получается меньше, чем при работе без бокового прижима, на сумму величины гарантийного зазора и допуска на ширину полосы.

Для массового производства это имеет и экономическое значение, давая существенную экономию материала,

При автоматической валковой подаче боковые прижимы не применяются, так как боковое трение вызывает торможение и проскальзывание ленты, вследствие чего нарушается подача материала.

Для материалов толщиной менее 0,3 мм боковые прижимы не применяются.

Основные правила подсчета номинальной ширины полосы:

1) номинальная ширина полосы зависит от величины допуска на нее, включая последний в виде прибавки к ширине;

2) при штамповке с боковым прижимом номинальная ширина полосы не зависит от величины гарантийного зазора z , что позволяет применить ленты или полосы менее точные по ширине;

3) при штамповке без бокового прижима номинальная ширина полосы зависит от величины зазора z , который должен быть выдержан в возможно меньших пределах, иначе может произойти выход контура вырезки за край полосы.

В табл. 123 приводятся значения отдельных величин, входящих в формулы для подсчета ширины полосы.

В табл. 124 и 125 приведены допуски на стальную ленту холодной прокатки по ГОСТ 503—41 и ГОСТ 2284—43, а в табл. 126 допуски на ширину полос, нарезанных на гильотинных ножницах.

Необрезную ленту можно применять или в штампах с боковым прижимом, или при заведомо увеличенных боковых перемычках.

Полученные результаты подсчета ширины полосы следует округлить до 0,5 или 1 мм в большую сторону.

Таблица 123

Величина гарантийного зазора z в мм

Ширина полосы	Способ направления полосы		
	без бокового прижима ¹	без бокового прижима для встречного раскроя	с боковым прижимом
До 100	0,5—1,0	1,5—2	До 5
Свыше 100	1,0—1,5	2—3	До 8

Бóльшие значения для бóльшей толщины материала.

Таблица 124

Допуски на ширину стальной низкоуглеродистой обрезной ленты холодной прокатки (по ГОСТ 503—41) в мм

Толщина в мм	Допуски на ширину ленты ($-\Delta_{ш}$)			
	для ленты нормальной точности Н шириной		для ленты повышенной точности ВШ и В шириной	
	до 100	свыше 100	до 100	свыше 100
0,05—0,5	-0,3	-0,5	-0,15	-0,25
0,55—1,0	-0,4	-0,6	-0,3	-0,4
Свыше 1,0	-0,6	-0,8	-0,4	-0,6

Таблица 125

Допуски на ширину обрезной ленты из конструкционной стали (по ГОСТ 2284—43) в мм

Толщина в мм	Допуски на ширину ленты ($-\Delta_{ш}$)	
	нормальной точности	повышенной точности
0,1—0,5	-0,3	-0,2
0,5—1,0	-0,4	-0,3
Свыше 1,0	-0,6	-0,4

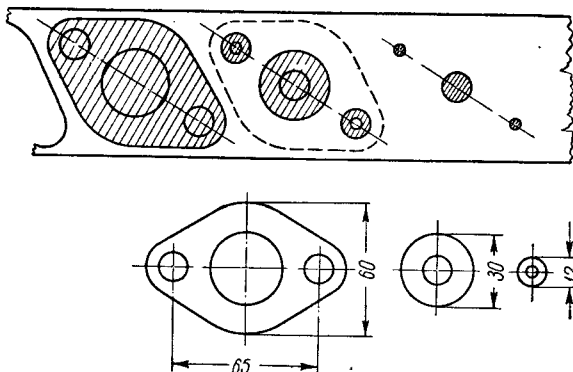
Таблица 126

Допуски на ширину полос, нарезанных на гильотаных ножницах ($-\Delta_{ш}$), в мм

Ширина полосы в мм	Толщина материала			
	до 1	1—2	2—3	3—5
До 100	-0,6	-0,8	-1,2	-2,0
Свыше 100	-0,8	-1,2	-2,0	-3,0

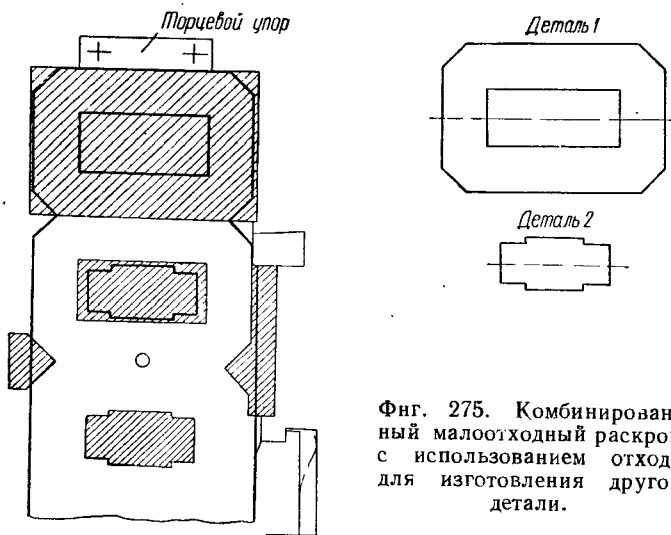
Использование отходов и другие методы экономии металла

В борьбе за экономию металла большое значение имеет использование отходов для изготовления более мелких деталей. Это позволяет отказаться от заказа листового металла на эти детали и значительно повышает общий коэффициент использования металла на производстве.



Фиг. 274. Комбинированный раскрой с согласованием размеров деталей.

На фиг. 274 изображен способ комбинированного раскроя трех деталей, причем размеры шайб и отверстий согласованы, и шайбы получаются при последовательной штамповке из отходов.



Фиг. 275. Комбинированный малоотходный раскрой с использованием отхода для изготовления другой детали.

На фиг. 275 показана схема комбинированного малоотходного раскроя двух деталей трансформаторной катушки, причем для детали 2 как бы используется отход от вырезаемого окна детали 1.

Особенно эффективно использование отходов в производстве, имеющем крупные отходы листового металла.

Так как иногда отходы получают деформированными, то на некоторых заводах их подвергают предварительной правке на специальных вальцах.

Заслуживает большого внимания опыт ряда заводов по прокатке полосовых отходов на меньшие толщины. Это позволяет более широко и полноценно использовать отходы и значительно увеличить коэффициент использования металла.

Нередко в массовом производстве получается излишний расход металла вследствие применения стандартной ленты повышенной ширины. В том случае, когда стандартная ширина ленты (интервалы 3 и 5 мм) приводит к излишнему расходу металла, следует заказывать мерную ленту нестандартной ширины.

В автомобильном производстве при изготовлении кузовных (облицовочных) деталей применяются некоторые методы [90, 207], дающие значительную экономию металла, как-то:

1. Изменение формы вытяжки и линии прижима, позволяющее уменьшить глубину вытяжки (а следовательно, и расход металла) при сохранении пространственной формы изделия.

2. Уменьшение размеров вытягиваемых заготовок путем применения ступенчатых вытяжных ребер, расположенных у вытяжной кромки матрицы.

3. Уменьшение глубины вытяжки путем максимального приближения линии обрезки к поверхности прижима, а также путем оставления части борта в плоском фланце с последующей отбортовкой.

4. Использование деформированных отходов, а также материала лопнувших или забракованных деталей.

5. Установление характера, количества, последовательности и совмещенности операций [77]

Характер операций (деформаций) определяется в основном геометрической формой и конфигурацией штампуемых деталей, состоянием их поверхности (гладкая или рельефная) и наличием вырезов или отверстий и т. п.

Количество и последовательность операций определяются конфигурацией и сочетанием конструктивных элементов детали, требуемой точностью и необходимостью соблюдения баз обработки.

Многообразные встречающиеся на практике конфигурации и различных сочетаний конструктивных элементов вместе с разнообразными техническими требованиями и экономическими предпосылками не позволяют установить типовое решение, применимое для любого случая. Поэтому могут быть даны лишь следующие общие указания:

1. Как правило, необходимо стремиться к наименьшему количеству операций и увеличению их производительности. Исключением может быть штамповка в мелкосерийном производстве в том случае, если уменьшение количества операций приводит к необходимости изготовления сложных дорогостоящих штампов.

2. При штамповке плоских деталей сложной конфигурации или с большим количеством пазов и отверстий целесообразно производить пробивку отверстий рядами (в случае близкого их расположения), вырубку пазов ротора или насечку ленточных пил поштучно — на автоматах, пробивку большого числа боковых отверстий на вытянутых изделиях группами с поворотом изделия — за несколько ходов пресса, но с применением простых и стойких штампов.

3. В ряде случаев последовательность операций зависит от требуемой точности отдельных элементов изделия. Так, например, при изготовлении изогнутой детали с отверстиями, в случае невысокой точности положения отверстий относительно базы, пробивку их следует производить в плоской

заготовке; в случае же высокой точности, превышающей погрешности при гибке, пробивку отверстий следует производить после гибки.

4. При изготовлении сложно изогнутых деталей замкнутой или полузамкнутой конфигурации количество операций гибки и их совмещенность зависят от конфигурации детали, требуемой точности и экономической целесообразности применения дорогих сложно-гибочных (клиновых, шарнирных и т. п.) штампов.

5. Количество последовательных операций вытяжки зависит от относительной глубины деталей и определяется известными методами по оптимальной величине коэффициентов вытяжки (табл. 60 и 62).

6. В большинстве случаев после глубокой вытяжки необходимо произвести обрезку края детали, так же, как и после холодного выдавливания.

7. При повышенных требованиях к геометрической форме плоских деталей следует предусматривать их правку в штампах.

8. Для деталей, требующих повышенной чистоты поверхности среза, необходимо предусматривать зачистку после вырубki или чистовую вырубку (гл. II).

9. При изготовлении полых деталей без дна следует отдать предпочтение операции отбортовки перед вытяжкой.

В случае высокой стенки борта желательно применить неглубокую вытяжку с последующей пробивкой и отбортовкой дна, или отбортовку с утонением стенок (гл. V).

10. При изготовлении полых или гнутых деталей с острым углом вместо закругления необходимо после вытяжки или гибки применить операцию калнбровки.

Наиболее сложным вопросом, возникающим перед технологом при разработке технологических процессов холодной штамповки, является вопрос о совмещенности операций, т. е. о том, применять ли сложные и дорогие комбинированные штампы, выполняющие сразу несколько операций, или применять раздельную пооперационную штамповку простыми и дешевыми штампами.

При изготовлении очень мелких деталей целесообразно применять комбинированные штампы, дающие полностью законченные детали, так как пооперационная штамповка с установкой заготовок вручную пинцетом недостаточно производительна и небезопасна.

Сложные комбинированные штампы оказываются целесообразными и в случае штамповки весьма крупных деталей, так как один крупный совмещенный штамп обходится дешевле, чем два таких же крупных однооперационных штампа.

В большинстве остальных случаев, при соблюдении всех требований технического характера, изготовление штампованных деталей может быть осуществлено различными технологическими способами и вариантами технологического процесса.

Наиболее рациональным вариантом будет тот, который обеспечивает наименьшую себестоимость деталей и является наимыгоднейшим с экономической точки зрения. Следовательно, вопросы экономической целесообразности имеют решающее значение при выборе технологического процесса и типа штампа.

Экономическая целесообразность применения более сложных и дорогих комбинированных штампов зависит от серийности производства, так как их применение выгодно лишь в том случае, когда экономия по заработной плате покрывает увеличение затрат на изготовление инструмента. Наименьшее количество деталей, при котором окупается повышенная стоимость комбинированных штампов, определяется по следующей формуле [79]:

$$N > \frac{P_k - P}{M - M_k + (Z - Z_k) \left(1 + \frac{H}{100}\right)},$$

где N — наименьший годовой выпуск в шт.;
 P_k и P — годовой расход на комбинированный и простые штампы (первоначальная стоимость плюс ремонт);
 M_k и M — стоимость материала, идущего на одну деталь при обоих вариантах штамповки;
 Z_k и Z — размер основной производственной заработной платы при тех же вариантах;
 H — размер накладных (косвенных) расходов в процентах.

На практике иногда возникают затруднения при выборе типа штампа совмещенного или последовательного действия. Оба типа штампов, как и сами способы штамповки, имеют достоинства и недостатки, непосредственно отражающиеся на качестве, точности и стоимости детали. Каждый из этих способов штамповки имеет свою область применения и определенные ограничения как технического, так и экономического характера.

В табл. 127 приведены характеристики штампов совмещенного и последовательного типов.

Таблица 127

Преимущества и недостатки штампов совмещенного и последовательного типов

Характеристика	Штампы совмещенного типа	Штампы последовательного типа
Точность штамповки	Повышенная точность (3—5-го класса точности)	Средняя и пониженная точность (5—8-й классы точности)
Качество вырубленных деталей	Отсутствие погнутости, лучший срез благодаря прижиму материала. Одновременная правка	Погнутость (выворачивание небольших деталей, требующее применения операции правки)
Наибольшие размеры деталей и средний диапазон толщины	Свыше 3000 мм при толщине до 3 мм (диапазон толщин от 0,05 до 3—4 мм)	До 250 мм с диапазоном толщин от 0,2 до 6 мм
Производительность штамповки	Меньшая производительность вследствие выбрасывания деталей на поверхность штампа и необходимости их удаления (ручного или механического)	Повышенная производительность благодаря автоматической передаче заготовки с операции на операцию и автоматическому удалению деталей
Возможность работы на быстроходных прессах-автоматах	Не рекомендуется вследствие расстройств пружинно-буферной системы	Возможна работа на быстроходных прессах с числом ходов 400 в минуту и выше
Безопасность работы	Небезопасная работа (введение рук в рабочую зону штампа) требует принятия мер по технике безопасности	Более безопасная работа, исключающая введение рук в рабочую зону штампа
Применение многорядного способа штамповки	Применяется на прессах двойного действия для изготовления мелких колпачков	Широко применяется для изготовления плоских, гнутых и полых деталей небольших размеров
Сложность и стоимость изготовления штампов	Для вырубки деталей сложной конфигурации — сложность и стоимость меньше последовательных штампов	Для вырубки деталей простой конфигурации сложность и стоимость меньше совмещенных штампов

В табл. 128 даны общие указания по выбору типа совмещенного или последовательного штампа в крупносерийном и массовом производстве.

В массовом производстве мелких деталей, обычно не требующих большой точности, штампы последовательного типа получили широкое применение, так как они обеспечивают максимальную производительность и механизацию производственных процессов.

Таблица 128

Выбор типа комбинированного штампа

Степень точности деталей	Размеры деталей в мм		
	крупные (300—1000)	средние (50—200)	мелкие (до 50)
Повышенная (3—4-й классы точности)	Совмещенный штамп	Совмещенный штамп	Совмещенный штамп, иногда последовательный, с калибровкой
Средняя (5—7-й классы точности)	Совмещенный штамп	Совмещенный или последовательный штамп	Последовательный штамп
Пониженная (8—9-й классы точности)	—	Последовательный штамп	Последовательный штамп

При этом, в целях значительного увеличения производительности и экономии металла широко применяются многорядные последовательные штампы, имеющие 2, 3, 5, 7, 9 или 11 рядов и выпускающие за каждый ход пресса такое же количество готовых деталей. Возможность применения многорядной последовательной штамповки мелких деталей определяется, главным образом, масштабами производства и экономической целесообразностью. Последняя определяется путем нахождения наименьшего количества деталей, при котором увеличение затрат на многорядные штампы покрывается экономией на себестоимости деталей по приведенной выше формуле.

Необходимо указать, что при многорядной штамповке стоимость штампов возрастает меньше, чем увеличение кратности; так, например, для мелких деталей типа шайб и гаек существуют следующие соотношения между стоимостью штампов:

Однорядный	1
Трехрядный	1,5—1,7
Пятирядный	1,8—2,2

Это обстоятельство значительно увеличивает эффективность применения многорядных последовательных штампов.

В результате решения указанных выше технологических вопросов выявляется технологическая схема штампа, которая должна отражать:

- 1) тип штампа в соответствии с характером производимых деформаций;
- 2) количество одновременно выполняемых операций или переходов (совмещенность операций);
- 3) способ выполнения операций во времени (последовательно или параллельно);
- 4) количество одновременно штампуемых деталей;
- 5) схему расположения рабочих частей штампа;
- 6) способ подачи и фиксации материала или заготовки в штампе;
- 7) способ удаления деталей и отходов.

Технологическая схема штампа является заданием для конструирования штампа.

Нередки случаи, когда в процессе конструирования штампа выявляется необходимость изменения намеченного технологического процесса.

6. Точность штампованных деталей и операционные допуски

Точность холодноштампованных деталей еще недостаточно изучена, а система допусков для этих деталей пока не создана.

Применяемая на практике оценка погрешностей штампованных деталей в классах точности по ГОСТ является условной и приближенной.

Точность холодноштампованных деталей зависит от ряда факторов, являющихся причиной образования особых погрешностей, как, например:

1) упругие и пластические свойства материала, определяющие величину упругих деформаций (упругого пружинения), а следовательно, для гнутых и полых деталей — погрешности формы, а для плоских деталей — погрешности линейных размеров (одновременно с влиянием величины зазора);

2) геометрические размеры деталей (толщина, линейные размеры), с увеличением которых возрастает абсолютная величина погрешностей штамповки;

3) тип штампа и способ фиксации заготовки, определяющие величину погрешностей от установки заготовки;

4) структура технологического процесса (количество и последовательность операций, с увеличением числа которых происходит накопление погрешностей);

5) степень деформации при гибке (упруго-пластическая или полностью пластическая деформация), определяющая величину упругого пружинения и требующая в ряде случаев применения гибки с растяжением;

6) точность изготовления штампа, от которой зависит начальная (достижимая) точность штампуемых деталей;

7) износ штампа, зависящий, в свою очередь, от конструкции и способа направления, а также от материала и термообработки рабочих частей штампа. Износ штампа определяет конечную точность деталей.

Сложность аналитического определения суммарной погрешности заключается во взаимосвязи перечисленных факторов и взаимно компенсирующем влиянии некоторых погрешностей.

Кроме того, абсолютная величина погрешностей в значительной мере зависит от конкретных производственных условий. Все это усложняет и затрудняет разработку единой системы допусков для штампованных деталей.

Для холодноштамповочного производства наибольшее значение имеет не предельно достижимая точность штампуемых деталей, а так называемая экономическая точность, под которой следует понимать технически осуществимую и экономически наиболее выгодную точность выполнения данной операции с учетом предельно допустимого износа штампа.

Отсюда следует, что в серийном и мелкосерийном производстве аналогичных деталей экономическая точность несколько выше, чем в крупносерийном и массовом производстве, так как вследствие небольшого выпуска общий износ штампа в серийном производстве меньше, а конечная точность выше.

В табл. 129—131 приведены приближенные значения величины допусков для плоских штампуемых деталей, установленные применительно к условиям серийного производства небольших изделий [105].

В табл. 132 приведены допуски на смещение отверстий от наружного контура для различных способов штамповки.

При штамповке изогнутых деталей их неточность складывается из двух погрешностей:

1) размерных погрешностей, зависящих, главным образом, от точности фиксации и устойчивости заготовки в процессе изгиба;

2) погрешностей формы, зависящих от упругости материала, отношения $\frac{r}{S}$ и степени наклепа в месте перегиба.

Размерные погрешности изогнутых деталей выражаются, главным образом, в отклонении по высоте загибаемых полок, или в отклонениях расстояния

Таблица 129

Допуски на наружные размеры плоских деталей в мм

Толщина материала в мм	Тип штампа											
	вырубной обычной точности				вырубной повышенной точности				зачистной			
	Размеры детали в мм											
	до 10	10—50	50—150	150—300	до 10	10—50	50—150	150—300	до 10	10—50	50—150	
0,2—0,5	0,08	0,1	0,14	0,2	0,025	0,03	0,05	0,08	—	—	—	
0,5—1	0,12	0,16	0,22	0,3	0,03	0,04	0,06	0,10	0,012	0,015	0,025	
1—2	0,18	0,22	0,3	0,5	0,04	0,06	0,08	0,12	0,015	0,02	0,03	
2—4	0,24	0,28	0,4	0,7	0,06	0,08	0,10	0,15	0,025	0,03	0,04	
4—6	0,3	0,35	0,5	1,0	0,10	0,12	0,15	0,20	0,04	0,05	0,06	

Таблица 130

Допуски на размеры отверстий в мм

Толщина материала в мм	Тип штампа									
	пробивной обычной точности			пробивной повышенной точности			зачистной			
	Размеры отверстия в мм									
	до 10	10—50	50—150	до 10	10—50	50—150	до 10	10—50		
0,2—1	0,05	0,08	0,12	0,02	0,04	0,08	0,01	0,015		
1—2	0,06	0,10	0,16	0,03	0,06	0,10	0,015	0,02		
2—4	0,08	0,12	0,20	0,04	0,08	0,12	0,025	0,03		
4—6	0,10	0,15	0,25	0,05	0,10	0,15	0,04	0,05		

Таблица 131

Допуски на расстояния между центрами отверстий в плоских деталях в мм

Толщина материала в мм	Тип штампа						
	пробивной обычной точности			пробивной повышенной точности			
	Расстояния между центрами отверстий в мм						
	до 50	50—150	150—300	до 50	50—150	150—300	
До 1	±0,1	±0,15	±0,2	±0,03	±0,05	±0,08	
1—2	±0,12	±0,20	±0,3	±0,04	±0,06	±0,10	
2—4	±0,15	±0,25	±0,35	±0,06	±0,08	±0,12	
4—6	±0,2	±0,30	±0,4	±0,08	±0,10	±0,15	

между отверстиями, или расстояния от базы до оси отверстия в том случае, когда отверстия пробиты в плоской заготовке (до гибки).

Эти погрешности зависят от точности фиксации заготовки и ее устойчивости при изгибе в зависимости от нарушения симметричности изгиба и способа прижима и могут быть выражены в долях толщины материала (табл. 133)

В случае пробивки отверстий после гибки достижима более высокая точность их расположения, а допуски могут быть взяты по табл. 131 и 132.

Таблица 132

Допуски на смещение отверстий от наружного контура в мм

Тип штампа и способ фиксации заготовок	Точность изготовления штампа	Размеры изделий в мм		
		до 30	30—100	100—200
Совмещенный	Повышенная Обычная	$\pm 0,015$ $\pm 0,02$	$\pm 0,02$ $\pm 0,03$	$\pm 0,025$ $\pm 0,04$
Последовательный с ловителем	Повышенная Обычная	$\pm 0,05$ $\pm 0,10$	$\pm 0,10$ $\pm 0,15$	$\pm 0,12$ $\pm 0,20$
Последовательный без ловителя	Повышенная Обычная	$\pm 0,10$ $\pm 0,20$	$\pm 0,15$ $\pm 0,30$	$\pm 0,25$ $\pm 0,40$
Пробивной с фиксацией по контуру	Повышенная Обычная	$\pm 0,08$ $\pm 0,15$	$\pm 0,12$ $\pm 0,20$	$\pm 0,18$ $\pm 0,30$

Таблица 133

Допуски по высоте отгибаемых полок, по расстоянию между отверстиями и расстоянию от базы до оси отверстия в случае гибки после пробивки отверстий [105]

Тип штампа	Отклонения в мм
Без прижима	$\pm(0,3-0,4) S$
С пружинным прижимом	$\pm(0,05-0,1) S$
С фиксацией кернами (мелькие детали)	$\pm(0,1-0,15) S$
С фиксацией на отверстия (крупные детали)	$\pm(0,1-0,20) S$

С увеличением количества отдельных операций гибки точность увеличивается вследствие нарастания погрешностей.

Поэтому целесообразно уменьшать количество отдельных операций гибки за счет усложнения конструкции гибочного штампа.

Отклонение от заданной формы или непараллельности сторон зависит от величины пружинения материала, рассмотренного в гл. III.

Для уменьшения величины пружинения в случае П-образной гибки применяют обратный легкий выгиб средней полки, а в случае угловой и

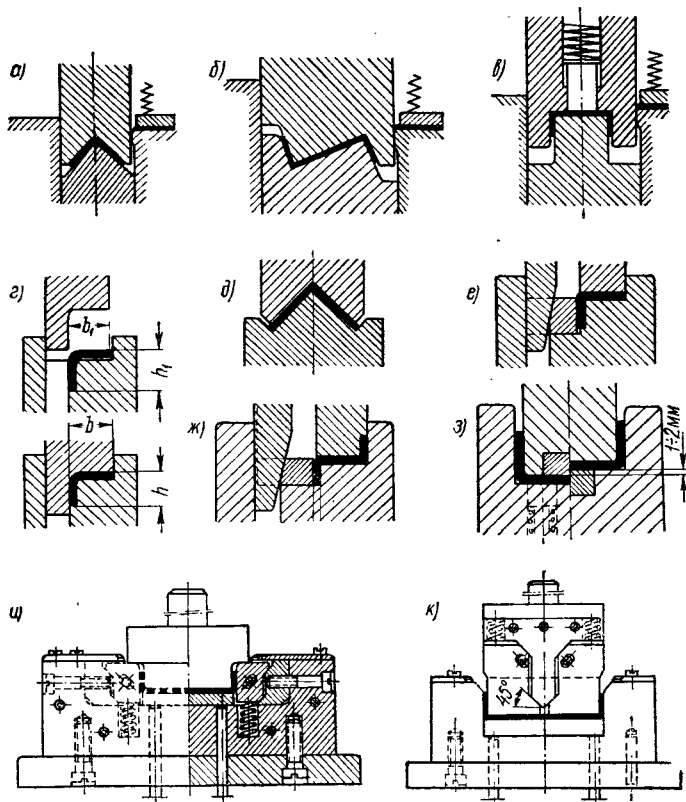
сложной гибки — калибровку с уменьшением радиуса закругления и учетом угла пружинения.

На фиг. 276 приведены различные способы, применяемые для получения гнутых деталей повышенной точности [17], [66]: 1) одновременная отрезка и гибка простых деталей (фиг. 276, а, б и в), что обеспечивает одинаковый размер полок; 2) калибровка высоты и ширины полок согнутых деталей (фиг. 276, г—ж); 3) гибка скобы с разрезкой ее на две угловые детали (фиг. 276, з); 4) гибка и правка углов и боковых полок при помощи клиньев с обжимом по пуансону (фиг. 276, и) или по матрице (фиг. 276, к).

При вытяжке полых деталей наибольшее значение имеют допуски по наружным размерам (диаметру и высоте) детали.

Отклонения размеров по диаметру вытягиваемых деталей зависят в основном от следующих причин:

1) увеличения размеров детали по выходе из штампа вследствие упругих деформаций — пружинения, достигающего наибольшей величины у верхнего края детали;



Фиг. 276. Способы получения гнутых деталей повышенной точности.

2) величины зазора между пуансоном и матрицей, определяющего величину конусности еще в момент вытяжки;

3) точности изготовления рабочих частей штампа и степени их износа.

Наибольшее значение имеет упругое увеличение размеров у верхнего края детали, зависящее, главным образом, от коэффициента вытяжки и относительной толщины заготовки $\frac{S}{D}$ (в обратной зависимости).

В табл. 134 приведены приближенные значения допусков по диаметру цилиндрических полых деталей без фланца при обычной точности изготовления штампа.

В случае вытяжки деталей с широким фланцем упругое увеличение размеров значительно уменьшается, благодаря чему допуски могут быть взяты меньшими, примерно равными допускам после калибровки (табл. 134).

Таблица 134

Допуски по диаметру цилиндрических полых деталей без фланца, в % от диаметра

Коэффициент вытяжки, m	Первая вытяжка			Калибровка		
	при отношении $\frac{S}{D} \cdot 100$			при отношении $\frac{S}{D} \cdot 100$		
	2—1	1—0,3	0,3—0,1	2—1	1—0,3	0,3—0,1
0,8	0,3	0,4	0,5	0,12	0,16	0,2
0,7	0,4	0,5	0,6	0,16	0,2	0,25
0,6	0,5	0,6	0,7	0,2	0,25	0,3
0,5	0,6	0,7	—	0,25	0,3	—
0,4	0,7	—	—	0,3	—	—

Отклонения по высоте полых деталей зависят от многих причин, как-то: глубины вытяжки, степени анизотропии холоднокатанного материала и образования так называемых фестонов, неточности фиксации заготовки, неравномерности толщины материала, зазора и смазки и т. п.

Поэтому в подавляющем большинстве случаев детали после вытяжки подвергаются обрезке, для чего предусматривается припуск на обрезку (см. гл. IV).

Без обрезки вытягиваются лишь неглубокие детали с коэффициентом вытяжки $m = 0,8 - 0,7$, причем достижимая точность соответствует 3—4-му классу в случае одновременной вырезки и вытяжки и 4—5-му классу — в случае вытяжки из штучной заготовки.

Величина допуска на высоту обрезанных деталей зависит от способа обрезки и примерно составляет:

При обрезке в комбинированном штампе вместе с вытяжкой	0,1—0,2 мм
При обрезке в обрезном штампе	0,2—0,3 мм
При обрезке фланца с последующей отбортовкой	0,2—0,4 мм
При обрезке на обрезных станках	0,2—0,5 мм

При вытяжке деталей с фланцем точность по высоте может быть выдержана в пределах 3—4-го класса, а после калибровки — в пределах 2-го и 2а класса.

Точность изготовления деталей, полученных операциями объемной штамповки (чеканка, осадка, калибровка, холодное выдавливание и др.), приведена в гл. VI.

При разработке технологических процессов холодной штамповки должны быть установлены операционные допуски для всех базовых операций и о н н ы х р а з м е р о в, относящихся к установочным базовым поверхностям, служащим для фиксации детали на последующих операциях, и подвергаемых операционному техническому контролю.

При штамповке в одну операцию при любой степени сложности вместо операционных допусков проставляется окончательный допуск.

На свободных операционных размерах допуски не проставляются.

Установление операционных допусков производится в соответствии с экономическими точностями того или иного вида штамповки (табл. 129—134).

В случае, если экономические точности штамповки не обеспечивают получения заданных конструктивных допусков, в технологическом процессе должны быть предусмотрены дополнительные операции (калибровки, правки, зачистки и т. п.) или применены штампы повышенной точности.

7. Выбор типа и давления пресса

При выборе типа и давления пресса исходят из следующих соображений:

- 1) тип пресса и величина хода ползуна должны соответствовать технологической операции;
- 2) давление, развиваемое прессом, должно соответствовать или быть больше усилия, требуемого для штамповки;
- 3) закрытая высота пресса должна соответствовать или быть больше закрытой высоты штампа;
- 4) габариты стола и ползуна пресса должны обеспечивать возможность установки и закрепления штампов и подачу заготовок, а отверстие в столе пресса — свободное проваливание штампуемых деталей (при штамповке «на провал»);
- 5) число ходов пресса должно обеспечивать достаточно высокую производительность штамповки;
- 6) в зависимости от рода работы должно быть предусмотрено наличие специальных устройств и приспособлений (буферы, выталкиватели, механизмы подачи и т. п.);
- 7) удобство и безопасность обслуживания пресса должны соответствовать требованиям техники безопасности.

Таким образом, основными техническими параметрами для выбора пресса являются: давление, величина хода, закрытая высота и размеры стола пресса.

Технические характеристики главнейших типов прессов приведены в приложении I.

При выборе пресса его давление обычно берут несколько выше, чем требуется по расчету, так как применение более сильного пресса обеспечивает лучшую жесткость в работе, меньшее пружинение станины и большую стойкость штампов, что значительно перекрывает потери от небольшого снижения к. п. д. и предохраняет пресс от поломки при случайном попадании более толстой заготовки. Особенно большое значение это имеет при калибровке, чеканке и объемной штамповке.

Только для крупных и мощных прессов давление пресса берется в соответствии с требуемым по расчету.

Следует помнить, что каталожные и паспортные данные приводят давление кривошипных прессов в конце рабочего хода (в нижней мертвой точке); это необходимо учитывать в случае операций, требующих большой величины рабочего хода, так как давление, развиваемое прессом в начале операции, будет меньше, чем в нижней мертвой точке.

Давление пресса принимается по каталожным или паспортным данным. При отсутствии паспортных данных или при переделке старых прессов их давление может быть определено по прочности коленчатого вала в зависимости от его диаметра.

Максимальное давление кривошипных прессов в m определяется по формуле

$$P = Cd^2,$$

где d — диаметр вала в подшипниках в $см$;

C — коэффициент, зависящий от конструкции вала и величины хода пресса, приведенный внизу табл. 135.

В табл. 135 приведено максимальное давление кривошипных прессов в конце рабочего хода в зависимости от типа пресса и диаметра коленчатого вала.

Давление фрикционных винтовых прессов может быть ориентировочно определено в зависимости от диаметра ходового винта по табл. 136.

Вторым параметром, необходимым для выбора пресса, является величина хода пресса.

Таблица 135

Максимальное давление кривошипных прессов в *т* (в конце рабочего хода)

Диаметр коленчатого вала в мм	Одноствочные (эксцентрикные) прессы	Прессы с С-образной стальной	Одноколенчатые двусточные	Двухколенчатые простого и двойного действия	Одноколенчатые двойного действия
45	8	8—9	—	—	—
57	13	12—15	—	—	—
75	22	25—32	30—40	30—35	25—30
90	35	35—40	40—55	40—55	30—35
100	50	50—55	50—70	55—75	40—50
125	70	85—90	90—115	85—100	70—85
150	100	125	125—160	125—150	120—150
180	130	175	180—230	180—215	170—200
200	—	240	255—305	260—305	245—270
230	—	—	325—380	350—405	300—350
250	—	—	410—490	460—535	380—430
280	—	—	500—600	610—695	460—535
300	—	—	600—700	735—910	550—610
330	—	—	710—800	960—1170	—
350	—	—	830—1000	1220—1420	—
380	—	—	1070—1170	1625—1725	—
Коэффициент С	0,4—0,5	0,5—0,6	0,6—0,8	0,6—1,2	0,5—0,7

Ходом пресса называется движение ползуна пресса вниз и вверх.

Производительность прессов измеряется числом ходов в минуту.

Величиной хода пресса называется расстояние между верхним и нижним положениями ползуна, или путь, пройденный ползуном в одном направлении.

Таблица 136

Наибольшее давление фрикционных прессов в *т*

Диаметр ходового внта в мм	80	100	120	135	150
	Наибольшее давление в <i>т</i>	30	50	80	100

Верхней мертвой точкой (в. м. т.) называется положение кривошипа и шатуна в крайнем верхнем положении. Нижней мертвой точкой (н. м. т.) называется положение кривошипа, шатуна, ползуна и штампа в крайнем нижнем (рабочем) положении.

Выбор пресса по величине хода имеет особое значение для вытяжных и гибочных работ, требующих большой величины хода пресса. Обычно величина хода пресса для вытяжки берется в 2,5 раза больше высоты вытягиваемой детали, для того чтобы обеспечить удобство установки заготовки и удаления готовой детали.

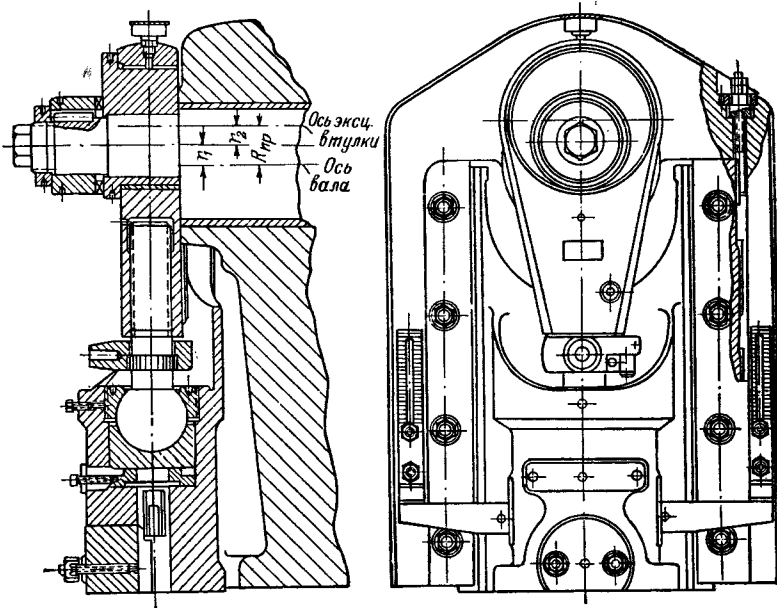
Для вырезных работ не требуется большая величина хода пресса, так как в этом случае достаточно иметь ход пресса на 2—3 мм больше величины просвета между матрицей и съемником.

Благодаря универсальности кривошипных прессов малой и средней мощности их изготавливают с регулируемым по величине ходом.

Желательно устанавливать такую величину хода пресса, чтобы верхняя часть штампа не сходила в в. м. т. с направляющих колонок.

В прессах с постоянной величиной хода шатун надет непосредственно на кривошип или колесо рабочего вала. Величина хода в данном случае равна двойному эксцентриситету кривошипа или колчатого вала.

В прессах с регулируемой величиной хода шатун надет на промежуточную эксцентриковую втулку, сидящую на эксцентричном кривошипе или колесе рабочего вала (фиг. 277).



Фиг. 277. Кривошипно-шатунный механизм пресса.

При вращении рабочего вала вращательное движение эксцентричных частей превращается в возвратно-поступательное движение ползуна пресса.

Регулировка величины хода ползуна пресса производится поворотом эксцентрика относительно кулачковой муфты на соответствующий угол (на некоторое число зубцов). При расположении эксцентриситетов кривошипа и эксцентрика в одном направлении получаем наибольший эксцентриситет

$$R_{\max} = r_1 + r_2$$

и наибольшую величину хода

$$H_{\max} = 2(r_1 + r_2).$$

При расположении эксцентриситетов кривошипа и эксцентрика в диаметрально противоположном направлении получаем наименьший эксцентриситет

$$R_{\min} = r_1 - r_2$$

и наименьшую величину хода

$$H_{\min} = 2(r_1 - r_2).$$

На фиг. 278 изображена схема регулирования эксцентриситета и величины хода кривошипных прессов. На схеме обозначены:

r_1 — радиус эксцентриситета кривошипного вала;

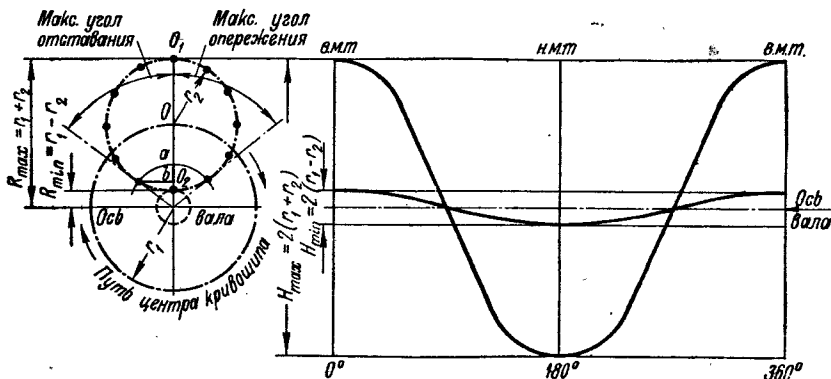
r_2 — радиус эксцентриситета эксцентрика;

R_{\max} и R_{\min} — наибольший и наименьший суммарные эксцентриситеты;

H_{\max} и H_{\min} — наибольшая и наименьшая величины хода.

Черными точками обозначены различные положения оси шатуна в в. м. т. при различном повороте эксцентрикковой втулки, имеющей обычно 12 зубцов.

При наибольшей и наименьшей величине хода пресса в момент его выключения шатун и ползун останавливаются в в. м. т. (ось шатуна в точках O_1 и O_2).



Фиг. 278. Схема регулирования эксцентриситета и величины хода кривошипных прессов.

При промежуточной величине хода и выключенном положении ось головки шатуна находится не на одной вертикали с осью кривошипа, а занимает одно из положений, отмеченных черными точками, а ось стержня шатуна получает наклонное положение. Ось кривошипа в выключенном положении всегда находится в в. м. т. (O).

Следовательно, при регулировке эксцентриситета шатун занимает положение с некоторым углом отставания или опережения относительно оси кривошипа.

Обычно работают с отставанием шатуна и поворот эксцентрика производят в сторону, обратную вращению рабочего вала.

Ползун в данном случае также не находится в в. м. т., а не доходит до нее на величину $a-b$, раннюю подъему оси шатуна до верхнего положения при переходе через вертикальную ось. На фиг. 278 справа изображены кривые движения ползуна за один оборот вала в случае наибольшей и наименьшей величины хода.

Как видно из кривых, при регулировке величины хода открытая высота пресса уменьшается, а закрытая высота увеличивается на величину

$$B = \frac{H_{\max} - H}{2},$$

где H — установленная величина хода.

Регулировка закрытой высоты пресса или расстояния между столом и ползуном производится за счет укорочения или удлинения шатуна, осуществляемого ввинчиванием или вывинчиванием резьбового стержня, соединяющего головку шатуна с ползуном.

Закрытая высота пресса является весьма важной характеристикой для проектирования и установки штампов.

В технической литературе и каталогах нет достаточной четкости в определении закрытой высоты пресса.

В одних источниках закрытой высотой пресса считают расстояние от стола пресса до ползуна в нижнем его положении при наибольшей величине хода и наименьшей длине шатуна. Другие источники закрытой высотой пресса считают расстояние от подштамповой плиты до ползуна пресса при тех же условиях. Последнее определение более правильно и удобно для конструирования штампов.

В табл. 137 дано определение открытой и закрытой высоты кривошипных прессов.

Производительность прессов определяется числом ходов в минуту, которое берется возможно большим и соответствующим характеру работы и типу штампа.

Таблица 137

Определение открытой и закрытой высоты кривошипных прессов

Тип пресса	Регулируемые величины	Открытая высота пресса	Закрытая высота пресса	
			наибольшая	наименьшая
Кривошипный с постоянным ходом	Ход	Вверх	Вниз	Вниз
	Шатун	Укорочен (ввинчен)	Укорочен (ввинчен)	Удлинен (вывинчен)
Кривошипный с регулируемым ходом	Ход	Наибольший, вверх	Наименьший, вниз	Наибольший, вниз
	Шатун	Укорочен (ввинчен)	Укорочен (ввинчен)	Удлинен (вывинчен)
Кривошипный с подъемным столом и регулируемым ходом	Ход	Наибольший, вверх	Наименьший, вниз	Наибольший, вниз
	Шатун	Укорочен (ввинчен)	Укорочен (ввинчен)	Удлинен (вывинчен)
	Положение стола	Опущен	Опущен	Поднят

Увеличение числа ходов пресса имеет особенно большое значение при автоматической подаче материала, а также в случае штамповки небольших деталей из полосы или ленты при ручной подаче материала.

Требования техники безопасности должны быть предусмотрены самой конструкцией и условиями обслуживания пресса, так как работа на прессах наиболее опасна по сравнению с другими видами обработки. Поэтому при работе на прессах должны быть предусмотрены меры безопасности в части оборудования, штампа, способа подачи заготовок и удаления деталей, наличия ограждений и предохранительных устройств, а также по организации рабочего места и соблюдения правил охраны труда.

В отношении прессового оборудования меры безопасности состоят в применении:

- 1) безопасного сцепного механизма, автоматически выключающего сцепление маховика с рабочим валом после каждого хода пресса и предупреждающего получение двойного хода;
- 2) кнопочного или двуручного включения пресса, заставляющего удалять руки со штампа и производить включение сразу обеими руками;
- 3) защитных ограждений педали от непроизвольного включения пресса при случайном падении на педаль тяжелых деталей или инструмента;
- 4) специальных подвижных ограждений и рукоотстранителей в тех случаях, когда ручная работа неизбежна.

В отношении штампов меры безопасности должны быть предусмотрены их конструкцией. Такими мерами являются:

- 1) применение закрытых штампов;
- 2) применение жестких съемников взамен пружинных;
- 3) применение выдвигных и поворотных загрузочных устройств или лотков для подачи заготовок;
- 4) применение автоматических пружинных выбрасывателей деталей;
- 5) сохранение безопасных расстояний между верхней и нижней частями штампа, а также изготовление вырезов в тех местах, где пальцы рабочего приближаются к пуансону штампа.

Наилучшим способом предохранения рабочего от несчастных случаев является применение устройства для автоматической и механизированной подачи материала и заготовок, как при этом либо не требуется непосредственного участия рабочего, либо рабочему не приходится вводить руки в опасную зону. В тех случаях, когда на производстве нет специальных прессов с автоматической подачей материала, рекомендуется снабжать штампы несложными устройствами для механизации подачи заготовок и удаления деталей из штампа.

Кроме того, меры безопасности заключаются в поддержании рабочего места в чистоте и порядке, в правильном и удобном расположении заготовок и инструмента, соблюдении правил работы на прессах и пользовании вспомогательным инструментом.

8. Основы технического нормирования холодноштамповочных работ

Технической нормой времени называется время, необходимое для выполнения данной работы при правильной ее организации и наиболее рациональном использовании оборудования, с учетом производственного опыта передовиков и новаторов производства. При этом имеется в виду изготовление изделий требуемого качества.

Технические нормы времени не являются стабильными и предельными, а изменяются вместе с усовершенствованием технологических методов и средств производства, повышением организационного уровня производства, с ростом технического и культурного уровня рабочего.

При техническом нормировании определяют:

- 1) норму штучного времени $T_{шт}$, необходимого для изготовления одной штуки (операции);
- 2) норму подготовительно-заключительного времени $T_{пз}$ на партию деталей, состоящего в основном из времени на ознакомление с заданием, на подготовку рабочего места (без перестановки штампов), сдачу работы и приведение пресса в порядок.

Норма штучного времени складывается из следующих основных элементов:

$$T_{шт} = t_0 + t_в + t_{об} + t_{ое}$$

где t_0 — основное (технологическое или машинное) время, в минутах;
 $t_в$ — вспомогательное время (подача заготовки, удаление деталей и отход, включение пресса и т. п.), в минутах;

$t_{об}$ — время обслуживания рабочего места (чистка, смазка, уборка отходов и т. п.), в минутах;

$t_{ое}$ — время на отдых и естественные надобности, в минутах.

Сумма основного и вспомогательного времени составляет оперативное время, т. е. время, непосредственно затрачиваемое на выполнение данной операции

$$T_{оп} = t_o + t_{в.}$$

Сумма времени обслуживания рабочего места и времени на естественные надобности и отдых составляет дополнительное время

$$T_{д} = t_{об} + t_{ое}$$

Таким образом, норма штучного времени определяется формулой

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{д}$$

Дополнительное время обычно берется в процентном отношении от оперативного времени и составляет 6% для прессов до 100 м, 10% для прессов от 100 до 300 м и 14% для прессов свыше 300 м.

Следовательно, норма штучного времени может быть выражена следующим образом:

$$T_{шт} = T_{оп} \left(1 + \frac{K}{100} \right),$$

где K — процент дополнительного времени к оперативному.

Для калькуляции и определения себестоимости каждой детали применяют так называемое калькуляционное время, учитывающее подготовительно-заключительное время, приходящееся на одну деталь,

$$T_k = T_{шт} + \frac{1}{m} T_{пз}$$

где m — количество деталей.

Основное (машинное) время определяется в зависимости от числа ходов пресса в минуту n :

а) при автоматической работе пресса

$$t_o = \frac{1}{n};$$

б) при работе отдельно включаемыми ходами

$$t_o = \frac{k}{n},$$

где k — коэффициент, учитывающий время на включение пресса с частичным перекрытием основного времени вспомогательным.

Число ходов пресса	Коэффициент k
30—80	1—1,2
80—150	1,2—1,5
150—250	1,6—1,9

Состав оперативного времени для различных случаев штамповки зависит от рода заготовки, способа подачи, удаления деталей и отходов.

В случае штамповки штучных заготовок оперативное время определяется следующим образом:

$$T_{оп} = t_1 + t_o + t_2 + t_3$$

где t_o — основное (технологическое) время (включить пресс и штамповать);

t_1 — время на прием — взять заготовку и установить ее в штамп;

t_2 — время на прием — удалить деталь из штампа;

t_3 — время на прием — удалить отход.

Время на прием t_3 в ряде операций отсутствует, а в ряде операций перекрывается другими приемами.

В случае штамповки из полосы или ленты по одной детали за рабочий ход («с провалом» деталей) оперативное время находится по следующей формуле:

$$T_{\text{оп}} = \frac{t_1 + t_3}{x} + t_0 + t_2',$$

где t_1 — время на прием — взять полосу или конец бунта с подставки и установить в штамп до упора;

t_2' — время на прием — продвинуть полосу после каждого хода до упора;

x — количество деталей, штампуемых из полосы.

При штамповке по нескольку деталей за рабочий ход формула соответственно изменяется.

При работе «самоходом» с ручной подачей полосы следует учесть, что время передвижения полосы совмещается с машинным (основным) временем,

равным $\frac{1}{n}$.

При работе с автоматической подачей ленты формула оперативного времени еще более упрощается:

$$T_{\text{оп}} = \frac{T_3}{x} + \frac{1}{n},$$

где T_3 — время заправки ленты в валки или зажимы и подачи ее в штамп до упора;

x — количество деталей, штампуемых из бунта (с учетом недоштампованных концов).

В случае многооперационной последовательной штамповки в полосовом материале (не в ленте) для большей точности следует учесть число предварительных ходов пресса до получения первой полной детали на каждую полосу.

В табл. 138 и 139 приведено оперативное время для некоторых операций холодной штамповки.

Таблица 138

Оперативное время для вырубki деталей из полосы в однорядном обычном штампе простого действия, снабженном упором [139]

Ширина полосы в мм	Число ходов пресса в минуту	Шаг штамповки в мм							
		10	20	40	60	80	100	150	200
40	150	0,013	0,015	0,017	—	—	—	—	—
	120	0,014	0,016	0,018	—	—	—	—	—
	100	0,016	0,018	0,020	—	—	—	—	—
	80	0,019	0,021	0,023	—	—	—	—	—
	60	0,023	0,025	0,027	—	—	—	—	—
80	150	0,017	0,019	0,021	0,023	—	—	—	—
	120	0,018	0,020	0,022	0,024	0,027	—	—	—
	100	0,020	0,022	0,024	0,026	0,029	—	—	—
	80	0,023	0,025	0,027	0,029	0,032	—	—	—
	60	0,027	0,029	0,031	0,033	0,036	—	—	—
160	120	—	0,025	0,027	0,030	0,033	0,036	—	—
	100	—	0,027	0,029	0,032	0,035	0,038	0,044	—
	80	—	0,030	0,032	0,035	0,038	0,041	0,047	0,053
	60	—	0,034	0,036	0,039	0,042	0,045	0,051	0,057
	40	—	0,042	0,044	0,047	0,050	0,053	0,059	0,065
20	—	0,066	0,069	0,072	0,075	0,078	0,084	0,090	

Примечание. Длина полосы 1 м. Содержание работы: 1) взять полосу; 2) установить полосу; 3) включить пресс; 4) штамповать; 5) продвинуть полосу на шаг; 6) удалить отход.

Таблица 139

Оперативное время для вырубки, пробивки, гибки и вытяжки обычными штампами из стальной заготовки [139]

Вид фиксации в штампе	Число ходов прессы в минуту	Установка рукой						Установка пинцетом					
		Способ удаления детали											
		столкнуть			отложить			столкнуть			отложить		
		габариты деталей в мм											
		50×50	100×100	200×200	50×50	100×100	200×200	50×50	100×100	200×200	50×50	100×100	200×200
Гвоздь или графит	150	0,021	0,026	0,030	0,023	0,029	0,037	0,022	0,029	0,034	0,026	0,033	0,041
	120	0,022	0,027	0,031	0,024	0,030	0,038	0,023	0,030	0,035	0,027	0,034	0,042
	100	0,024	0,029	0,033	0,026	0,032	0,040	0,025	0,032	0,038	0,029	0,036	0,044
	80	0,027	0,032	0,036	0,029	0,035	0,043	0,028	0,035	0,040	0,032	0,039	0,047
	60	0,031	0,036	0,040	0,033	0,039	0,047	0,032	0,039	0,044	0,036	0,043	0,059
	40	0,039	0,044	0,048	0,041	0,047	0,055	0,038	0,047	0,052	0,044	0,051	0,068
	20	—	0,069	0,073	—	0,072	0,080	—	0,072	0,077	—	0,076	0,083
10	—	0,119	0,123	—	0,122	0,130	—	0,122	0,127	—	0,125	0,133	
Штифты	150	0,036	0,043	0,050	0,042	0,049	0,051	0,040	0,048	0,056	0,045	0,054	0,066
	120	0,037	0,044	0,051	0,043	0,050	0,052	0,041	0,049	0,057	0,047	0,055	0,067
	100	0,039	0,046	0,053	0,045	0,052	0,054	0,043	0,051	0,059	0,049	0,057	0,069
	80	0,042	0,049	0,056	0,048	0,055	0,057	0,046	0,054	0,062	0,052	0,060	0,072
	60	0,046	0,053	0,060	0,052	0,059	0,071	0,056	0,058	0,066	0,056	0,064	0,076
	40	0,054	0,061	0,068	0,060	0,067	0,079	0,066	0,066	0,074	0,064	0,072	0,084
	20	—	0,086	0,093	0,092	0,104	0,117	—	0,091	0,099	—	0,097	0,109
10	—	0,136	0,143	0,142	0,154	0,167	—	0,141	0,149	—	0,147	0,159	

Примечание. Содержание работы: 1) взять заготовку пинцетом или руками и установить ее в штамп; 2) включить пресс; 3) штамповать; 4) удалить деталь из штампа пинцетом или руками.

На основе технических норм времени устанавливаются нормы выработки представляющие количество деталей, подлежащих изготовлению на данной операции в час или за смену.

Время на перестановку штампов в состав нормы времени не входит и учитывается особо для определения загрузки оборудования.

В табл. 140 приведена продолжительность перестановки и наладки крупных штампов по данным Гипросредмаша, а в табл. 141 — время для установки, регулировки и съема небольших штампов.

Таблица 140

Продолжительность перестановки и наладки штампов в минутах

Тип (конструкция) штампа	Площадь нижней плиты в м ²										
	0,05	0,15	0,25	0,5	0,75	1,2	1,5	2,0	3,0	5,0	7,0
Без выталкивателя	18	21	24	27	40	—	—	—	—	—	—
С планоным выталкивателем	22	25	27	32	48	—	—	—	—	—	—
С пружинным или резиновым буфером	27	29	32	35	53	—	—	—	—	—	—
С пневматическим буфером	37	42	55	65	76	—	—	—	—	—	—
	42	48	62	85	108	133	185	230	315	390	410

Примечание. Верхние цифры относятся к штампам с хвостовиком, нижние — к штампам без хвостовика.

Таблица 141

Время для установки, регулировки и съема штампа с направляющими колонками [139]

Содержание работы	Давление прессы в <i>т</i>	Габариты штампа в <i>мм</i>	Число болтов		
			2	4	6
			Время в минутах		
Установка, регулировка, проба	30	350×200×100	2,9	3,1	3,7
	80	200×100×50	3,1	3,5	3,5
	80	500×400×50	3,8	4,2	4,7
	120	350×200×100	3,5	3,9	4,3
	120	500×400×200	4,1	4,6	5,0
	120	750×400×350	6,5	6,9	7,3
Съем штампа	30	350×200×100	0,9	1,1	1,3
	80	200×100×50	1,2	1,4	1,8
	80	500×400×50	1,4	1,7	2,1
	120	350×200×100	2,0	2,4	2,7
	120	500×400×200	2,3	2,8	3,2
	120	750×400×350	3,5	4,2	4,5

Таблица 142

Часовая производительность прессов в штуках

Число ходов в минуту	Площадь деталей в <i>м</i> ²								
	до 0,1			свыше 0,1—0,25		свыше 0,25—0,5		свыше 0,5	
	Способы работы								
	на „провал“	удалить деталь	удалить деталь и отходы	удалить деталь	удалить деталь и отходы	удалить деталь	удалить деталь и отходы	удалить деталь	удалить деталь и отходы
130	1440	990	925	815	745	—	—	—	—
100	1375	955	900	790	725	570	490	435	355
75	1280	910	860	760	700	555	475	425	350
60	1215	875	830	735	680	545	470	420	345
45	1145	840	795	710	655	530	455	410	340
35	1030	735	745	670	620	505	440	395	330
30	925	720	690	625	580	480	420	455	370
25	855	680	650	590	550	460	405	455	370
20				550	515	435	385	455	370
17				505	485	605	510	455	370
12				720	720	575	490	440	355
10				600	600	530	490	440	355
8				480	480	480	480	440	355
6				360	360	360	360	360	350
4				240	240	240	240	240	240

Примечание. Данные под жирной линией относятся к случаю обслуживания прессов двумя и большим числом рабочих.

В табл. 142 дана часовая производительность прессов при ручной подаче заготовок по проектным нормам Гипросредмаша. Приведенные данные относятся к штамповке деталей средних и крупных размеров с ручной подачей штучных заготовок.

Штамповка из полосы или ленты небольших деталей в крупносерийном производстве имеет производительность в 1,5—2 раза выше указанной.

При штамповке с автоматической подачей ленты производительность достигает 6000—12000 шт. в час, а при применении многорядных штампов — в соответствующее число раз больше.

Примерная форма технологической карты холодной штамповки

Завод		Технологическая карта холодной штамповки				Лист № Всего листов		Изменения в технологической карте		Деталь №			
Цех		Размеры заготовки и допуски (толщина, ширина, длина) в мм	Вес заготовки детали в кг	Вес заготовки на одну деталь в кг	Вес отходов на одну деталь в кг	%	№	Дата	Подпись	Наименование детали			
										Эскиз детали		Эскиз раскроя	
№ операции	Наименование операции	Операционные эскизы и размеры	Расчетное усилие в т	Оборудование		Тип штампа, инструмент	Норма времени на одну деталь в минутах	Прочность в шт./час.	Количество и загрузка оборудования	Разряд рабочих	Количество раб-боц	Расценка в коп. за одну деталь	Примечание
				наименование и характеристика	инв. №								

9. Технологическая документация

Оформление технологических процессов холодной штамповки производится в виде карт технологических процессов, операционных карт и карточек раскроя материала.

Различный тип осваиваемого производства требует различной степени детализации технологических процессов и определяет вид технологической документации.

В массовом и крупносерийном производстве технологическая документация наиболее детальна и полна. В данном случае обычно составляются карты технологических процессов по каждой детали, операционные карты по каждой операции и карточки раскроя материала.

В серийном производстве в случае установившегося объекта производства разрабатываются карты технологического процесса, а в случае неустойчившегося, быстро модернизируемого объекта производства — ведомость технологического маршрута обработки.

В мелкосерийном производстве заполняется только маршрутная ведомость.

Выше приведена примерная форма технологической карты холодной штамповки.

Последовательность заполнения технологической карты исходит из самой формы карты и изложенного в настоящей главе.

10. Применение холодной штамповки в мелкосерийном производстве

Холодная штамповка, применявшаяся вначале только в крупносерийном и массовом производстве, в настоящее время получила широкое распространение в мелкосерийном производстве, в серийном производстве с неустойчивой, часто изменяемой конструкцией деталей и даже при изготовлении опытных изделий.

Это стало возможным лишь в результате создания и применения простых и дешевых штампов.

Внедрение холодной штамповки в мелкосерийное производство взамен малопродуктивной ручной обработки приводит к значительному экономическому эффекту, заключающемуся: 1) в резком снижении трудоемкости по сравнению с ручной обработкой деталей (в 5—6 раз); 2) в уменьшении расхода материала и снижении веса штампуемых деталей; 3) в увеличении производительности и снижении себестоимости деталей.

В мелкосерийном производстве получили широкое применение два типа штампов: 1) упрощенные штампы для вырезки, пробивки, отрезки, гибки, формовки, отбортовки и вытяжки; 2) универсальные штампы (главным образом, для вырезных и гибочных операций), предназначенные для изготовления сравнительно большой номенклатуры деталей.

К штампам первого типа относятся быстросменные пластинчатые штампы для вырезных, отрезных и пробивных работ. Они устанавливаются в универсальных блоках и предназначаются, главным образом, для изготовления небольших деталей.

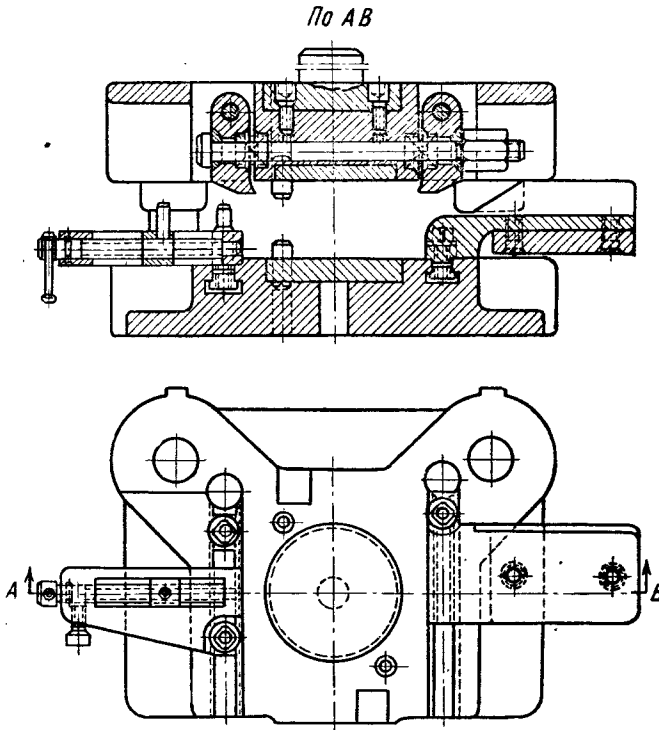
На фиг. 279 показан один из применяемых типов универсальных блоков, на фиг. 280 — комплект пластинчатого штампа с резиновым съемником.

Пуансон и матрица изготавливаются обычно из стали 20 толщиной 10 мм с последующей цементацией и закалкой, или из инструментальной стали без закалки.

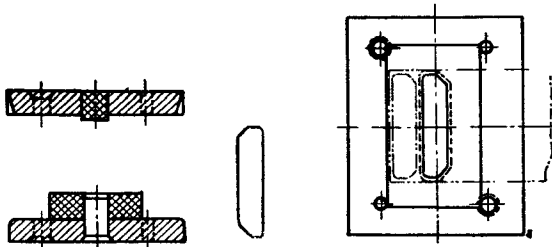
Обычно заготовки матрицы и пуансонодержателя, а также установочные размеры блоков нормализуются и выполняются следующих типо-размеров: 100 × 125 мм; 125 × 175 мм; 175 × 225 мм; 225 × 300 мм; 300 × 400 мм.

Толщина штампуемого материала до 3 мм. Стойкость пластинчатых штампов зависит от твердости штампуемого материала и сложности вырезаемого контура и находится в пределах 10 000—40 000 шт. Стоимость их в несколько раз меньше стоимости штампов обычного типа.

К пластинчатым штампам можно также отнести шаблоны, предназначенные для вырезки резиной на гидравлических прессах крупных деталей из дуралюмина и тонколистовой стали. Этот же способ штамповки стал применяться и при изготовлении мелких деталей приборов на фрикционных прессах.



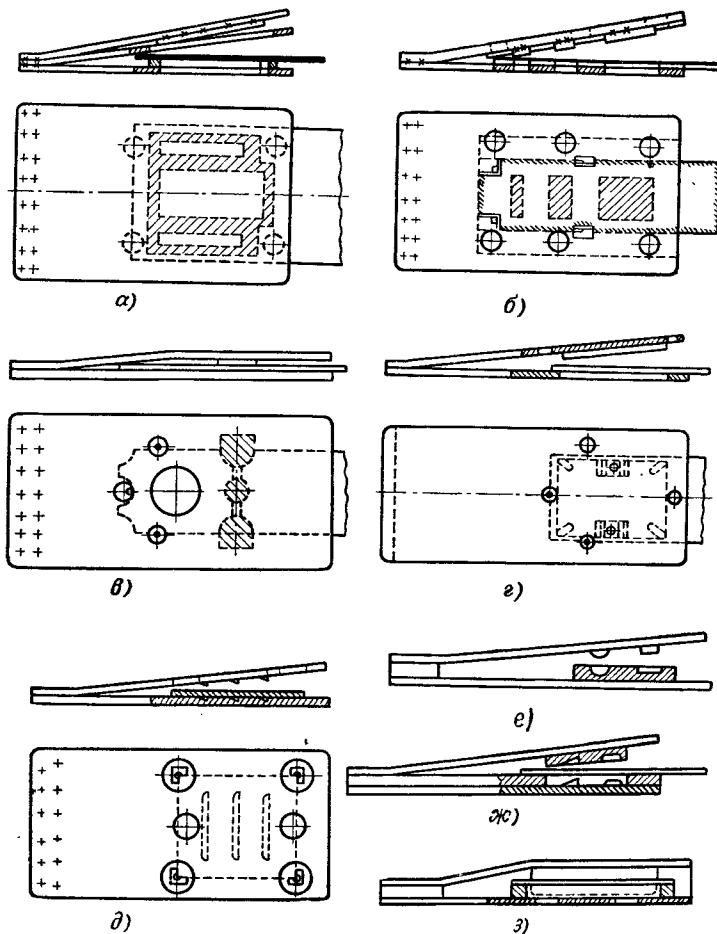
Фиг. 279. Блок для пластинчатого штампа.



Фиг. 280. Комплект пластинчатого штампа с резиновым съемником.

Необходимо указать, что вырезка резиной сопровождается довольно большими отходами материала, что снижает эффективность этого метода штамповки. Кроме того, этот метод не дает точной вырубki и в ряде случаев требует последующей обработки контура.

В последнее время получили большое распространение листовые «пинцетные» штампы (фиг. 281), применяемые для различного рода вырезных и неглубоких формовочных операций [98].



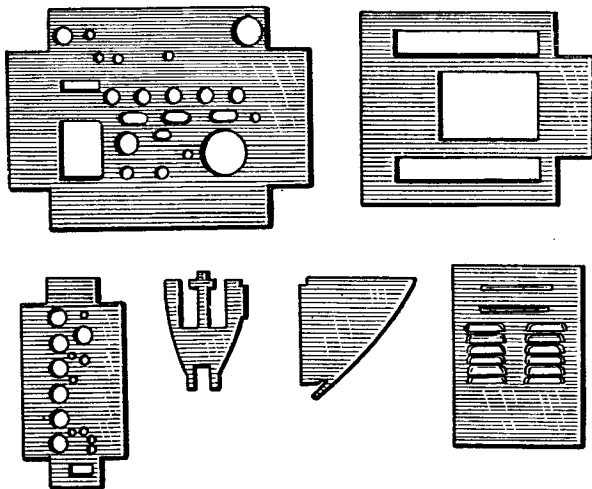
Фиг. 281. Конструкции листовых «пинцетных» штампов:

а — для вырезки и пробивки; б — для пробивки; в — для отрезки; г — для вырезки; д — для надрезки и формовки; е — для штамповки ребер жесткости; ж — для комбинированной штамповки; з — для гибки.

Листовые штампы применяются для вырубki цветных металлов толщиной до 3 мм, а мягкой стали — до 2 мм. Наименьшая длина изогнутого плеча листового штампа должна быть равна 170—200 мм [98]. Пуансоны и матрицы делают из стали У7 или 30ХГСА без термообработки. Крепление их к пластинам производят точечной сваркой или при помощи заклепок.

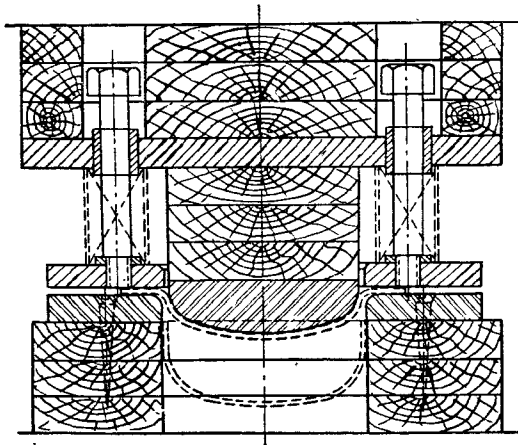
Стойкость таких штампов при вырубке цветных металлов достигает 1000, а при вырубке стали — 500 деталей.

На фиг. 282 приведены крупные детали, полученные штамповкой в листовых штампах.



Фиг. 282. Типы деталей, штампуемых в листовых штампах.

При изготовлении объемно-полых деталей, требующих операций вытяжки, формовки и отбортовки, в мелкосерийном производстве применяются дешевые и упрощенные штампы следующих типов: 1) для штамповки резиной по простым металлическим шаблонам; 2) литые свинцово-цинковые штампы;

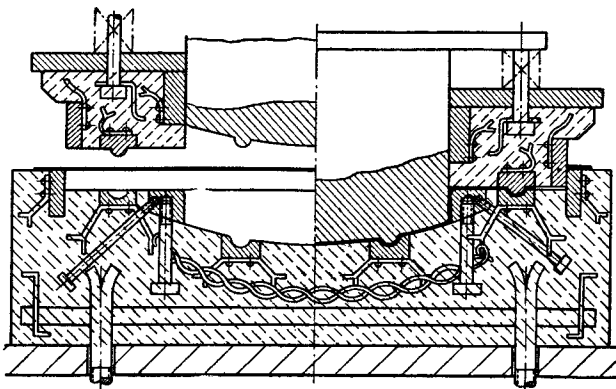


Фнг. 283. Деревянно-металлический штамп для крупных деталей.

3) деревянные и деревянно-резиновые штампы и шаблоны; 4) цементные формовочные штампы с металлической облицовкой; 5) штампы для гидравлической штамповки. Большинство из них было приведено ранее.

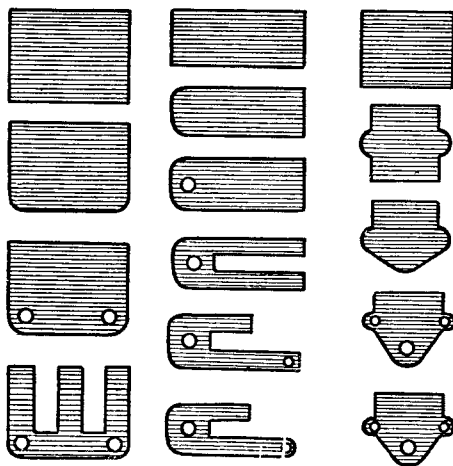
На фиг. 283 показан деревянно-металлический штамп для вытяжки крупных деталей. Вес штампа и его стоимость снижены в четыре раза.

На фиг. 284 изображен цементно-металлический комбинированный штамп для вырезки и вытяжки крупных деталей в серийном производстве [56].



Фиг. 284. Цементно-металлический штамп.

Универсальные штампы широко применяются в серийном и мелкосерийном производстве и предназначены для отрезных, пробивных, надрезных, обрезных и гибочных операций при изготовлении деталей, различающихся своими размерами. Они достаточно подробно освещены в литературе [55].



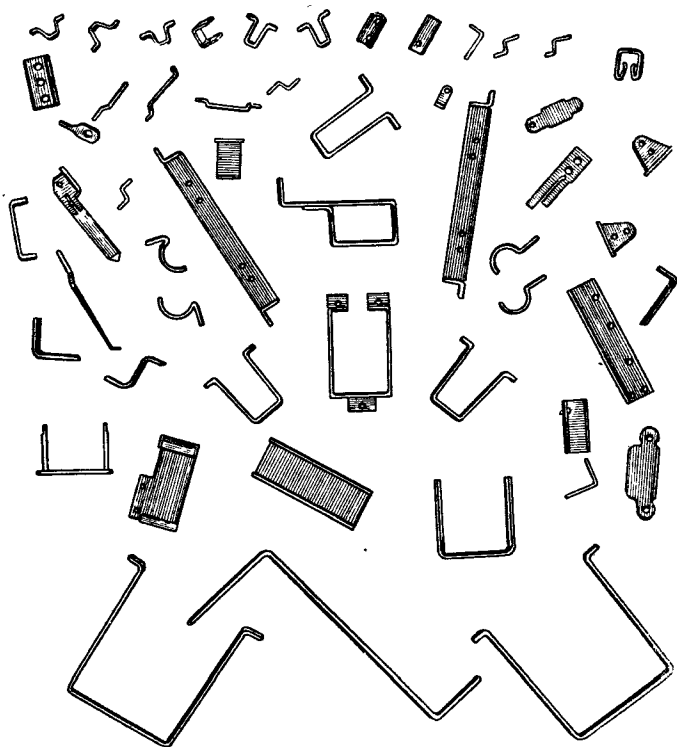
Фиг. 285. Последовательность штамповки трех деталей по элементам контура.

Новатор В. М. Богданов разработал и внедрил метод изготовления деталей различных конфигураций путем штамповки отдельных элементов контура — прямых участков, закруглений в углах, скосов, пазов, отверстий, и угловой гибки (фиг. 285) [5].

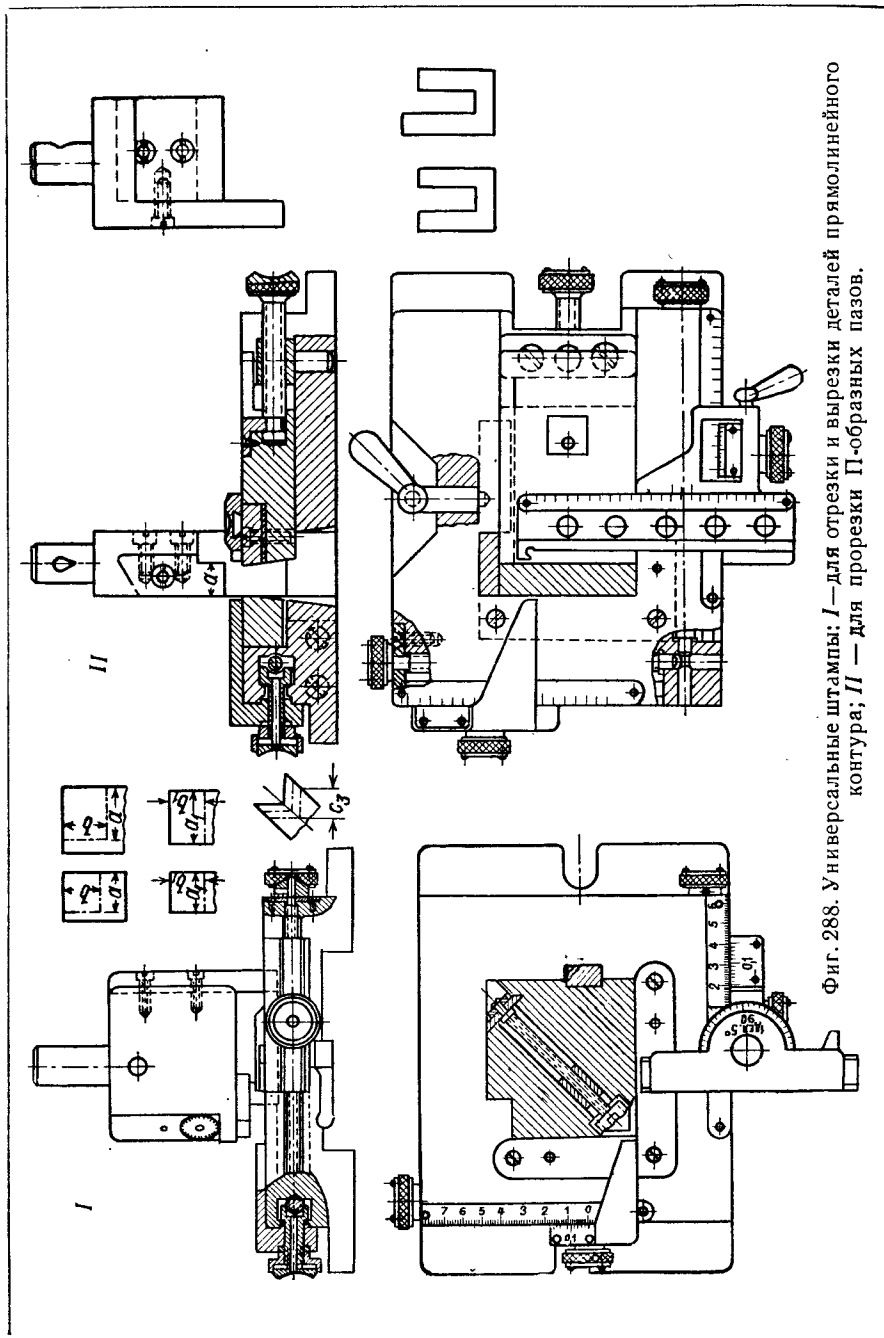
На фиг. 286 показаны плоские детали, штампуемые по элементам на универсальных штампах; на фиг. 287 — гнутые детали, полученные гибкой на универсальных штампах.



Фиг. 286. Плоские детали, штампуемые по элементам на универсальных штампах.



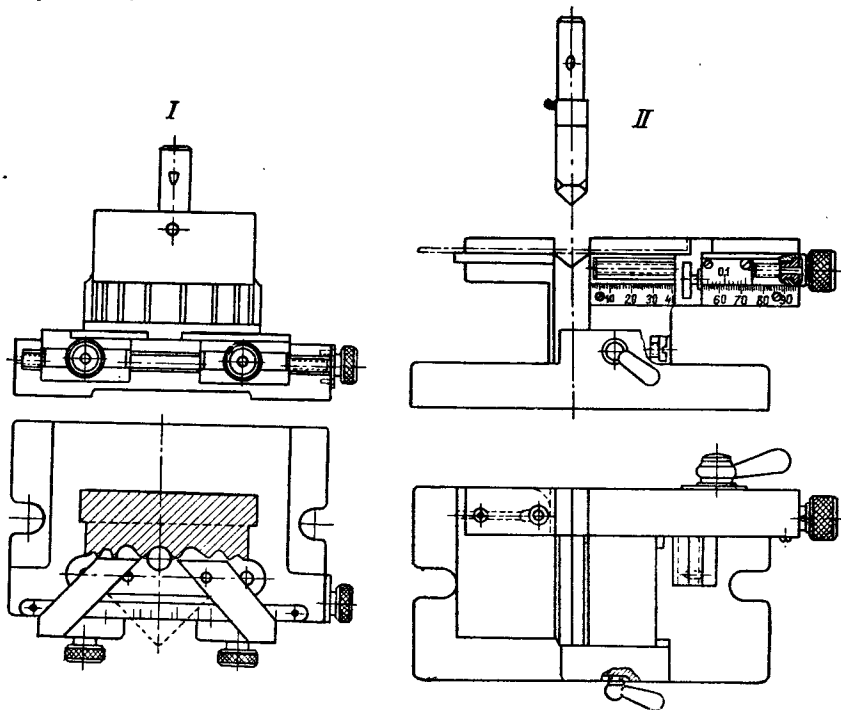
Фиг. 287. Гнутые детали, отштампованные на универсальных штампах.



Фиг. 288. Универсальные штампы: I — для отрезки и вырезки деталей прямолинейного контура; II — для прорезки П-образных пазов.

Этот метод штамповки оправдал себя в опытном и мелкосерийном производстве, когда подлежит изготовлению большое количество разнотипных деталей при небольшом количестве каждой из них (от нескольких штук до нескольких сотен штук).

Достоинство данного метода штамповки состоит в том, что он заменил полукустарные и весьма трудоемкие слесарные работы более производительными механизированными методами работы при помощи определенного набора универсальных штампов. Эти штампы выполняют определенную операцию по резке, пробивке или гибке.



Фиг. 289 Универсальные штампы: *I* — для обрезки прямых углов по радиусу; *II* — для гибки под углом.

В мелкосерийном производстве штамповка по элементам контура универсальными штампами позволяет отказаться от изготовления ряда специальных штампов, что дает большую экономию и значительно сокращает сроки подготовки производства.

В случае изменения размеров деталей вместо переделки штампов здесь требуется лишь переналадка универсальных штампов.

На основе анализа конструктивных форм деталей приборостроения установлен следующий набор универсальных штампов [5]:

- 1) для отрезки и вырезки деталей с прямолинейным контуром (фиг. 288, *I*);
- 2) для прорезки П-образных пазов (фиг. 288, *II*);
- 3) для обрезки деталей по радиусу;
- 4) для обрезки прямого угла по радиусу (фиг. 289, *I*);
- 5) гибочный универсальный (фиг. 289, *II*);
- 6) для гибки хомутиков;
- 7) штамп со сменными пакетами для обработки различных элементов;
- 8) штамп со сменными пакетами для пробивки отверстий.

ТИПОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ШТАМПОВ, ИХ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ

Глава I

КЛАССИФИКАЦИЯ ТИПОВЫХ ШТАМПОВ И ИХ ДЕТАЛЕЙ

1. Технологическая классификация типовых штампов

Штампы для холодной штамповки могут быть классифицированы по трем признакам:

- 1) технологическому (по роду и совмещенности операций);
- 2) конструктивному (по способу направления);
- 3) эксплуатационному (по способу подачи заготовок и удаления деталей и отходов).

По технологическому признаку штампы разделяются на типовые группы по роду выполняемых операций в соответствии с их классификацией, приведенной на фиг. 1.

Классификация штампов холодной штамповки по технологическому признаку с соответствующими технологическими схемами приведена в табл. 143.

По совмещенности операций штампы разделяются на простые (однооперационные) и комбинированные, выполняющие одновременно несколько операций.

Комбинированные штампы, в свою очередь, подразделяются по характеру совмещения операций (переходов) во времени на штампы:

- 1) последовательного действия, в которых изготовление детали производится за несколько переходов под различными пуансонами при последовательном перемещении заготовки;
- 2) совмещенного действия, в которых изготовление детали производится за один ход пресса концентрированно расположенными пуансонами при неизменном положении заготовки.

В табл. 144 приведены подразделения штампов по совмещенности операций и общая область их применения.

Классификация охватывает любые технологические типы штампов: вырезные, вытяжные, гибочные или комбинированные.

Количество пуансонов может быть различное в зависимости от конструкции и технологии изготовления детали.

Приведенной в табл. 143 классификацией типовых штампов охвачены лишь основные типы однооперационных штампов.

Дать всчерпывающую классификацию многооперационных (комбинированных) штампов не представляется возможным, так как практически осуществимо огромное количество различных сочетаний производимых операций.

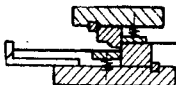
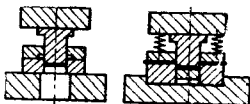
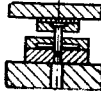


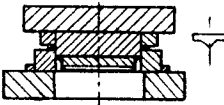
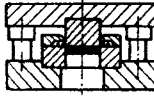
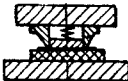
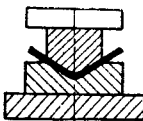
В гл. I (разд. 1) была приведена классификация основных комбинированных операций (фиг. 2 и 3).

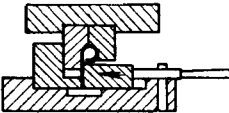
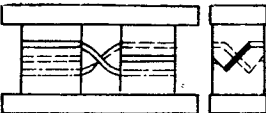
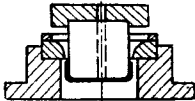
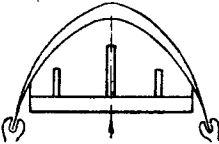
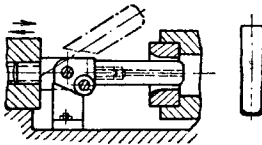
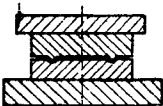
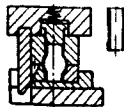
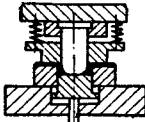
Наиболее характерные типы совмещенных комбинированных штампов приведены в табл. 145.

В табл. 146 даны наиболее характерные типы последовательных комбинированных штампов.

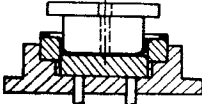
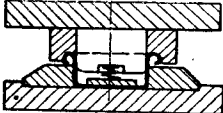


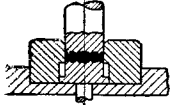
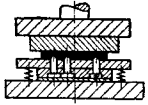
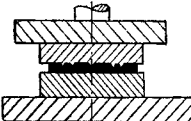
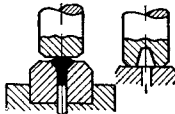
Таблица 143

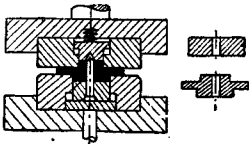
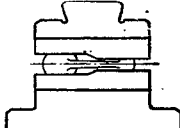
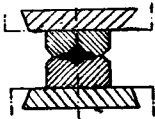
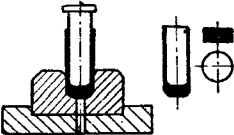
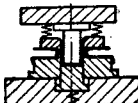

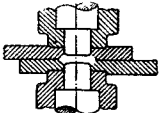
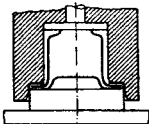
Классификация штампов холодной штамповки по технологическому признаку

Группы	Наименование штампов	Схемы штампов
I. Штампы для резки	1 Отрезные	
	2 Вырезные (вырубные)	
	3 Пробивные	
	4 Надрезные	
	5 Разрезные	
	6 Обрезные	
	7 Зачистные	
	8 Просечные	
II. Штампы для гибки	9 Гибочные	

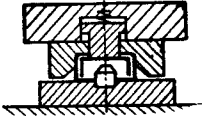
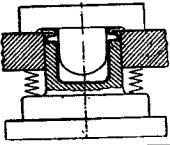
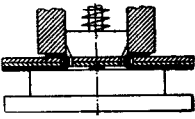
Группы	Наименование штампов	Схемы штампов
II. Штампы для гибки	10 Завивочные	
	11 Скручивающие	
III. Штампы для вытяжки	12 Вытяжные	
	13 Обтяжные	
	14 Протяжные	
IV. Штампы для формовки	15 Рельефо-формовочные	
	16 Растяжные (полой высадки)	
	17 Отбортовочные (для отверстий)	

Продолжение табл. 143

Группы	Наименование штампов	Схемы штампов
IV. Штампы для формовки	18 Отбортовочные (для наружного контура)	
	19 Закаточные	
	20 Обжимные	
	21 Правочные	
V. Штампы для объемной штамповки	22 Чеканочные	
	23 Разметочные	
	24 Для клеймения	
	25 Высадочные	

Группы	Наименование штампов	Схемы штампов
V. Штампы для объемной штамповки	26 Осадочные	
	27 Калибровочные	
	28 Объемной формовки	
	29 Холодного выдавливания	
VI. Сборочные штампы	— Запрессовочные	
	— Для склепки	
	— Для холодной пластической сварки	
	— Для соединения „в замок“ (фальповочные)	

Продолжение табл. 143

Группы	Наименование штампов	Схемы штампов
VI. Сборочные штампы	Для сборки отбортовкой	
	Для сборки обжимкой и раздачей	
	Для сборки отгибкой шпиров и лапок	
VII. Комбинированные штампы	Совмещенного типа Последовательного типа Последовательно-совмещенного типа	— — —

Примечания: 1. Технологическая характеристика выполняемых операций приведена в табл. 4, стр. 19.
2. Схемы штампов даны в соответствии с проектом ГОСТ „Классификатор инструмента для холодной обработки давлением“ [82].

Таблица 144

Классификация штампов по совмещенности операций и область их применения

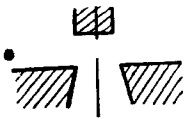
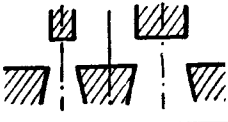
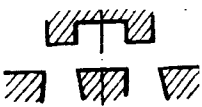
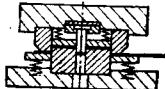
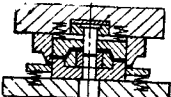
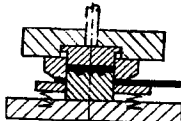
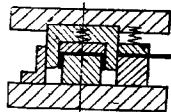
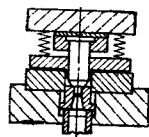
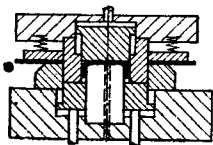
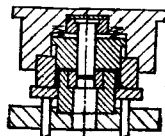
Типы штампов	Схемы штампов	Применение
Однооперационные (простого действия)		Для любых деталей серийного и мелкосерийного производства
Комбинированные последовательного действия		Для мелких и средних деталей невысокой точности в крупносерийном и массовом производстве
Комбинированные совмещенного действия		а) Для мелких и средних деталей повышенной точности в крупносерийном и массовом производстве б) Для крупных деталей в крупносерийном и массовом производстве (независимо от точности)

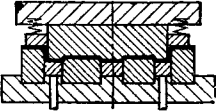
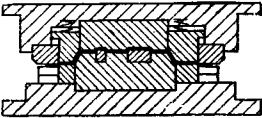
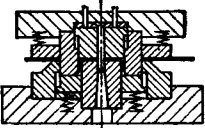
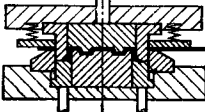
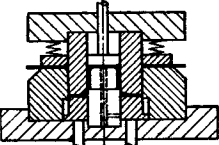
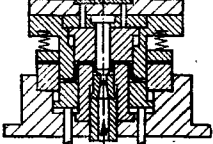
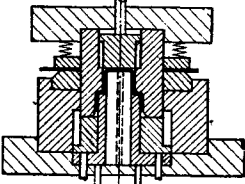
Таблица 145

Основные типы совмещенных комбинированных штампов

Типы штампов	Схемы штампов ¹
Для вырезки и пробивки	
Для обрезки и пробивки	
Для вырезки и чеканки (формовки)	
Для отрезки и гибки	
Для пробивки и отбортовки	
Для вырезки и вытяжки	
Для вытяжки и пробивки	

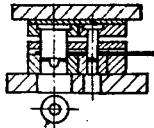
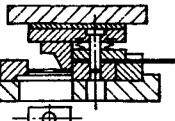
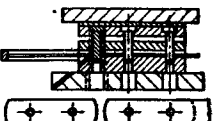

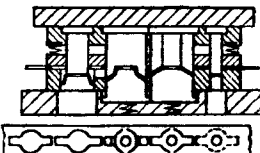
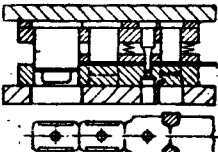
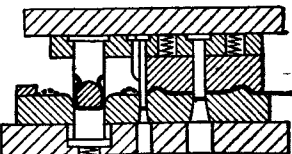
¹ Схемы штампов даны в соответствии с проектом ГОСТ „Классификатор инструмента для холодной обработки давлением“ [82].

Продолжение табл. 145

Типы штампов	Схемы штампов ¹
Для вытяжки и формовки	
Для обрезки и формовки	
Для вырезки, вытяжки и пробивки	
Для вырезки, вытяжки и формовки	
Для вырезки, вытяжки и обрезки	
Для четырех и более совмещаемых операций	
Для вырезки и двукратной вытяжки	

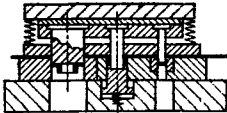
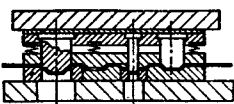
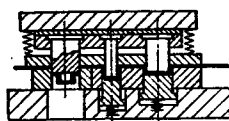
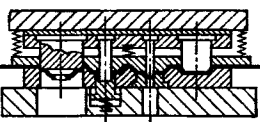
¹ Схемы штампов даны в соответствии с проектом ГОСТ „Классификатор инструмента для холодной обработки давлением“ [82].

Основные типы последовательных комбинированных штампов

Типы штампов	Схемы штампов ¹
Для пробивки и вырезки	
Для пробивки и отрезки	
Для пробивки и разрезки (фигурной отрезки)	
Для пробивки, чеканки и вырезки	
Для пробивки, надрезки, гибки и отрезки	
Для обрезки, пробивки, гибки и отрезки	
Для гибки, отрезки и окончательной гибки	

¹ См. примечание к табл. 145.

Продолжение табл. 146

Типы штампов	Схемы штампов ¹
Для последовательной вытяжки и вырезки	
Для последовательной вытяжки, пробивки и вырезки	
Для пробивки, отбортовки и вырезки	
Для последовательной вытяжки, пробивки, отбортовки и вырезки	

¹ См. примечание к табл. 145.

2. Классификация штампов по конструктивному и эксплуатационному признакам

По конструктивному признаку штампы подразделяются на две группы:

- 1) штампы без направления;
- 2) штампы с направляющими устройствами.

Классификация штампов по способу направления приведена в табл. 147 и на схеме (стр. 311).

Классификация по способу направления относится к технологически различным типам штампов: вырезным, вытяжным, гибочным, а также к комбинированным.

Количество отдельных пуансонов может быть различное в зависимости от конструкции и технологии изготовления деталей.





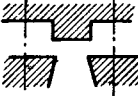
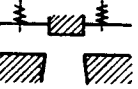

Штампы без направляющих (1, 2 и 3-й типы) просты в изготовлении и имеют малый вес и габарит, но неудобны при установке, опасны в эксплуатации и обладают невысокой стойкостью. Применяются только в мелкосерийном производстве.

Штампы с направляющими (5, 6 и 7-й типы) просты и надежны в эксплуатации, удобны при установке, обладают повышенной стойкостью, но более сложны в изготовлении. Применяются в серийном, крупносерийном и массовом производстве.

Штампы с направляющей плитой (4-й тип) менее стойки, чем штампы с направляющими колонками.

Таблица 147

Типы штампов с различным способом направления и их применение

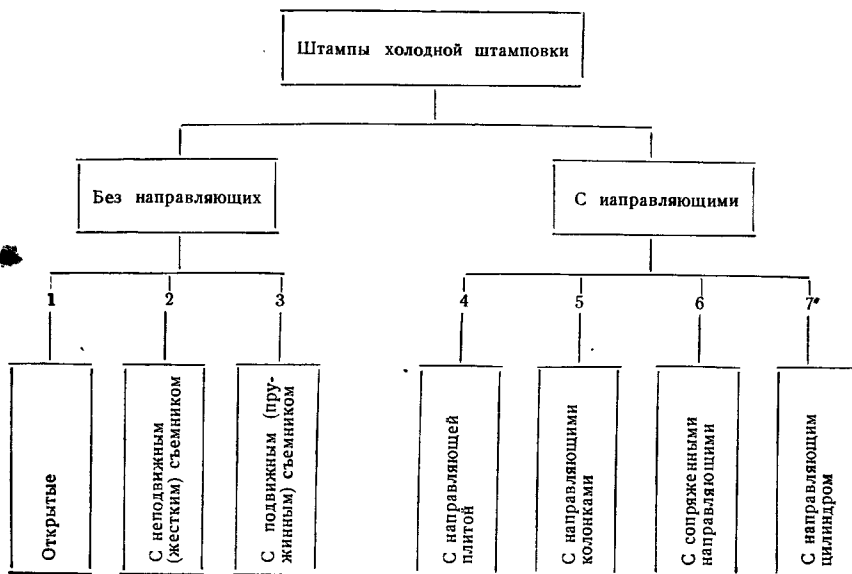
№ по пор.	Типы штампов	Схемы штампов	Применение
1	Открытый		Для вырезки и пробивки больших или грубых деталей из толстого материала (при наличии съемника на станине прессы), а также для простой гибки и вытяжки в мелкосерийном производстве
2	С неподвжным (жестким) съемником		Для вырезки и пробивки небольших деталей из толстого материала в мелкосерийном производстве
3	С подвижным (пружинным) съемником		Для вырезки и пробивки точных плоских деталей или из тонкого материала и в некоторых случаях для простой вытяжки
4	С направляющей плитой		Для вырезки и пробивки более точных небольших деталей простой конфигурации в серийном производстве
5	С направляющими колонками		Для вырезки, пробивки, гибки и вытяжки точных деталей или деталей сложной конфигурации в серийном и для любых деталей в крупносерийном и массовом производстве
6	С сопряженными направляющими		Для вырезки и пробивки небольших деталей из тонкого материала или пробивки высоких деталей и вытяжки из тонкого материала
7	С направляющим цилиндром (плунжером)		Для вырезки, пробивки, зачистки и гибки весьма мелких и точных деталей в часовом производстве

Штампы с направляющими колонками в зависимости от производимой операции в большинстве случаев снабжаются или неподвижным или подвижным съемником.

По эксплуатационному признаку, отражающему различие в способах и приемах работ, штампы различаются:

- а) по способу подачи и установки заготовок;
- б) по способу удаления деталей;
- в) по способу удаления отходов.

Схема классификации штампов по способу направления



По способу подачи и установки заготовок различают:

- 1) штампы с ручной подачей;
- 2) штампы с автоматической подачей, являющейся принадлежностью штампа или прессы.

Штампы с ручной подачей отличаются лишь конструкцией применяемого упора или фиксатора, а штампы с автоматической подачей различаются по типу подачи ленты или штучных заготовок согласно классификации, приведенной на схеме.

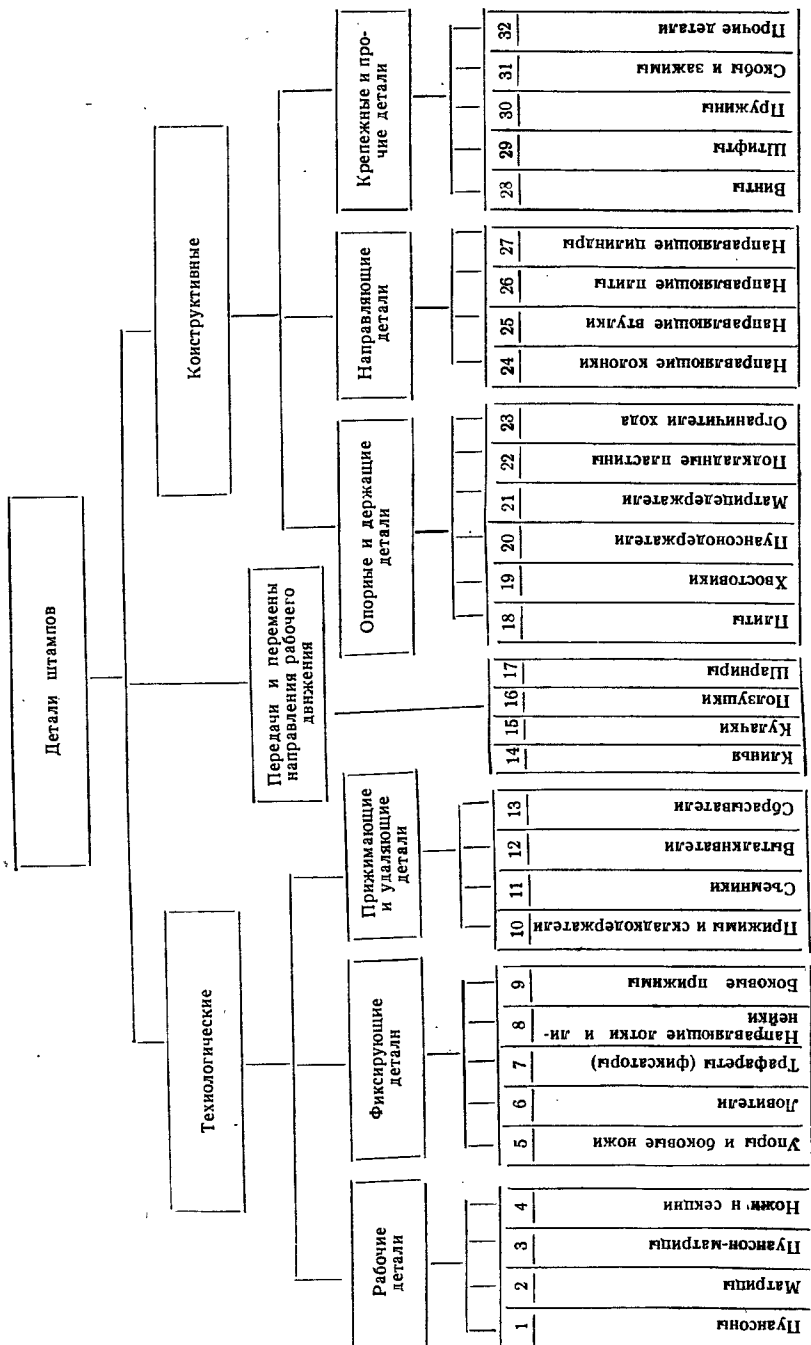
По способу удаления отштампованных деталей различают следующие типы штампов:

- 1) с провалом через отверстие матрицы;
- 2) с обратной вставкой в ленту и удалением вместе с ней;
- 3) с обратным выталкиванием на поверхность штампа и ручным удалением;
- 4) с обратным выталкиванием и автоматическим удалением (сбрасыванием).

Обратное выталкивание осуществляется одним из следующих способов: а) от пружин выбрасывателя или выталкивателя; б) от буфера; в) от прессы.

Эти различия по способу удаления деталей одновременно являются и конструктивными, так как в значительной степени определяют конструкцию штампов.

Схема классификации деталей штампов



Способы удаления отходов в штампах могут быть следующими:

- 1) отход удаляется в виде остатков полосы или ленты;
- 2) отход удаляется вручную (главным образом, у крупных деталей);
- 3) отход разрушается на две или три части и сваливается (при обрезке);
- 4) отход удаляется автоматически посредством механических, пружинных или пневматических сбрасывателей (главным образом, у небольших деталей массового производства).

3. Классификация деталей штампов

* Все детали штампов могут быть разбиты на две основные группы:

А. Детали технологического назначения, непосредственно участвующие в выполнении производимой операции и находящиеся во взаимодействии с материалом или изделием.

Б. Детали конструктивного характера, имеющие монтажно-сборочное назначение в конструкции штампа.

Технологические детали штампов разделяются на следующие группы:

- 1) рабочие детали, непосредственно выполняющие требуемую деформацию;
- 2) фиксирующие детали, служащие для правильной установки материала или заготовки во время операции;
- 3) прижимающие и удерживающие детали, выполняющие функции удержания заготовки во время операции или съема и удаления изделия после операции.

Конструктивные детали штампов разделяются на следующие группы:

- 1) опорные и держащие детали, служащие для монтажа технологических деталей и передачи рабочего давления;
- 2) направляющие детали, служащие для направления движения верхнего штампа или пуансона во время работы;
- 3) крепежные и прочие детали, служащие для крепления отдельных деталей штампа между собой или закрепления штампа на столе пресса и т. п.

Отдельную группу составляют детали, служащие для превращения вертикального рабочего движения в горизонтальное и для перемещения подвижных пуансонов.

Более подробное подразделение деталей штампов приведено на схеме (стр. 312).

КОНСТРУКЦИИ ТИПОВЫХ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ ШТАМПОВ

4. Типовые конструктивные узлы и детали штампов

Основными узлами штампов являются комплекты верхних и нижних оснований с направляющими устройствами, так называемые блоки и пакеты.

В справочнике принята следующая терминология:

1. Б л о к и — комплекты верхних и нижних оснований штампов, связанных направляющими устройствами (колонки, планки, цилиндры).
2. П а к е т ы — верхние и нижние основания штампов без специальных направляющих устройств.

В настоящее время по блокам и пакетам штампов и их деталям существуют два ОСТ: ОСТ/НКТП 7223/472—7239/488 и ОСТ 40181—40187.

Первый разработан применительно к автотракторной промышленности, а второй — к серийному приборостроению. Оба ОСТ отличаются один от другого как по количеству стандартизируемых ими типов, так и по конструктивно-размерным элементам. Первый ОСТ дает более массивные и тяжелые блоки, чем второй.

Первый ОСТ нормализует лишь отдельные плиты штампов, в то время как второй нормализует плиты, а также и блоки штампов в целом, ограничиваясь только тремя их типами применительно к ограниченной потребности приборостроения.

Типы стандартных блоков штампов с указанием пределов стандартизируемых размеров и области применения их приведены в табл. 148.

Кроме стандартизированных блоков применяются специальные и универсальные типы блоков, не охваченные действующими стандартами.

В табл. 149 приведены некоторые типы нестандартных блоков.

Из пакетов штампов ОСТ 40182 стандартизирован только один наиболее широко применяемый тип прямоугольного пакетного штампа.

В табл. 150 приведены типовые узлы пакетных штампов с указанием их применения.

В табл. 151 приведены типы оснований штампов, имеющие специальное назначение и применение.

Направляющие втулки и колонки блочных штампов даются обоими ОСТ с некоторым отличием. Действующими ОСТ предусмотрены лишь гладкие цилиндрические колонки одного и того же номинального диаметра.

Направляющие колонки ступенчатого типа находят применение лишь в крупных штампах, когда целесообразно произвести спаренную обработку (расточку) обеих плит с одной установки, что обеспечивает большую точность направления.

В крупных вытяжных, формующих, а также в литых штампах в автопромышленности вместо круглых направляющих колонок и втулок применяют направляющие призмы (бруски, см. табл. 149).

Плунжерные штампы с направляющим цилиндром (с баббитовой втулкой) на заводах Советского Союза не получили большого распространения вследствие сложности изготовления и неудобств в эксплуатации, хотя они и обеспечивают высокую точность штамповки (3-й класс точности).

Таблица 148

Типы стандартных блоков и их применение

Типы блоков	Эскизы	Стандартизованные размеры		Применение
		ОСТ 40181	ОСТ/НКТП 7223—7239	
<p>Прямоугольные с задним расположением направляющих колонок</p>		<p>Тип I, $A \times B$ от 80×60 до 210×124 мм</p>	<p>Тип I, от 100×75 до 400×300 мм Тип III, от 200×75 до 700×250 мм (плиты)</p>	<p>Для обычной штамповки деталей средней сложности и точности из полусовых и стальных заготовок (вырезные, пробивные, гибочные, вытяжные и комбинированные штампы)</p>
<p>Прямоугольные с диагональным расположением направляющих колонок</p>		<p>Тип II, $A \times B$ от 80×60 до 350×195 мм</p>	<p>Тип VIII, от 125×75 до 600×350 мм (плиты)</p>	<p>Для штамповки более точных деталей при работе из полосы на быстроконных прессах (вырезные и последовательные штампы)</p>
<p>Прямоугольные с осевым (симметричным) расположением направляющих колонок</p>		<p>Тип III, $A \times B$ от 60×50 до 200×115 мм</p>	<p>Тип II, от 200×115 до 450×650 мм (плиты)</p>	<p>Для штамповки мелких точных деталей, главным образом из стальных заготовок (пробивные, гибочные, зачищенные, вытяжные и комбинированные штампы)</p>

Продолжение табл. 143

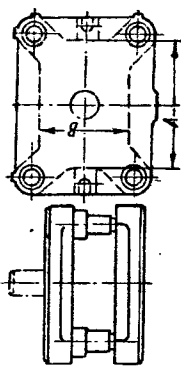
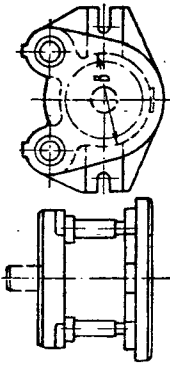
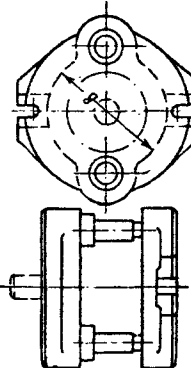
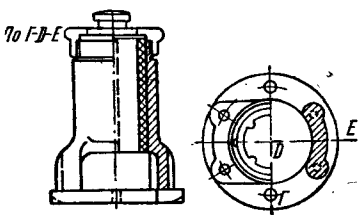
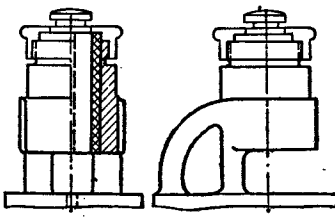
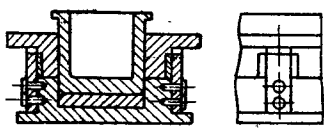
Типы блоков	Эскизы	Стандартизованные размеры		Применение
		ОСТ 40181	ОСТ/НКТП 7223—7239	
Прямоугольные с угловым расположением четырех направляющих колонок		—	Тип IV, от 200 × 150 до 1000 × 600 мм (плиты)	Для штамповки крупных деталей из больших и тяжелых стальных заготовок (различные типы штампов)
Круглые с задним расположением направляющих колонок		—	Тип V, от Ø 100 до Ø 320 мм (плиты)	Для штамповки круглых деталей из стальных заготовок (вырезные, выжимные, комбинированные штампы)
Круглые с осевым расположением направляющих колонок		—	Тип VI, от Ø 150 до Ø 500 мм (плиты)	Для штамповки круглых деталей повышенной точности из стальных или подосовых заготовок (так называемые компандные штампы и т. д.)

Таблица 149

Типы нестандартных блоков и их применение

№ по пор.	Типы блоков	Эскизы	Применение
1	С направляющим цилиндром арочные		<p>Для штамповки мелких и точных деталей из стучных заготовок. Имеют ограниченное применение в точной механике (главным образом, зачистка и гибка)</p>
2	С направляющим цилиндром С-образные		<p>Для штамповки мелких и точных деталей из стучных и полосовых заготовок. Имеют ограниченное применение в точной механике (вырезка, пробивка, зачистка, гибка)</p>
3	С направляющими призмами (планками)		<p>Для крупных вытяжных, формирующих, а также для литых штампов в автопромышленности и т. п.</p>

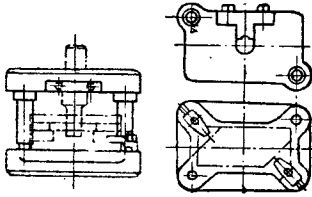
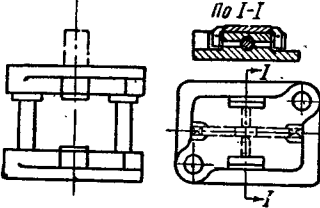
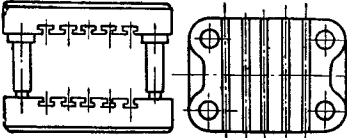
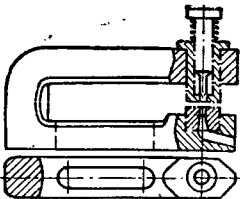
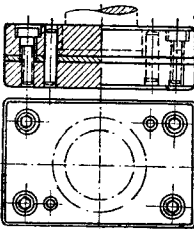
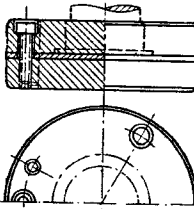
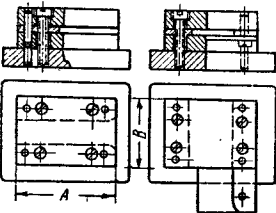
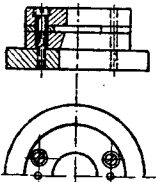
№ по пор.	Типы блоков	Эскизы	Применение
4	Универсальные для сменных матриц и пуансонов		Для установки простых нормализованных сменных матриц и пуансонов в серийном и мелкосерийном производстве
5	Универсальные для пластинчатых штампов		Для установки нормализованных пластинчатых штампов в мелкосерийном производстве
6	Универсальные для переставных пробивных блоков и секций		Для установки переставных пробивных комплектов при пробивке отверстий в больших листах
7	Переставные пробивные С-образные комплекты		Для многопуансонной пробивки отверстий в больших листах с установкой по шаблону

Таблица 150

Типовые узлы пакетных штампов

Типы узлов	Эскизы	Стандарти- зованные размеры ОСТ 40182	Применение
Верхний ком- плект прямоуголь- ного пакетного штампа		19 размеров от 40×40 мм до 240× ×135 мм	Для штамповки не- большой детали пря- моугольной или сло- жной конфигурации в вырезных, последова- тельных, совмещенных, гибочных и формовоч- ных штампах
Верхний ком- плект круглого па- кетного штампа		—	Для штамповки круг- лых деталей в вырез- ных, пробивных, вы- тяжных и формовочных штампах
Нижний ком- плект прямоуголь- ного пакетного штампа		15 размеров от 46×60 мм до 250× ×144 мм	Для штамповки не- большой детали в вы- резных и последова- тельных штампах, а также для гибочных и формовочных штамп- пов (без съемника)
Нижний ком- плект круглого па- кетного штампа		—	Для штамповки круг- лых деталей (вырезка, обрезка, пробивка, вы- тяжка) при работе, главным образом, из штучных заготовок

Особые типы оснований штампов

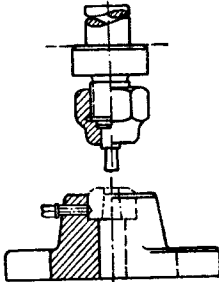
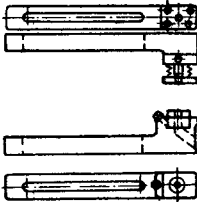
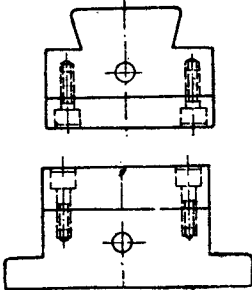
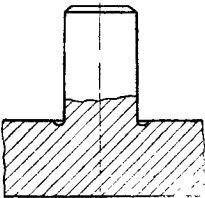
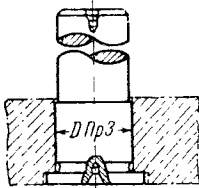
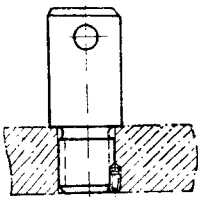
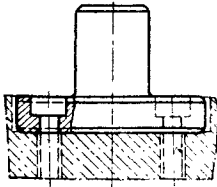
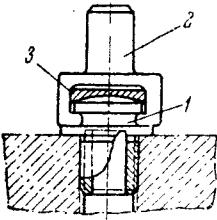
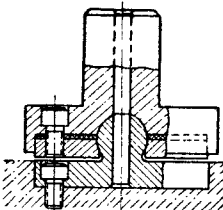
Типы оснований	Эскизы	Применение
Верхний и нижний комплекты штампов для пробивных прессов		Для тяжелых пробивных штамповочных работ в толстом материале при пробивке по упорам или по разметке
Верхний и нижний комплекты переставных пробивных секций (Г-образных)		Для пробивки отверстий в средней части больших и широких листов
Верхний и нижний комплекты калибровочных штампов		Для калибровочных работ на мощных прессах

Таблица 152

Хвостовики для штампов

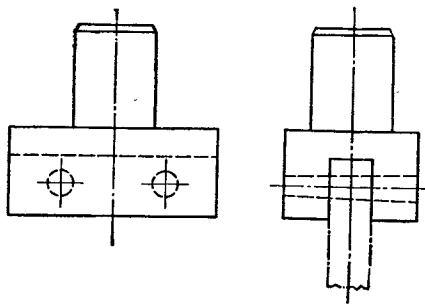
Тип хвостовика	Эскизы	Острир- ванные размеры ОСТ 40187	Применение
Литой		—	Для небольших блочных штампов (с направляющими колонками). Отливается за одно целое с верхней плитой
Запрессовываемый с буртиком	 <p><i>Шлифовать в собранном виде</i></p>	Тип I, диаметр от 20 до 60 мм	Для всех типов блочных и пакетных штампов. Обеспечивает наилучшую центровку (перпендикулярность оси) штампа
С резьбой		Тип III, диаметр от 20 до 60 мм	В штампах с направляющими колонками, главным образом для гибочных, вытяжных и прочих работ. Для вырезных штампов применять стопор
С фланцем		—	В крупных штампах с направляющими колонками, где хвостовик служит для центральной установки, или в штампах, где по конструктивным соображениям нельзя применить хвостовик типа I

Продолжение табл. 152

Тип хвостовика	Эскиз	Остерованные размеры ОСТ 40187	Применение
Плавающий (грибковый)		Тип II, диаметр 30/40, 40/50 и 55/65 мм	В блочных штампах (с направляющими колонками или цилиндром), работающих без схода с направляющих, для мелкой и точной штамповки. Соединение грибкового хвостовика 1 посредством ободья 2 и подкладки 3 обеспечивает эластичность соединения с ползуном прессы и предохраняет штамп от влияния погрешностей прессы
Шарирный		-	В блочных штампах, работающих без схода с направляющих колонок. Шарнирное соединение наружного хвостовика с сферической головкой внутреннего хвостовика с применением резиновой прокладки уменьшает износ штампа и значительно увеличивает срок его службы

В табл. 152 приведены наиболее употребительные типы хвостовиков штампов.

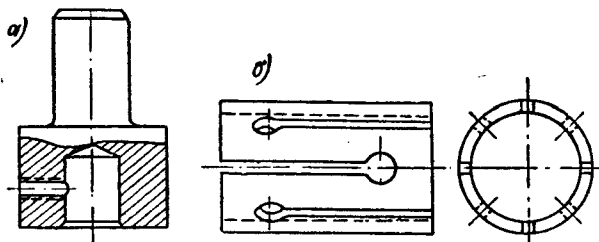
Кроме указанных в табл. 152 типов, применяются менее распространенные типы хвостовиков, как, например: хвостовики, прикрепляемые клинковой



Фиг. 290. Хвостовик для гибочных штампов.

чекой, соединяемые «ласточкиным хвостом» и клином для калибровочных штампов, или хвостовики для гибочных штампов упрощенного типа (фиг. 290).

Для установки штампов на прессы, имеющие другие размеры отверстия для хвостовика, применяются или переходные хвостовики или, что лучше, разрезные (пружиняющие) переходные втулки (фиг. 291).



Фиг. 291. Переходный хвостовик (а) и переходная разрезная втулка (б).

Применяются также переходные головки для крепления штампов с хвостовиками к прессам, имеющим паз типа «ласточкии хвоста».

5. Типовые технологические узлы и детали штампов

Рабочие детали штампов

Пуансоны. В холодной штамповке применяется громадное количество пуансонов различного технологического назначения и типа. Значительная часть из них не является типовой, а зависит от формы и характера штампуемых деталей, как, например, гибочные, формовочные и прочие.

Здесь рассмотрены типы и конструкции наиболее характерных вырезных и пробивных пуансонов. Способы крепления некоторых из них применимы и для крепления пуансонов, выполняющих другие технологические операции (вытяжку, формовку, гибку).

В табл. 153 приведены наиболее распространенные типы круглых пробивных и вырезных пуансонов.

Для всех типов пуансонов торцевую поверхность шлифовать заподлицо с пуансонодержателем.

В табл. 154 приведены распространенные типы быстросменных пуансонов и матриц, закрепляемых шариком.

В табл. 155 приведены широко применяемые типы сменных пуансонов для пробивных работ.

В табл. 156 приведены основные типы профильных вырезных и составных пуансонов.

В табл. 157 приведены основные типы сварных заготовок для режущих секций составных пуансонов и матриц.

В табл. 158 приведены распространенные типы пуансонов специальных штампов.

Листовые «пинцетные» пластинчатые штампы проще и удобнее общеизвестного типа пластинчатого штампа, так как не требуют установки в специальных универсальных блоках, а могут устанавливаться без закрепления непосредственно на столе прессы.

Матрицы. Общим конструктивно-технологическим элементом матриц вырезных и пробивных штампов является форма рабочего отверстия.

В табл. 159 приведены типы рабочих отверстий вырезных и пробивных матриц с указанием их применения.

При вырезке и пробивке деталей 5-го класса точности и выше следует применять прижим заготовки.

В табл. 160 приведены типовые конструкции круглых пробивных матриц, в табл. 161 — основные типы вырезных матриц.

Основные типы круглых пуансонов

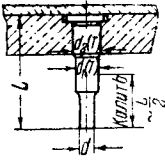
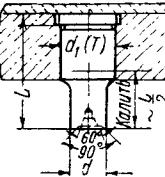
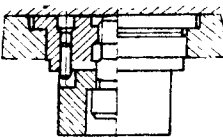
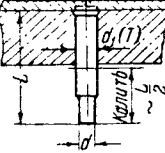
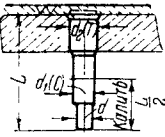
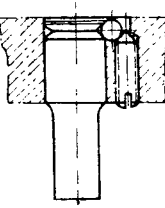
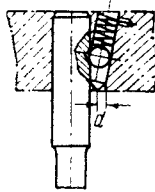
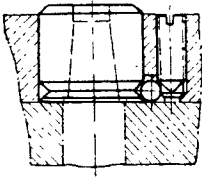
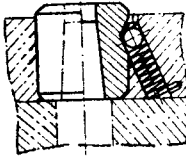
Тип пуансона	Эскизы	Применение
Тип I, удерживаемый буртиком		<p>Для пробивки отверстий диаметром от 3 до 12 мм при $d \geq 3$. При удельном давлении свыше 10 кг/мм^2 применять прокладку. В штампах с направляющей плитой диаметр d изготавливать по скользящей посадке 2-го или 3-го класса точности</p>
Тип II, удерживаемый буртиком		<p>Для пробивки отверстий и вырезки деталей диаметром от 12 до 70 мм. При диаметре пуансона свыше 45 мм в торце делать выточку для уменьшения поверхности шлифовки. При удельном давлении свыше 10 кг/мм^2 применять прокладку</p>
Тип III, с наставкой		<p>Для вырезки деталей больших размеров диаметром от 60 до 250 мм. С целью экономии инструментальной стали наставка делается смежной</p>
Тип IV, удерживаемый раскладкой головки		<p>Применяется в тех же случаях, что и тип I, особенно в случае близкого расположения пробивных пуансонов и конструктивной невозможности применения пуансонов с буртиком. Обычно изготавливается из стали серебрянки. Применять прокладку</p>
Тип V, удерживаемый раскладкой головки		<p>Применяется в тех же случаях, что и тип IV, только в штампах с направляющей плитой. Диаметр d_1 изготавливать по скользящей посадке 2-го или 3-го класса точности. Применять прокладку</p>

Таблица 154

Быстросменные пуансоны и матрицы, закрепляемые шариком

Типы пуансонов и матриц	Эскизы	Применение
Быстросменный пуансон. Тип I		<p>Закрепляется в пуансонодержателе шариком посредством нажимного винта. Замену производят не снимая штампа с прессы, путем вывинчивания нажимного винта. Применяется при тяжелых пробивных работах и в крупных штампах</p>
Быстросменный пуансон. Тип II		<p>Закрепляется шариком под действием пружины. Замену производят не снимая штампа с прессы, посредством нажатия через отверстие d на шарик. Применяется для более легких работ при пробивке большого количества отверстий в материале толщиной до 3 мм. Диаметр рабочей части от 3 до 30 мм</p>
Быстросменная матрица. Тип I		<p>Закрепляется в матрицедержателе шариком посредством нажимного винта. Назначение и применение такое же, как и быстросменных пуансонов типа I</p>
Быстросменная матрица. Тип II		<p>Закрепляется шариком под действием пружины. Назначение и применение такое же, как и быстросменных пуансонов типа II</p>

Сменные пробивные пуансоны

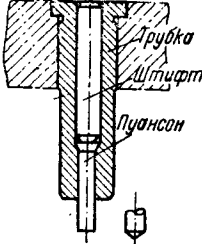
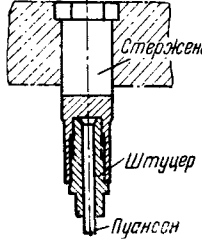
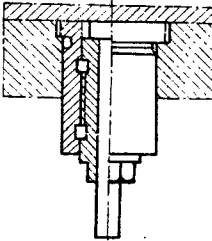
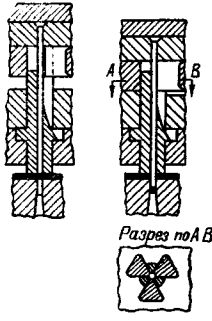
Типы пуансонов	Эскизы	Применение
<p>Тип I, закрепляемый в трубке</p>		<p>Применяется для пробивки отверстий диаметром от 0,8 до 12 мм в случае тяжелых условий работы:</p> <p>а) при пробивке твердых материалов;</p> <p>б) при пробивке малых отверстий диаметром от 0,7 до 1,3S.</p> <p>При заточке на конус возможна пробивка отверстий диаметром 0,5S—0,6S. Для замены необходимо разобрать штамп, снять пуансонодержатель</p>
<p>Тип II, закрепляемый шуцером</p>		<p>Применяется в тех же случаях, что и пуансон в трубках, при пробивке отверстий диаметром до 4 мм. Замену пуансона производят не снимая штампа с пресса, путем вывинчивания резьбового штуцера</p>
<p>Тип III, закрепляемый шуцером</p>		<p>Устройство аналогично типу II. Применяется в случае тяжелых условий при пробивке отверстий диаметром от 4 до 25 мм в толстом материале</p>
<p>Тип IV, с постоянным направлением в подвижной втулке</p>		<p>Применяется для пробивки весьма малых отверстий $d = 0,3S - 0,5S$ с зажимом материала.</p> <p>Шлицевая направляющая втулка (служащая также прижимом для материала) обеспечивает постоянное направление по всей длине пуансона, предохраняя его от продольного изгиба</p>

Таблица 156

Основные типы профильных вырезных пуансонов

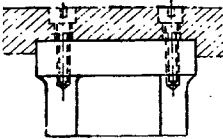
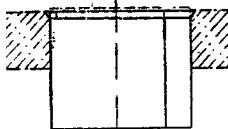
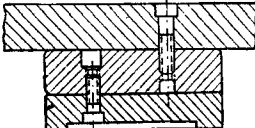
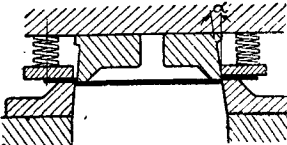
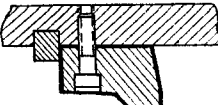
Типы пуансонов	Эскизы	Применение
Пуансон с фланцем врезной или прикрепляемый винтами и штифтами		Для вырезки профильных деталей малых и средних размеров. Профиль пуансона изготавливается фрезерованием. Крепление производится непосредственно к плите без пуансонодержателя. Применяется в блочных штампах.
Пуансон, удерживаемый раскладкой		Для вырезки профильных деталей малых и средних размеров. Профиль пуансона изготавливается строжкой. Крепление производится в пуансонодержателе. Применяется главным образом в пакетных штампах
Пуансон с наставкой		Для вырезки деталей больших габаритов простой конфигурации с целью экономии инструментальной стали
Пуансон составной секционный		Для вырезки деталей весьма больших габаритов и сложной конфигурации. Пуансон состоит из отдельных режущих секций, пригнанных друг к другу и монтируемых на верхней плите штампа. Крепление секций производится винтами и штифтами
Пуансон отрезной односторонний		Пуансон состоит из односторонней режущей секции (ножа), укрепляемой винтами и штифтами и снабженной врезной протнвоотжимной шпонкой (планкой). Применяется в отрезных штампах

Таблица 157

Основные типы сварных заготовок для режущих секций составных пуансонов и матриц

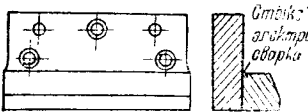

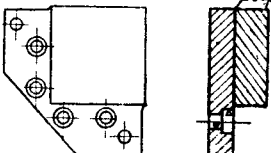

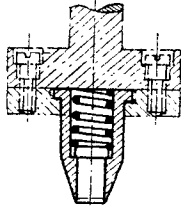
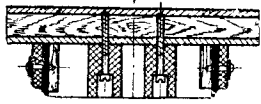
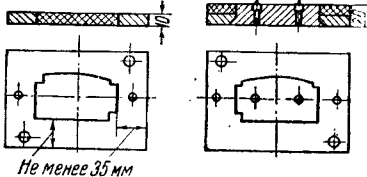
Типы секций	Эскизы	Типы секций	Эскизы
Прямолнейные сварные секции		Криволинейные (радиальные) выпуклые сварные секции	
Угловые сварные секции		Криволинейные (радиальные) вогнутые сварные секции	

Таблица 158

Особые типы пуансонов

Типы пуансонов	Эскизы	Применение
Просечной трубчатый		Для просечки (вырезки) прокладок из неметаллических материалов: кожи, резины, бумаги, картона и т. п. Матрицей служит деревянная или фибровая плита
Просечной профильной ножевой		Для просечки прокладок больших габаритов и сложной конфигурации из бумаги, кожи и прочих неметаллических материалов; режущий нож изготавливается из ленточной стали
Пластинчатый штамп (комплект)		Для вырезки деталей из тонких материалов (до 3 мм) в мелкосерийном производстве. Стойкость от 5000 до 10 000 шт. до порешлифовки

Продолжение табл. 158

Типы пуансонов	Эскизы	Применение
Листовой (пинцетный) штамп		<p>Для вырезки деталей малых и средних размеров из тонкого материала в мелкосерийном производстве. Пуансон приклепан или приварен точечной электросваркой к полосовой пружине. Устанавливается на стол прессы без закрепления</p>

Таблица 159

Типы рабочих отверстий вырезных и пробивных матриц

Тип рабочего отверстия	Эскизы	Применение
Тип I, с призматической шейкой		<p>Применяется для вырезки деталей сложной конфигурации или повышенной точности (3—5-й класс). Высота h берется в зависимости от толщины материала: при S до 0,5 мм $h = 3-5$ мм при $S = 0,5-5$ мм $h = 5-10$ мм при $S = 5-10$ мм $h = 10-15$ мм Угол α от 3 до 5</p>
Тип II, конусный		<p>Применяется для вырезки небольших деталей простой конфигурации или средней точности (5—7-й класс), так как при перешлифовке рабочий размер матрицы увеличивается (при шлифовке матрицы с углом $\alpha = 1^\circ$ на 3 мм размер матрицы увеличивается на 0,1 мм). Угол α от 30° до $1^\circ 30'$</p>
Тип III, призматический		<p>Применяется при вырезке деталей с обратным выталкиванием в штампах совмещенного типа и в случае вырезки крупных деталей</p>
Тип IV, цилиндрический с уширением		<p>Применяется в случае пробивки мелких отверстий (до 5 мм). Цилиндрическое уширение дается с целью упрощения изготовления матрицы. Высота шейки h берется от 3 мм и выше в зависимости от толщины материала (см. тип I)</p>

Типы круглых пробивных матриц

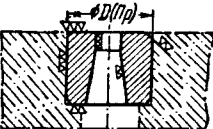
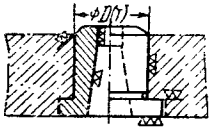
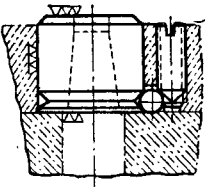
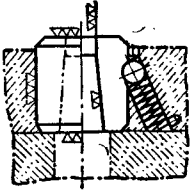
Типы матриц	Эскизы	Применение
<p>Тип I, цилиндрическая сменная запрессовываемая</p>		<p>Применяется для пробивки мелких отверстий, а также вырезки деталей круглой формы диаметром до 25 мм. Закрепляется путем прессовой посадки</p>
<p>Тип II, цилиндрическая сменная (с заплечиком)</p>		<p>Применяется в тех же случаях, что и предыдущий тип матриц. Наибольший диаметр отверстия — 50 мм. Закрепляется путем тугй посадки и удерживается заплечиком</p>
<p>Тип III, цилиндрическая быстросменная (с винтом)</p>		<p>Применяется для пробивки отверстий в толстых материалах диаметром от 3 до 30 мм. Удерживается в матрицедержателе стальным шариком при завинчивании винта</p>
<p>Тип IV, цилиндрическая быстросменная (с пружиной)</p>		<p>Применяется при пробивке отверстий в матрице толщиной до 3 мм, диаметром от 3 до 30 мм. Удерживается шариком посредством давления пружинки</p>

Таблица 161

Основные типы вырезных матриц

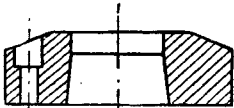
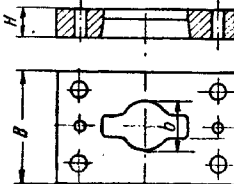
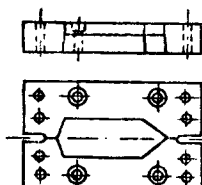
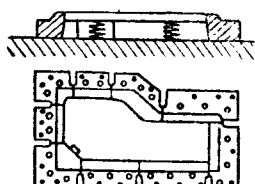
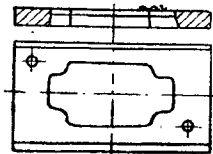
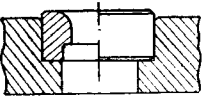
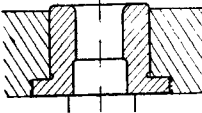
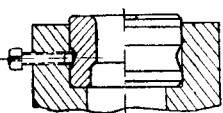

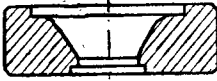

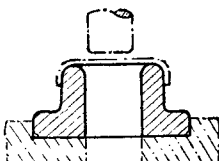
Типы матриц	Эскизы	Применение
Круглые		<p>Применяются для вырезки круглых заготовок средних размеров из материала толщиной до 10 мм</p>
Прямоугольные цельные		<p>Применяются для простой последовательной и совмещенной вырезки или пробивки деталей средних размеров как в пакетных, так и в блочных штампах. Ширина матрицы $B = b + (3 + 4)H$. Являются наиболее распространенным типом матриц</p>
Прямоугольные разрезные		<p>Применяются при вырезке деталей сложных конфигураций с целью упрощения изготовления и доводки рабочего контура матриц. Для деталей мелких и средних размеров — при малой ширине их и наличии острых углов; для крупных деталей — в случае возможного коробления целой матрицы при закалке. В первом случае работа происходит с провалом детали, во втором — с обратным выталкиванием на поверхность матрицы</p>
Составные секционные		<p>Матрица состоит из отдельных секций, пригнанных друг к другу и монтируемых на нижней плите штампа. Применяются для вырезки деталей весьма больших габаритов и сложных конфигураций с целью упрощения изготовления рабочего контура матриц и экономии инструментальной стали. Работа производится с обратным выталкиванием детали</p>
Пластинчатые		<p>Для вырезки деталей (заготовок) в мелкосерийном производстве из материала (дуралюмина) толщиной до 2,5—3 мм</p>

Таблица 162

Основные типы вытяжных матриц

Типы вытяжных матриц	Эскизы	Применение
Цилиндрические удерживаемые запрессовкой		Для вытяжки мелких деталей (до 30 мм) из тонкого материала и последовательной вытяжки в ленте
Удерживаемые заплечиком		Для вытяжки мелких деталей из тонкого материала и последовательной вытяжки в ленте
Удерживаемые стопорным винтом		Для вытяжки круглых деталей небольших и средних размеров (до 200 мм) из круглых штучных заготовок
Прикрепляемые к столу пресса (литые)		Для вытяжки круглых деталей больших размеров (от 100 до 1000 мм) из штучных заготовок на прессах двойного действия
Цилиндрические для вытяжки без прижима		Для первой вытяжки гильз и других деталей из круглых штучных заготовок
Для вытяжки с утонением (протяжки)		Для протяжки весьма глубоких деталей из цилиндрических колпачков, полученных в первой вытяжке. Общее утонение стенок составляет от 1/2 до 1/20 толщины заготовки
Для обратной вытяжки		При повторной вытяжке из тонкого листового материала цилиндрических, конических и сферических деталей с целью увеличения трения и получения более благоприятного процесса деформирования

Продолжение табл. 162

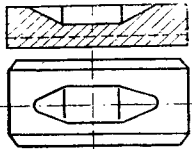
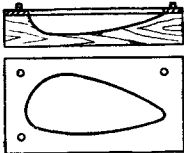
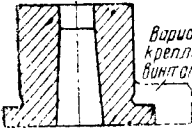
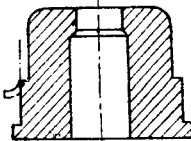
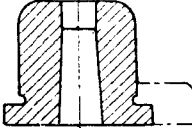

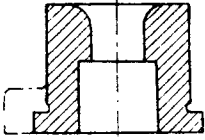
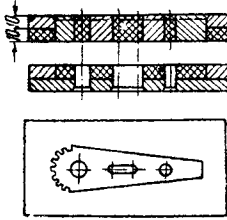
Типы вытяжных матриц	Эскизы	Применение
Монолитные (из цинковых и других сплавов)		Для профильной вытяжки из тонкого листового металла (дуралюмин, нержавеющая сталь) на падающих молотах или фрикционных прессах
Неметаллические (деревянные, пластмассовые)		Для профильной вытяжки из тонкого листового металла в мелкосерийном производстве на кривошипных или гидравлических прессах

Таблица 163

Основные типы пуансон-матриц

Комбинированные типы пуансон-матриц	Эскизы	Комбинированные типы пуансон-матриц	Эскизы
Для совместной вырезки и пробивки	 <p><i>Вариант крепления пуансоном</i></p>	Для вытяжки, пробивки и обрезки фланца	
Для вытяжки и пробивки		Для комбинированной вырезки резиной	
Для вырезки и вытяжки		Для комбинированной вырезки пластинчатыми штампами	

Для вырезки точных деталей (5-го класса точности и выше) следует применять штампы с обратным выталкиванием и прижимом заготовки к матрице.

В табл. 162 приведены основные типы вытяжных матриц.

В табл. 162 не включены специальные типы вытяжных и формовочных матриц, а также матрицы для кузовных штампов.

В табл. 163 приведены некоторые типы пуансон-матриц, применяемых в комбинированных штампах.

Кроме основных типов пуансон-матриц применяется ряд типов, объединяющих операции вырезки, вытяжки, формовки, отбортовки, чеканки и т. п. в соответствии с типами штампов, приведенными в табл. 145.

Ф и к с и р у ю щ и е д е т а л и ш т а м п о в

Способ фиксации заготовки в рабочей зоне штампа является весьма важным эксплуатационно-производственным признаком, определяющим как производительность, так и безопасность работы.

Уп о р ы. Конструкция и тип упора имеют большое значение в холодной штамповке, так как ими в значительной степени определяются точность и производительность штамповки.

В табл. 164 приведены наиболее распространенные типы упоров.

Способ действия автоматического качающегося упора (табл. 164): нажимной винт 1 при опускании штампа нажимает на упор 4, укрепленный осью 3 в разрезной втулке 2, и приподнимает крючок упора над перемычкой. Пружина 5 поворачивает упор и прижимает его к передней стороне овального отверстия. При передвижении ленты перемычка проходит под упором, после чего он под действием пружины 5 плотно прижимается к поверхности матрицы и ограничивает подачу материала.

Нажимом полосы при подаче упор отжимается к задней стороне овального отверстия.

Расположение упора в последовательных штампах делается на 0,2—0,3 мм больше требуемого шага подачи, для того, чтобы ловитель при точной фиксации немного подтянул полосу назад, но не толкал ее вперед, так как этому препятствует постоянный упор.

Л о в и т е л и. В последовательных штампах для точной фиксации полосы недостаточно одного только упора, какой бы конструкции он ни был, так как упоры не обеспечивают точности в совпадении осей предварительно пробитого отверстия и вырезной матрицы (наружного контура). Для получения более точных деталей необходимо обязательное применение ловителей, устраняющих погрешности подачи и обеспечивающих соосность внутреннего отверстия и наружного контура с точностью от $\pm 0,1$ до $\pm 0,2$ мм (для небольших деталей толщиной до 2 мм).

В табл. 165 приведены основные типы ловителей, применяемых в последовательных штампах.

Эксцентричность ловителя относительно оси пуансона допускается в пределах 2-го класса точности.

Ф и к с а т о р ы (т р а ф а р е т ы). Для точной и быстрой установки штучных заготовок (как плоских, так и деформированных) по оси пуансона и матрицы применяются фиксаторы или трафареты. Основные типы фиксаторов приведены в табл. 166.

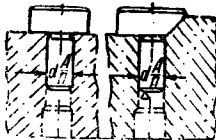
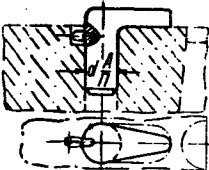
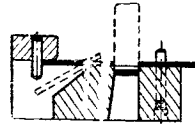
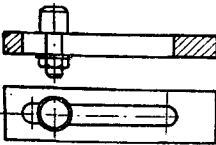
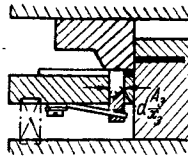
Фиксаторы цельные закрытые и полузакрытые обеспечивают лучшую фиксацию, но требуют применения устройств для автоматического сбрасывания деталей.

Н а п р а в л я ю щ и е п л а н к и и б о к о в ы е п р и ж и м ы. Значение направляющих планок и бокового прижима при штамповке из полосы было рассмотрено ранее.

В табл. 167 приведены основные типы направляющих планок и устройств для бокового прижима полосы к базовой направляющей планке.

Таблица 164

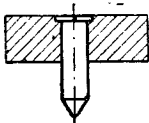
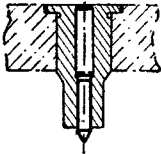
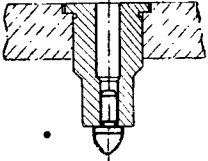
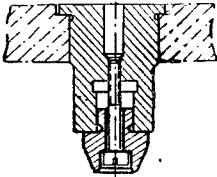
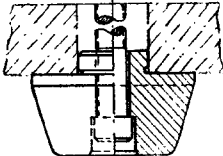
Наиболее распространенные типы упоров

Типы упоров	Эскизы	Применение
<p>Неподвижный штифтовой с круглой головкой</p>		<p>Применяется в вырезных и последовательных штампах при штамповке из полосы или ленты шириной свыше 20 мм при ручной подаче материала. Второй тип применяется только при матрицах с уступом. Диаметр головки от 10 до 30 мм</p>
<p>Неподвижный штифтовой крючкообразный</p>		<p>Применяется в вырезных и последовательных штампах при ручной подаче материала для более крупных деталей. Должен быть предохранен от сворачивания во время работы</p>
<p>Неподвижный штифтовой цилиндрический</p>		<p>Применяется в отрезных штампах при разрезке — отрезке полос толщиной не менее 1 мм</p>
<p>Переставной регулируемый</p>		<p>Упор, регулируемый по величине подачи, применяется в универсальных отрезных штампах</p>
<p>Подвижный утопающий</p>		<p>Применяется в совмещенных и комбинированных штампах, у которых матрица расположена в верхней части, а пуансон с подвижным съемником в нижней части штампа</p>

Типы упоров	Эскизы	Применение
Подвижный пружинный возвратного действия		<p>Применяется в вырезных штампах при вырезке узких деталей (от 6 до 20 мм) толщиной не менее 0,5 мм для коротких и не менее 1 мм для длинных деталей, обеспечивая высокую производительность работы. Способ действия: зацепление за перемычку при подаче полосы и обратном подтягивании</p>
Предварительный боковой		<p>Применяется в штампах последовательного действия для первоначальной установки полосы под первый переход. Вводится в действие нажатием пальца</p>
Предварительный верхний		<p>Применение и способ действия те же, что и упора бокового, различие лишь в конструкции и способе изготовления. Более прост и удобен</p>
Автоматический качающийся		<p>Применяется в вырезных и последовательных штампах как с направляющими колонками, так и с направляющим съемником для вырезки деталей малых и средних размеров при толщине материала не менее 0,5 мм. Способ действия указан на стр. 334</p>
Упор бокового шагового ножа		<p>Применяется в вырезных и последовательных штампах при вырезке небольших деталей из материала толщиной от 0,3 до 3 мм в том случае, когда другие типы упоров не применимы (например, в некоторых случаях безотходной штамповки), или при фигурной обрезке бокового контура</p> <p>Устанавливается с одной стороны полосы. Установка с двух сторон полосы производится только в случае, когда боковой нож одновременно производит фигурную обрезку бокового контура детали</p>

Таблица 165

Основные типы ловителей

Типы ловителей	Эскизы	Применение
Тип I, цельный		<p>Применяется для фиксации ленты по предварительно пробитым отверстиям. Диаметр берется от 5 до 10 мм</p>
Тип II, вставной с вкладышем		<p>Применяется для точного центрирования предварительно пробитого отверстия по отношению к контуру вырезного пуансона. Применяется для отверстий диаметром до 10 мм</p>
Тип III, запрессовываемый		<p>Назначение то же, что и типа II. Применяется для отверстий диаметром от 10 до 25 мм</p>
Тип IV, вставной, прикрепляемый винтом, малый		<p>Назначение то же, что и типа II. Применяется для отверстий диаметром от 25 до 50 мм</p>
Тип V, вставной, прикрепляемый винтом, большой		<p>Назначение то же, что и типа II. Применяется для отверстий диаметром от 50 до 250 мм</p>

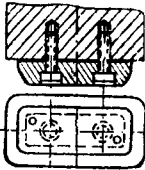
Типы ловителей	Эскизы	Применение
<p>Тип VI, накладной, прикрепляемый винтами</p>		<p>Применяется в последовательных штампах при фиксации прямоугольных отверстий, а также для фиксации деталей в обрезных штампах</p>

Таблица 166

Основные типы фиксаторов

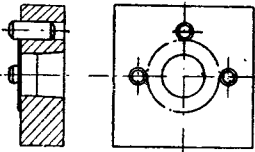
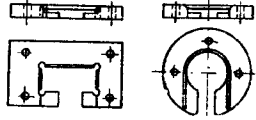
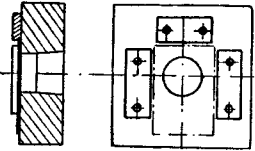
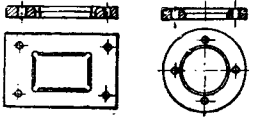
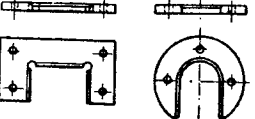
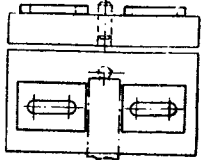
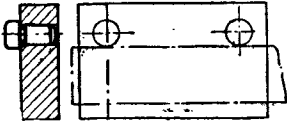
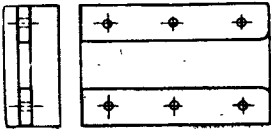
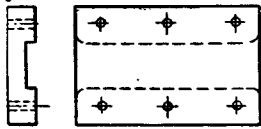
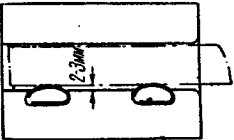
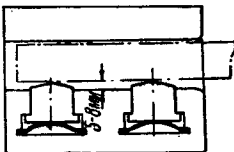
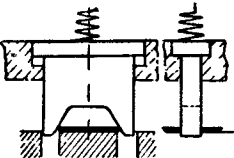
Типы фиксаторов	Эскизы	Типы фиксаторов	Эскизы
Штифтовые		Цельные полузакрытые	
Составные планочные		Цельные закрытые	
Цельные открытые		Передвижные универсальные	

Таблица 167

Направляющие планки и боковые прижимы

Типы планок и прижимов	Эскизы	Применение
Пальцы направляющие		<p>В открытых штампах с пружиной прижимом — съёмником или при работе на дыропробных прессах со съёмником, укрепленным на станне прессы</p>
Планки направляющие		<p>В штампах с жестким съёмником для полос средней и большой ширины (свыше 60 мм)</p>
Съёмники с направляющим пазом		<p>В штампах с жестким съёмником для узких полос шириной до 60 мм</p>
Боковой прижим пружинный		<p>В последовательных штампах для центрированного перемещения полосы или ленты. Величина поджима (колебание ширины полосы) 2—3 мм. Толщина пружин от 0,5 до 1 мм</p>
Боковой прижим колодочный		<p>В последовательных штампах для более толстых полос и лент. Величина поджима 5—8 мм. Толщина пружин от 0,5 до 1,5 мм</p>
Пуансон центрирующий		<p>В последовательных штампах без бокового прижима ленты (при автоматической валковой подаче)</p>

Продолжение табл. 167

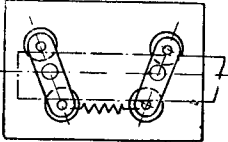
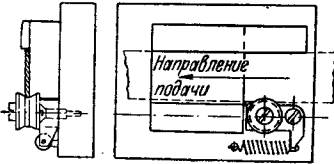
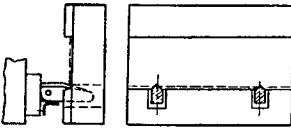
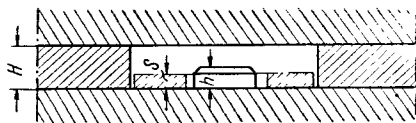
Типы планок и прижимов	Эскизы	Применение
Ролики центрирующие		<p>В последовательных штампах без бокового прижима полосы. Трение полосы меньше, так как центрирующие ролики имеют свободное вращение на оси</p>
Боковой прижим шарнирным роликом		<p>В последовательных штампах с ручной подачей. Необходимо применение пружинного съемника</p>
Боковой прижим шарнирными клиньями		<p>В последовательных штампах как с ручной, так и с автоматической подачей</p>

Таблица 168

Величина просвета между матрицей и съёмником в мм

Толщина полосы	Высота упора	Высота просвета H	
		при штифтовом упоре	с автоматическим упором или с шаговым ножом
0,3—2,0	3	6—8	4—6
2,0—3,0	4	8—10	6—8
3,0—4,0	4	10—12	6—8
4,0—6,0	5	12—15	8—10
6,0—10,0	8	15—25	10—15

Определение величины просвета между направляющими планками было изложено в гл. II (разд. 2). В табл. 168 приведены величины просвета между матрицей и съёмником для прохода полосы в зависимости от типа упора (фиг. 292).



Фиг. 292. Просвет между матрицей и съёмником.

Прижимающие и удаляющие детали штампов

Съёмники. Способ съема и удаления деталей имеет большое влияние на производительность и безопасность работы.

Наиболее производительным способом является удаление деталей из штампа «на провал» через отверстие матрицы. К другому способу съема с обратным выталкиванием деталей на поверхность штампа следует прибегать лишь в следующих случаях:

- 1) при штамповке «в упор» (гибка, формовка и т. п.);
- 2) при комбинированной штамповке;
- 3) при вырезке и пробивке с прижимом заготовки;
- 4) при крупных размерах штампуемых деталей.

В табл. 169 приведены основные типы съёмников.

Выталкиватели. В табл. 170 приведены основные типы выталкивателей отштампованных деталей на поверхность штампа. Допускаемое применение способа обратного выталкивания деталей было указано выше.

Прижимы (складкодержатели). В табл. 171 приведены некоторые типы прижимов — складкодержателей, применяемых в вытяжных штампах.

Узлы подачи заготовок (загрузочные устройства). В табл. 172 приведены основные типы устройств для подачи заготовок в рабочую зону, являющиеся частью конструкции штампа и обеспечивающие безопасную работу.

Особенно актуально применение загрузочных устройств при работе с мелкими штучными заготовками, обычно устанавливаемыми при помощи щипцов и пинцетов.

Сбрасыватели (удалители). К сбрасывателям относятся устройства, служащие для сбрасывания (удаления) отштампованных деталей с поверхности или из рабочей зоны штампа. В табл. 173 приведены главные типы сбрасывателей.

Автоматизация удаления особенно необходима и эффективна при штамповке мелких деталей.

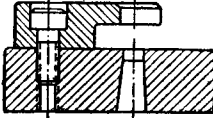
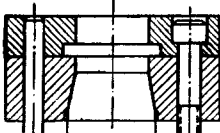
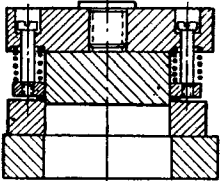
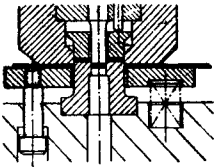
Крепежные детали штампов

Крепежными деталями штампов являются винты и болты, соединяющие между собой различные детали штампа, и установочные штифты, служащие для предотвращения взаимного смещения деталей штампа при сборке, а также для противодействия боковым срезающим усилиям.

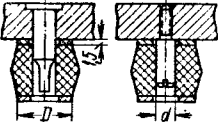
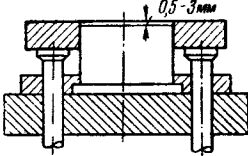
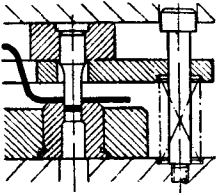
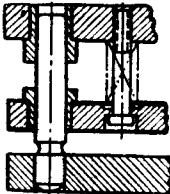
Соединительные винты, как правило, применяются только с цилиндрическими головками для соединения впотай.

В штампах рекомендуется применять винты с внутренним шестигранным отверстием, дающие сильное затягивание шестигранным ключом. Только в небольших штампах допускается применение винтов со шлицем, заворачиваемых отверткой. Винты с шестигранным углублением в головке размерами М6, М8, М10 и М12 предусмотрены ОСТ 40188. Для весьма крупных штампов применяются винты с резьбой до М24.

Основные типы съемников

Типы съемников	Эскизы	Применение
Жесткий (неподвижный) открытый		<p>В мелкосерийном производстве для грубой вырезки из материала толщиной 3 мм или при пробивке отверстий в крупных деталях. Небезопасен в работе</p>
Жесткий (неподвижный) закрытый		<p>В штампах с направляющими колонками применяется как съемник; в пакетных штампах — одновременно как направляющая плита для пуансона. Безопасен в работе</p>
Упругий (подвижный) пружинный верхний		<p>В штампах с направляющими колонками: 1) при пробивке крупных деталей из тонкого материала с прижимом заготовки; 2) в комбинированных совмещенных штампах Небезопасен в работе</p>
Упругий (подвижный) пружинный нижний (резиновый)		<p>В штампах с направляющими колонками: 1) при вырезке из тонкого материала (до 0,2 мм); 2) при вырезке крупных деталей; 3) при комбинированной вырезке и пробивке как крупных, так и мелких деталей в совмещенных штампах Вместо пружин можно применять резиновые буферы</p>

Продолжение табл. 169

Типы съемников	Эскизы	Применение
<p>Упругий (подвижный) резиновый верхний</p>		<p>В серийном производстве в пробивных, главным образом многопуансонных или в открытых вырезных штампах для крупных деталей. Надевается на пуансон или штифт и удерживается сжатием резины. Защитные шайбы привулканизированы.</p> <p>Размеры: d от 5 до 30 мм, D от 20 до 60 мм.</p> <p>Давление одного съемника от 200 до 300 кг</p>
<p>Упругий (подвижный) буферный</p>		<p>В штампах с направляющими колонками, снабженными нижним буфером, или устанавливаемых на пресах с пневматическими буферными устройствами. Технологическое применение аналогично пружинному нижнему съемнику</p>
<p>Упругий (подвижный) отжимаемый</p>		<p>В штампах для пробивки отверстий в полых деталях, а также в штампах для холодного выдавливания по обратному методу. Назначение: применить более короткие пуансоны и увеличить рабочую высоту для свободного удаления деталей</p>
<p>Упругий (подвижный) направляемый</p>		<p>Служит съемником материала и направляющей плитой для пуансонов. Применяется в штампах с нестандартными длинными и тонкими пуансонами, например при пробивке отверстий в высоких вытянутых деталях, когда по конструктивным соображениям применить пуансоны в трубках не представляется возможным. При очень большой величине хода преса направление в верхней плите делать не обязательно</p>

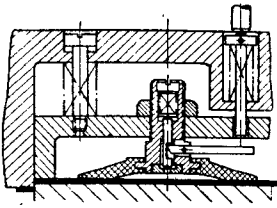
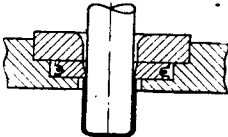
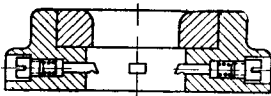
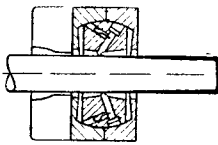
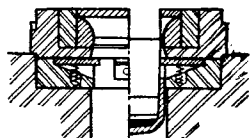
Типы съемников	Эскизы	Применение
<p>Упругий присасывающего действия</p>		<p>Для подъема и удержания на весу вырезанной крупной детали со сбрасыванием ее на подвижное удаляющее устройство</p>
<p>Секционно-кольцевой пружинящий</p>		<p>Для вытяжных штампов при работе на провал для деталей диаметром до 100 мм</p>
<p>Радиально-крючковый пружинящий</p>		<p>Для вытяжных штампов при работе на провал для деталей диаметром свыше 100 мм Вместо потайных цилиндрических пружин иногда применяют плоские наружные</p>
<p>Радиально-крючковый самоустанавливающийся (плавающий)</p>		<p>Для протяжных штампов при изготовлении крупных и длинных гильз</p>
<p>Радиально-платочный</p>		<p>Для вытяжных и протяжных штампов при работе на провал. Съемные планки поворотного-наклоняемого типа</p>

Таблица 170

Основные типы выталкивателей

Типы выталкивателей	Эскизы	Применение
Пружинный нижний		<p>Для вырезных штампов. При вырезке из тонкого материала с прижимом заготовки, а также при вырезке крупных деталей</p>
Буферный нижний		<p>Для комбинированных (совмещенных) штампов а) вырезки и пробивки, б) вырезки и вытяжки и т. п. Обратная впрессовка в полосу при вырезке используется для удаления деталей из штампа</p>
Пневматический нижний		<p>В вырубных и совмещенно-комбинированных штампах средних и крупных размеров при работе на прессах без пневматического буфера. Давление воздуха от сети 5—6 ат. Уплотнение резиновой мембраной. Конструкции штампов значительно упрощаются.</p>
Жесткий, действующий от выталкивателя прессы (верхний)		<p>В комбинированных совмещенных штампах а) вырезки и пробивки, б) вырезки и вытяжки, При работе на наклоняемых прессах, а также в тех случаях, когда обратная вставка в полосу нежелательна Если выталкиватель одновременно является съемником — следует применять переходные штифтовые толкатели (фиг. 239)</p>
Жесткий, действующий от поперечины штампа (верхний)		<p>Аналогично предыдущему при работе на прессах, не имеющих выталкивающей поперечины, а также на крупных прессах</p>
Жесткий, ударно-рычажный нижний		<p>В формовочных, гибочных и других штампах, работающих „в упор“</p>

Таблица 171

Типы прижимов (складкодержателей)

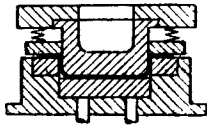
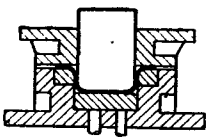
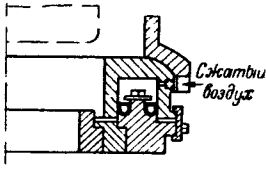
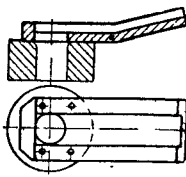
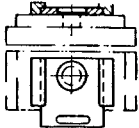
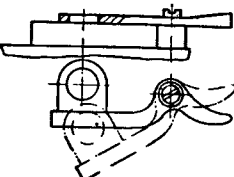
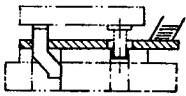
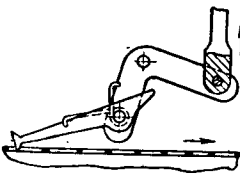
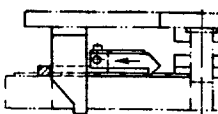
Типы прижимов	Эскизы	Применение
Упругий (подвижный)		<p>Для вытяжки на прессах простого действия:</p> <p>а) для крупной вытяжки прижим делается сверху;</p> <p>б) для мелкой и повторной средней вытяжки прижим делается снизу от буфера (обратное расположение рабочих частей)</p>
Жесткий		<p>Для вытяжки на прессах двойного действия. В крупных вытяжных штампах сложной или несимметричной конфигурации (типа кузовных) применяются вытяжные ребра</p>
Пневматический плавающий		<p>Для вытяжки круглых изделий на прессах двойного действия. Назначение — компенсация колебаний по толщине в разных местах заготовки</p>

Таблица 172

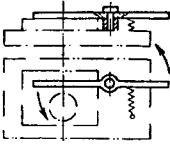
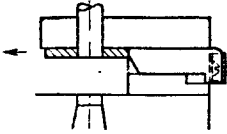
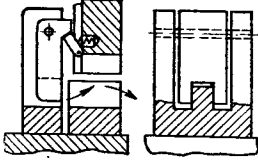
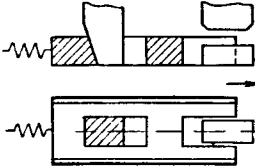
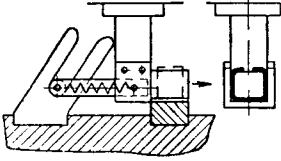
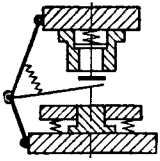
Основные типы узлов загрузочных устройств

Типы загрузочных устройств	Эскизы	Применение
Лотки направляющие		<p>Для ручной подачи колпачков на последующие вытяжки и т. п.</p>

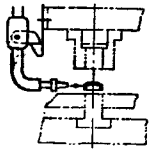
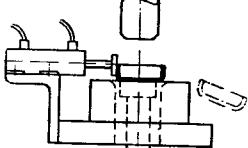
Продолжение табл. 172

Типы загрузочных устройств	Эскизы	Применение
<p>Выдвижные загрузочные устройства</p>		<p>Для ручной подачи мелких штучных заготовок для зачистных, пробивных, высадочных чеканочных и подобных работ</p>
<p>Поворотные загрузочные устройства</p>		<p>Для ручной подачи мелких штучных заготовок, главным образом, в зачистных штампах</p>
<p>Автоматические клиновые (магазинные) подачи</p>		<p>Для автоматической подачи небольших плоских штучных заготовок</p>
<p>Автоматическая крючковая подача</p>		<p>Для автоматической подачи ленты в штампах, устанавливаемых на простых кривошипных прессах. Приводится в действие системой рычагов</p>
<p>Автоматическая крючково-клиновая подача</p>		<p>Назначение то же, что крючковой подачи. Приводится в действие клином, толкающим подвижную каретку с крючком</p>

Типы сбрасывателей (удалителей)

Типы сбрасывателей	Эскизы	Применение
Ручной рычажный		В вытяжных, формовочных и подобных штампах с обратным выталкиванием деталей на поверхность штампа
Автоматический с пружинной защелкой		В пробивных штампах для небольших деталей
Автоматический с поворотным рычажком		В гибочных штампах для П-образной гибки небольших деталей
Автоматический пружинно-клиновой		В гибочных штампах для П-образной гибки небольших и средних деталей
Автоматический копирный		В гибочных штампах при штамповке деталей замкнутой конфигурации
Поворотный приемный механизм		Для удаления деталей, выбрасываемых из верхней части штампа

Продолжение табл. 173

Типы сбрасывателей	Эскизы	Применение
Пневматические сдувающие сопла		Для сдувания с поверхности штампа небольших, главным образом полых деталей
Пневматические поршневые толкатели		Для удаления крупных и тяжелых деталей

Винты со шлицем предусмотрены общими ОСТ деталей машиностроения и имеются в любых справочниках для конструкторов. В штампах обычно применяют такие винты размерами от М3 до М10.

Установочные штифты допускаются только цилиндрические.

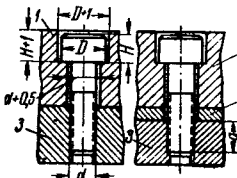
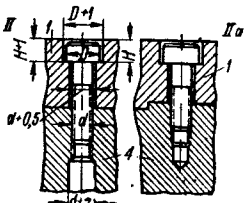
При соединении спариваемых деталей желательна совместная обработка отверстий (сверление и развертывание) под установочные штифты. В закаленных деталях отверстия после закалки доводят или шлифуют.

Изготовление глухих отверстий под установочные штифты не допускается.

В табл. 174 приведены различные способы соединения разных узлов и деталей штампа винтами.

Таблица 174

Соединение деталей штампов винтами

Типы соединений	Эскизы	Назначение
Тип I, для верхней части штампа		Соединение верхней плиты 1 с пуансодержателем 3 с прокладкой 2 или без нее. Резьба в пуансодержателе
Типы II и II, а для верхней части штампа		Соединение большого и высокого пуансона 4 непосредственно с верхней плитой 1. Резьба в некаленной верхней части пуансона. Глухие отверстия по типу II, а разрешается применять только в случае недопустимости выхода отверстия на рабочую поверхность пуансона (вытяжные, формовочные, чеканочные и т. п.)

Типы соединений	Эскизы	Назначение
<p>Типы III и III, а, для верхней части штампа</p>		<p>Соединение пуансонодержателя 3 с большим пуансоном 4 в комбинированных и совмещенных штампах. Резьба в некаленной верхней части пуансона. Глухие отверстия по типу III, а разрешается применять только в случае недопустимости выхода отверстия на рабочую поверхность пуансона (вытяжные, формовочные, чеканочные и т. п.)</p>
<p>Тип IV, для нижней части штампа</p>		<p>Соединение всех деталей нижней части штампа: плиты 1, матрицы 2, направляющих планок 3 и съёмника 4 общим винтом. Резьба в нижней плите</p> <p>В небольших штампах достаточно только этого соединения. В крупных штампах, кроме данного соединения, применяются парные соединения нижней плиты с матрицей и матрицы со съёмником</p>
<p>Типы V и V, а, для нижней части штампа</p>		<p>Соединение нижней плиты 1 с большой и высокой матрицей 2. Резьба в некаленной нижней части матрицы. Глухие отверстия по типу V, а разрешается применять только для вытяжных, формовочных и подобных матриц, в которых недопустим выход отверстия на рабочую поверхность матрицы</p>
<p>Тип VI, для нижней части штампа (необязательный)</p>		<p>Рекомендуемый, но не обязательный вариант соединения нижней плиты 1 с матрицедержателем 2 и матрицедержателя с секциями составной матрицы 3. При применении съёмника последний соединяется с данным узлом общим винтом по типу I. Аналогичное соединение может применяться и для крепления составного пуансона с пуансонодержателем и верхней плитой</p>

Примечания: 1. Принимать размеры $a \geq 1,5d$.

2. Рассверловку отверстий диаметром $a + 2$ применять в случае, если $c \geq 2d$.

Таблица 175

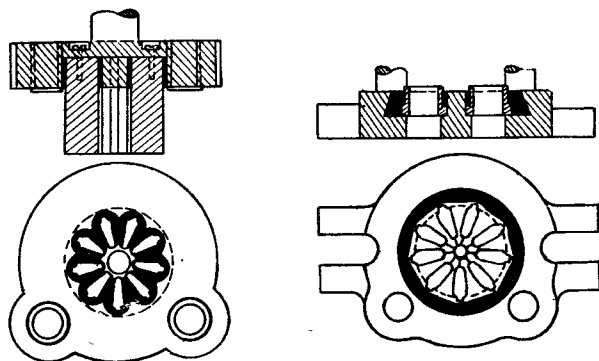
Крепление деталей штампов штифтами

Типы креплений	Эскизы	Назначение
<p>Типы I и I, а для верхней части штампа</p>		<p>Тип I — крепление верхней плиты 1 с пуансонодержателем 3 и прокладкой 2. Тип I, а — крепление верхней плиты 1 непосредственно с пуансоном 4. Тип I применяется при пуансонах, запрессовываемых в пуансонодержателе; тип I, а — при крупных пуансонах</p>
<p>Тип II, для верхней части штампа</p>		<p>Крепление верхней плиты 1 с пуансонодержателем 3 и пуансонодержателя 3 с составным пуансоном 4. Раздельное крепление позволяет снять для ремонта или перешлифовки целиком пуансонодержатель вместе с секциями составного пуансона, не нарушая их взаимной связи</p>
<p>Типы III и III, а, для нижней части штампа</p>		<p>Тип III — крепление нижней плиты 2 с матрицей 1. Тип III, а — крепление нижней плиты 2 с матрицедержателем 3. Применяются в крупных штампах. При применении фиксатора или неподвижного съёмника последние крепятся с данным узлом отдельно</p>
<p>Типы IV и IV, а, для нижней части штампа</p>		<p>Тип IV — крепление матрицы 1 с фиксатором 3. Тип IV, а — крепление матрицы 1 с направляющей планкой 2 и съёмником 4. Применяются в крупных штампах</p>
<p>Тип V, для нижней части штампа</p>		<p>Рекомендуемый, но не обязательный вариант. Крепление нижней плиты 1 с матрицедержателем 2 и матрицедержателя 2 с секциями составной матрицы 3. Раздельное крепление позволяет снять для ремонта или перешлифовки целиком матрицедержатель вместе с секциями составной матрицы, не нарушая их взаимной связи. При применении фиксатора или съёмника последние крепятся с данным узлом отдельно</p>

Типы креплений	Эскизы	Назначение
<p>Тип VI, для нижней части штампа</p>		<p>Общее крепление всех деталей нижней части штампа: плиты 1, матрицы 2, направляющих планок 3 и съёмника 4 одним или двумя штифтами. Применяется только в цельных матрицах</p> <p>Крепление одним штифтом применяется в небольших штампах пакетного типа. Крепление двумя штифтами применяется в более крупных пакетных штампах и штампах с направляющими колонками и позволяет при разборке штампа выбить только один штифт, не разъединяя оставшиеся части штампа (направляющую плиту 1 и матрицу 2)</p>
<p>Примечание. Рассверловку отверстия диаметром $d + 2$ применять в случае, если $c \geq 2d$.</p>		

В табл. 175 приведены различные способы крепления разных узлов и деталей штампов уставовочными штифтами.

При изготовлении мелких штампов с составными (сборными) матрицами зачастую размеры их не позволяют применить обычное крепление винтами и штифтами. В таких случаях с успехом применяются соединения и точная



Фиг. 293. Сборка секционного штампа заливкой легкоплавким сплавом.

установка сборных пуансонов и матриц путем заливки их легкоплавким (сурьмяно-свинцово-оловянно-висмутовым) сплавом (фиг. 293). Состав сплава: Bi—48%; Pb—32%; Sn—15%; Sb—5%. Температура плавления 95—100°.

Достоинством сплава является то, что он не дает усадки, а при затвердевании увеличивается в объеме, повышая прочность соединения.

6. Точность изготовления и чистота обработки деталей штампов.

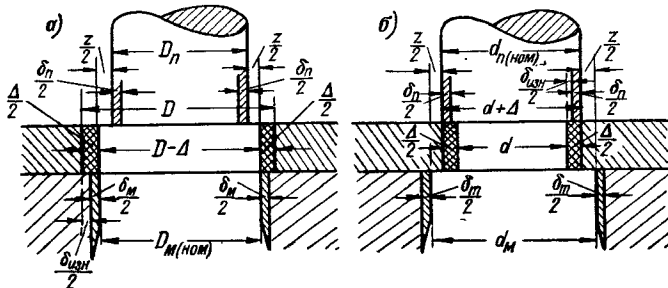
Допуски и посадки

В табл. 176 даны в сводном виде точность обработки и чистота поверхности для четырнадцати основных деталей вырезного штампа. Точность обработки отдельных деталей и их поверхностей дана в виде указания класса точности и типа посадки.

Наиболее точного изготовления требуют рабочие детали вырезных штампов — пуансоны и матрицы.

Допуски на изготовление вырезных пуансонов и матриц тесно связаны с величиной зазора между ними, так как допуски увеличивают величину зазора. Помимо этого, погрешности изготовления и измерения находятся в зависимости от номинальных размеров рабочих частей.

На фиг. 294 приведены схемы построения допусков на изготовление вырезных и пробивных пуансонов и матриц (с призматическим отверстием).



Фиг. 294. Схемы построения допусков на изготовление вырезных и пробивных пуансонов и матриц:

а — при вырезке наружного контура; б — при пробивке отверстия.

На фиг. 294, а изображена схема построения допусков при вырезке наружного контура с заданным допуском ($D - \Delta$).

В данном случае номинальный размер матрицы берется равным наименьшему предельному размеру изделия¹:

$$D_{м(ном)} = D - \Delta.$$

Предельные размеры вырезных матриц и пуансонов:

$$D_{м} = (D - \Delta) + \delta_{м};$$

$$D_{п} = (D - \Delta) - z - \delta_{п},$$

где $D_{м}$ и $D_{п}$ — предельные размеры матрицы и пуансона;

D — номинальный размер детали;

$\delta_{м}$ и $\delta_{п}$ — допуски на изготовление матрицы и пуансона;

$\delta_{изн}$ — допуск на износ;

z — номинальный (наименьший) зазор;

Δ — допуск детали.

На фиг. 294, б изображена схема построения допусков при пробивке отверстий с заданным допуском ($d + \Delta$). В данном случае номинальный размер пуансона берется равным наибольшему предельному размеру отверстия.

¹ В случае применения конусных матриц номинальный размер устанавливается с учетом увеличения размера матриц при перешлифовке и берется равным:

$$D_{м(ном)} = D - 0,8\Delta;$$

для матриц с углом скоса 1°

$$D_{м(ном)} = D - 0,6\Delta.$$

Предельные размеры пробивных матриц и пуансонов:

$$d_{\text{п}} = (d + \Delta) - \delta_{\text{п}};$$

$$d_{\text{м}} = (d + \Delta) + z + \delta_{\text{м}},$$

где $d_{\text{м}}$ и $d_{\text{п}}$ — предельные размеры матрицы и пуансона;

d — номинальный размер отверстия;

Δ — допуск отверстия;

остальные обозначения прежние.

В табл. 177 приведены допуски на изготовление круглых взаимозаменяемых вырезных и пробивных пуансонов и матриц диаметром до 50 мм.

Следует предостеречь от обязательного применения таблиц с расчетными величинами допусков на изготовление пуансонов и матриц, так как требование раздельного изготовления пуансонов и матриц по предельным размерам в любых случаях (особенно для фигурного контура) является необоснованным и не соответствующим реальным условиям серийного, а тем более индивидуального изготовления штампов.

Это требование зачастую приводит к завышенной точности и излишней трудоемкости и стоимости изготовления вырезных штампов. Допуски и точность изготовления пуансонов и матриц зависят от типа производства, серийности и способа изготовления штампов, приведенных в табл. 178.

Наиболее распространенным из перечисленных способов является третий.

Из табл. 178 следует, что по предельным размерам и допускам, приведенным в табл. 177, можно раздельно изготавливать только круглые взаимозаменяемые вырезные и пробивные пуансоны и матрицы диаметром преимущественно до 50 мм.

В случае изготовления вырезных и пробивных штампов по третьему способу применяют следующие методы:

1. При изготовлении вырезных штампов матрицу делают с допуском, равным 0,25—0,30 от допуска штампуемой детали, а пуансон пригоняют по матрице с соблюдением начального равномерного зазора, необходимого для вырезки материала данной толщины (табл. 22).

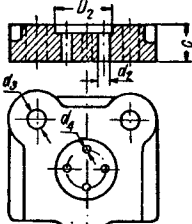
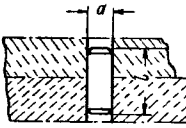
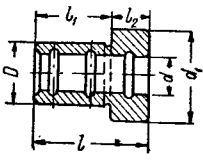
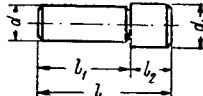
2. При изготовлении пробивных штампов пуансон делают с допуском, равным 0,25—0,30 от допуска отверстия, а матрицу пригоняют по пуансону с соблюдением начального равномерного зазора, соответствующего данной толщине материала.

Таблица 176

Точность и чистота обработки деталей штампов

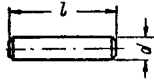
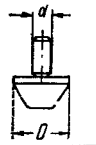
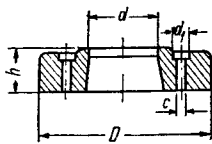
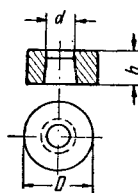
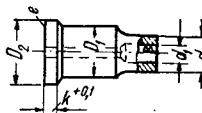
Детали штампов	Обрабатываемая поверхность	Эскиз обрабатываемой детали	Класс точности, тип посадки, чистота поверхности по ГОСТ 2789—51
Плита верхняя	Отверстие под втулку d		А ОСТ 1012 ▽▽ 6
	Диаметр D , под врезку цилиндрического пуансонодержателя (пуансона)		А ₂ ОСТ 1013 ▽▽ 6
	Рабочая плоскость (параллельность) C		Верхняя плита 0,05 мм, нижняя плита 0,02 мм на длине 300 мм ▽▽ 6
	Отверстие под винты d_1		А ₅ ОСТ 1015 ▽ 3

Продолжение табл. 176

Детали штампов	Обрабатываемая поверхность	Эскиз обрабатываемой детали	Класс точности, тип посадки, чистота поверхности по ГОСТ 2789—51
Плита нижняя	Диаметр D_2 под врезку круглой матрицы		A ₃ ОСТ 1013 ▽▽ 6
	Отверстие d_2 под штифты выталкивателя		A ₃ ОСТ 1013 ▽▽ 6
	Диаметр d_3 отверстия под запрессовку колонки		A ОСТ 1012 ▽▽ 6
	Отверстие d_4 под штифты установочные		A ОСТ 1012 ▽▽ 6
Штифты установочные	Рабочий диаметр d		Г ОСТ 1012 ▽▽▽ 7
	Длина l		B ₁ ОСТ 1010 ▽ 2
Втулка направляющая	Внутренний диаметр d		A ₁ и A ¹ ОСТ (1011, 1012) ▽▽▽ 8
	Наружный диаметр D		Пр ОСТ 1012 ▽▽▽ 7
	Поверхность торцевая и поверхность боковая l_1 , l_2		B ₁ ОСТ 1010 ▽▽ 4
Колонка направляющая	Диаметр d_1 для запрессовки		Пр ОСТ 1012 ▽▽▽ 7
	Диаметр d рабочей части		C ₁ , C ₂ ; D и X ¹ ОСТ 1011, 1012 ▽▽▽ 8
	Длина l , l_1 и l_2		B ₁ ОСТ 1010 ▽▽ 4

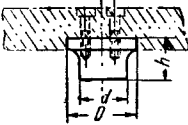
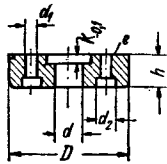
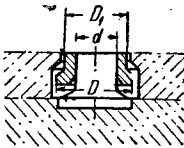
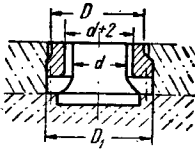
¹ В зависимости от толщины материала и необходимой величины зазора.

Продолжение табл. 176

Детали штампов	Обрабатываемая поверхность	Эскиз обрабатываемой детали	Класс точности, тип посадки, чистота поверхности по ГОСТ 2789—51
Штифты выталкивающие	Диаметр d		C_3 ОСТ 1013 $\nabla\nabla 6$
	Длина l		B_7 ОСТ 1010 $\nabla 3$
Ловитель	Хвостовик d		Γ ОСТ 1012 $\nabla\nabla\nabla 7$
	Рабочий диаметр D		C_3 ОСТ 1013 $\nabla\nabla\nabla 7$
Матрица цилиндрическая цельная врезная	Рабочий размер d		$\nabla\nabla\nabla^1 8$
	Наружный диаметр D		C_3 ОСТ 1013 $\nabla\nabla 6$
	Отверстие под винты d_1		A_5 ОСТ 1015 $\nabla 3$
	Высота матрицы h		B_7 ОСТ 1010 $\nabla\nabla\nabla 7$
Матрица цилиндрическая цельная запрессовываемая	Рабочий размер d		$\nabla\nabla\nabla^1 8$
	Наружный диаметр D		Пр ОСТ 1012 $\nabla\nabla\nabla 7$
	Высота h		B_7 ОСТ 1010 $\nabla\nabla\nabla 7$
Пуансон простой	Рабочий размер d		$\nabla\nabla\nabla^1 8$
	Шейка D_1		Γ ОСТ 1012 $\nabla\nabla\nabla 7$
	Запечник D_2		B_7 ОСТ 1010 $\nabla 3$
	Отверстие под ловитель d_1		A ОСТ 1012 $\nabla\nabla 6$

¹ Рабочие размеры изготовлять с допусками, указанными в табл. 177.

Продолжение табл. 176

Детали штампов	Обрабатываемая поверхность	Эскиз обрабатываемой детали	Класс точности, тип посадки, чистота поверхности по ГОСТ 2789—51
Пуансон цилиндрический врезной цельный	Рабочий размер d		$\nabla\nabla\nabla$ 8
	Диаметр под врезку D		C ₃ ОСТ 1013 $\nabla\nabla$ 6
	Высота h		B ₇ ОСТ 1010 $\nabla\nabla$ 6 и $\nabla\nabla\nabla$ 7
Пуансонодержатель цилиндрический	Отверстие под пуансон d		A ОСТ 1012 $\nabla\nabla$ 6
	Диаметр под врезку D		C ₃ ОСТ 1013 $\nabla\nabla$ 6
	Отверстие под винты d_1 и d_2		A ₂ ОСТ 1015 ∇ 3
	Высота h		B ₇ ОСТ 1010 $\nabla\nabla$ 4
Прижимы, выталкиватели с внутренним направлением	Внутренний диаметр d		A ₂ ОСТ 1013 $\nabla\nabla$ 6 и $\nabla\nabla\nabla$ 7
	Наружный диаметр заплечика D		B ₇ ОСТ 1010 ∇ 3
	Наружный диаметр D_1		B ₇ ОСТ 1010 ∇ 3
Прижимы, выталкиватели с наружным направлением	Внутренний диаметр d		A ₇ ОСТ 1010 ∇ 3
	Наружный диаметр D		B ₇ ОСТ 1010 ∇ 3
	Наружный диаметр D_1		C ₃ и X ₃ ОСТ 1013 $\nabla\nabla$ 6

¹ Рабочие размеры изготовлять с допусками, указанными в табл. 177.

Таблица 177

Допуски на изготовление круглых взаимозаменяемых вырезных и пробивных пуансонов и матриц, в мм

Толщина материала в мм	Наименьший двусторонний (номинальный) зазор δ	Диаметральные допуски на изготовление	
		матрицы $+\delta_m$	пуансона $-\delta_p$
0,3	0,02	0,015	0,01
0,5	0,03	0,02	0,01
0,8	0,05	0,02	0,015
1,0	0,06	0,025	0,015
1,5	0,10	0,03	0,02
2,0	0,14	0,04	0,02
2,5	0,20	0,05	0,03
3,0	0,24	0,06	0,03
4,0	0,36	0,08	0,04
5,0	0,45	0,10	0,05
6,0	0,60	0,12	0,06
8,0	0,80	0,14	0,07
10,0	1,00	0,20	0,10
12,0	1,20	0,21	0,12

Примечания: 1. По указанным допускам изготавливать отдельно только круглые взаимозаменяемые вырезные и пробивные пуансоны и сменные матрицы размером до 50 мм.
2. Для толщин материалов, находящихся между указанными в таблице, принимать промежуточные значения.

Изготовление пуансонов или матриц с допуском, равным 0,25—0,30 от допуска детали, дает следующее соотношение точности изделия и изготовления штампа (в классах точности по ОСТ):

Точность детали	4	5	7
Точность штампа	2а	3а	4

При изготовлении вырезных и пробивных штампов для грубых несопрягаемых деталей свободных размеров, для которых не требуется направления допусков обязательно в «тело» детали, номинальный размер матрицы (пуансона) берется равным номинальному размеру детали (отверстия) и изготавливается по 4-му классу точности. Необходимая величина зазора получается путем соответствующей пригонки пуансона по матрице и наоборот.

Допуски на изготовление вытяжных пуансонов и матриц зависят от допусков на толщину металла и требуемой величины зазора.

Схемы построения допусков для вытяжных пуансонов и матриц различны для двух случаев:

- 1) когда задан наружный размер детали (колпачка) с допуском;
- 2) когда задан внутренний размер детали (колпачка) с допуском.

Таблица 178

Способы изготовления и пригонки рабочих частей вырезных и пробивных штампов

№ по пор.	Способы изготовления и пригонки штампов	Применение
1	Раздельное изготовление пуансонов и матриц по предельным размерам (табл. 177) с соблюдением начального зазора между ними	При серийном изготовлении круглых взаимозаменяемых вырезных и пробивных пуансонов и матриц диаметром преимущественно до 50 мм, в массовом и крупносерийном производстве
2	Изготовление рабочей части пуансонов и матриц доводкой (прошивкой) мастер-пуансоном или мастер-матрицей, изготовленными с учетом необходимого зазора (табл. 22).	При серийном изготовлении взаимозаменяемых вырезных пуансонов и матриц небольших размеров, но сложной конфигурации, в массовом и крупносерийном производстве (точная механика)
3	Слесарная пригонка пуансона по матрице (для вырезных штампов) или матрицы по пуансону (для пробивных штампов) с соблюдением заданной величины начального зазора (табл. 22)	1. При серийном изготовлении вырезных штампов некруглого контура, а также средних и крупных вырезных штампов круглого контура в крупносерийном производстве 2. При индивидуальном изготовлении вырезных и пробивных штампов любой конфигурации в серийном производстве
4	Прошивка сырой матрицы закаленным и доведенным пуансоном (для пробивки) или прошивка (обрезка) сырого пуансона закаленной и доведенной матрицей (для вырезки)	При индивидуальном изготовлении вырезных или пробивных штампов сложной конфигурации для материалов толщиной до 0,5 мм с раскленкой (подчеканкой) режущих кромок в случае их износа. Применяется в серийном и мелкосерийном производстве
5	Изготовление рабочей части пуансонов и матриц электроискровым способом в закаленном состоянии с последующей доводкой	При изготовлении вырезных пуансонов и матриц сложной конфигурации в крупносерийном и серийном производстве

Соответствующие им схемы построения допусков приведены на фиг. 295.

На фиг. 295, а изображена схема построения допусков для вытяжки с заданным наружным размером ($D - \Delta$). В этом случае номинальный размер матрицы берется равным наименьшему предельному размеру детали:

$$D_{M(\text{ном})} = D - \Delta.$$

Предельные размеры матриц и пуансонов:

$$D_M = (D - \Delta) + \delta_M;$$

$$D_P = (D - \Delta) - z - \delta_P,$$

где D_M и D_P — предельные размеры матрицы и пуансона;

D — номинальный наружный размер колпачка;

δ_M и δ_P — допуски на изготовление матрицы и пуансона;

Δ — допуск детали (в тело);

z — номинальный зазор между пуансоном и матрицей.

На фиг. 295, б изображена схема построения допусков для вытяжки с заданным внутренним размером ($d+\Delta$). В этом случае номинальный размер пуансона берется равным номинальному размеру детали

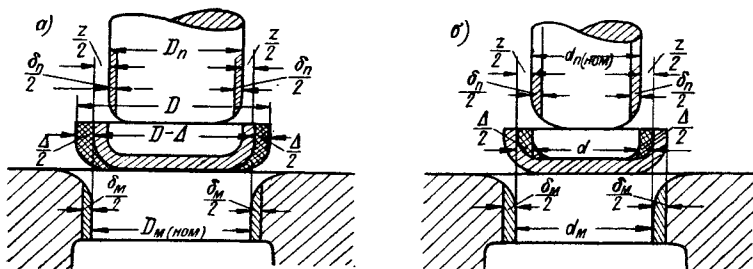
$$d_{\text{п ном}} = d.$$

Предельные размеры вытяжного пуансона и матрицы:

$$d_{\text{п}} = d - \delta_{\text{п}};$$

$$d_{\text{м}} = d + z + \delta_{\text{м}},$$

где $d_{\text{п}}$ и $d_{\text{м}}$ — предельные размеры пуансона и матрицы;
 d — номинальный внутренний размер колпачка;
 остальные обозначения те же.



Фиг. 295. Схемы построения допусков на изготовление вытяжных пуансонов и матриц:

а — при заданном наружном размере; б — при заданном внутреннем размере.

В табл. 179 приведены допуски на изготовление вытяжных пуансонов и матриц по данным НИИМП для вытяжки некалиброванной тонколистовой стали (по ГОСТ 3680—47).

Таблица 179

Допуски на изготовление вытяжных пуансонов и матриц для вытяжки некалиброванной тонколистовой стали, в мм

Толщина материала в мм	Номинальный диаметр вытяжки в мм					
	10—50		50—200		200—500	
	$+\delta_{\text{м}}$	$-\delta_{\text{п}}$	$+\delta_{\text{м}}$	$-\delta_{\text{п}}$	$+\delta_{\text{м}}$	$-\delta_{\text{п}}$
0,25	0,02	0,01	0,03	0,015	0,03	0,015
0,35	0,03	0,02	0,04	0,02	0,04	0,025
0,5	0,04	0,03	0,05	0,03	0,05	0,035
0,6	0,05	0,035	0,06	0,04	0,06	0,04
0,8	0,07	0,04	0,08	0,05	0,08	0,06
1,0	0,08	0,05	0,09	0,06	0,10	0,07
1,2	0,09	0,06	0,10	0,07	0,12	0,08
1,5	0,11	0,07	0,12	0,08	0,14	0,09
2,0	0,13	0,085	0,15	0,10	0,17	0,12
2,5	0,15	0,10	0,18	0,12	0,20	0,14

Для вытяжки калиброванного листового металла допуски на изготовление вытяжных пуансонов и матриц берутся на 20—25% ниже указанных.

Как видно из сравнения с табл. 177, допуски на изготовление вытяжных пуансонов и матриц в несколько раз больше допусков на изготовление вырезных пуансонов и матриц.

Вследствие большого зазора между вытяжным пуансоном и матрицей, а также простоты конфигурации для большинства вытягиваемых деталей допустимо раздельное изготовление круглых вытяжных пуансонов и матриц по предельным размерам, полученным расчетом.

7. Материалы для деталей штампов

Рабочие детали штампов (пуансоны и матрицы) в большинстве случаев работают в условиях ударной нагрузки с сильной концентрацией ее на рабочих кромках или на рабочей поверхности. Поэтому к материалу пуансонов и матриц предъявляется требование высокой или повышенной твердости при наличии достаточной вязкости. В табл. 180 приведены марки материалов, применяемые для изготовления пуансонов и матриц.

Таблица 180

Марки материалов для изготовления пуансонов и матриц

Детали штампов	Марки сталей и материалов	
	рекомендуемые	допускаемые заменители
Пуансоны и матрицы вырезные и пробивные простой формы	У8А, У10А	У10, 7ХЗ, ШХ15
То же сложной формы	Х12, Х12М	5ХВС, ХГ, 9ХВГ
Пуансоны и матрицы гибочные простой формы	У8А	У8, Модифицированный чугун МСЧ 32—52
То же сложной формы	У10А	Х12, ШХ15
Пуансоны и матрицы вытяжные и формовочные простой формы	Х12, ВК8, Специальный никелевый чугун	Х12М, ВК15, Графитизирующаяся сталь ЭИ293 или ЭИ366
То же сложной формы	Х12М, Специальный термообработанный чугун	ХВ5, Х12ТФ, Графитизирующаяся сталь ЭИ293 или ЭИ366
Пуансоны и матрицы чеканочные простой формы	Х12	Ф, Х12М, Х12ТФ,
То же сложной формы	Х12М	9ХС, ХВГ, 9ХВГ
Пуансоны для холодного выдавливания алюминия	У10А, Х12М	4ХВС, 5ХВС
То же для меди и латуни	Р18	Р9
Матрицы для холодного выдавливания алюминия	Х12М, ШХ15	Х12ТФ, 9ХС
То же для меди и латуни	Х12М, Р18	5ХНМ, Р9

В табл. 181 приведены марки легированных инструментальных сталей, применяемые для изготовления рабочих частей штампов.

Таблица 181

Марки легированных инструментальных сталей для изготовления рабочих частей штампов

Наименование стали	Марка стали	Стандарт (ТУ)
Хромистая	X, 9X, XГ	} ГОСТ 5950—51
	7X3, 8X3, X12, X12М	
	ШХ15	
Хромовольфрамовая	4ХВС, 5ХВС.	} ГОСТ 5950—51
	ХВГ, 5ХВГ, 9ХВГ, ХВ5	
Хромомарганцевая	5ХГМ	ГОСТ 5950—51
Хромоникелевая	5ХНМ, 6ХНМ	ГОСТ 5950—51
Хромованадиевая	8ХФ	ГОСТ 801—47
	X12Ф	МЛТУ/2228—49
	X12ТФ	МЛТУ/2228—49
Быстрорежущая сталь	P18, P9	ГОСТ 5952—51
Графитизирующаяся сталь	ЭИ293, ЭИ366	ТУ 1041 ММП
Твердые сплавы (спекаемые)	ВК8, ВК15	ГОСТ 3282—47
Твердые сплавы (литые)	Сормайт № 1 и № 2	ГОСТ 2523—51

В табл. 182 приведены материалы (сплавы), применяемые для пуансонов и матриц литых штампов.

В табл. 183 даны марки сталей для изготовления других деталей штампов.

В табл. 184 приведены нормы твердости рабочих деталей штампов после термообработки.

Для плит применяются:

1) серый чугун СЧ21-40 по ГОСТ В-1412—48;

2) модифицированный чугун МСЧ32-52 по ГОСТ 2611—44;

3) стальное литье марки 25—4518 по ГОСТ 977—41.

Резина в штампах применяется в следующих случаях:

1) в качестве рабочего инструмента: а) при вырезке резиной на гидравлических прессах; б) при формовке и гибке на гидравлических прессах; в) при штамповке с резиновыми накладками на падающих молотах;

2) в качестве упругого амортизатора — буферов при штамповке на прессах (для съемников, выталкивателей, прижимов и т. п.).

Для вырезки резиной применяют резину повышенной твердости (по Шору 70).

Для формовки — гибки резиной применяют сорта средней твердости (по Шору 45—65).

Таблица 182

Сплавы, применяемые для литых штампов

Типы штампов	Марки сплавов
<p>Литые штампы для формовки и гибки дуралюмина и стали (до 2 мм), а в прокатанном виде для вырезки тонкого дуралюмина и стали (до 0,25 мм)</p>	<p>Сплав состава: Zn — 93,17%; Al — 4,1%; Cu — 2,7%; Mg — 0,03% t плавления 480° Твердость 100 H_B</p> <p>Относительное удлинение δ литого — 3%, катаного — 30% $\sigma_b = 43 \text{ кг/мм}^2$ (катаного)</p> <p>Отливка — в песчаную форму Формовка — по гипсовой модели</p>
<p>Литые вытяжные формовочные и гибочные штампы средних размеров, а также особо ответственные плиты крупных штампов</p>	<p>Специальный чугуn: C — 3,0—3,3%; Si — 0,8—1,5%; Ni — 1,2—1,8%; Cr — 0,4—0,8%; Mn — 0,5—1,0%; $H_B = 220$; $\sigma_b = 18—22 \text{ кг/мм}^2$</p>
<p>Литые вытяжные формовочные и гибочные пуансоны и матрицы крупных размеров, повышенной износостойчивости</p>	<p>Специальный чугуn: C — 2,9—3,2%; Si — 1,0—1,5%; Ni — 2,5—4,0%; Cr — 0,6—1,0%; Mn — 0,5—1,0% Термообработка: закалка в масле при 850°; отпуск 350° $H_B = 350$; $\sigma_b = 25 \text{ кг/мм}^2$</p>
<p>Литые матрицы для штамповки алюминиевых сплавов на падающих молотах</p>	<p>1) Цинковые сплавы марок Ц1; Ц2; Ц3; Ц4 t плавления 420° Нагрев до 470—490°</p> <p>2) Алюминиевоцинковые сплавы: ЦАМ 53 (4—5% Al, 2—3% Cu) $\sigma_b = 20—24 \text{ кг/мм}^2$, $H_B = 110$ t плавления 330° АЦ 13-2 (7—9% Al, 1,8—2,2% Cu) $\sigma_b = 21—27 \text{ кг/мм}^2$, $H_B = 120$ t плавления 410°</p>
<p>Литые пуансоны для штамповки алюминиевых сплавов на падающих молотах</p>	<p>1) Свинец (с добавкой 10% сурьмы) t плавления 326° Нагрев до 370—400°</p> <p>2) Алюминиевоцинковые сплавы ЦАМ 53, АЦ 13-2</p>

Таблица 183

Марки материалов и сталей, применяемые для изготовления различных деталей штампов (по ОСТ 40181—40187 и проекту ГОСТ)

Детали штампов	Марка материала		Термообработка
	основная	заменители	
Плиты штампов литые	Чугун СЧ21-40	Сталитый чугун	—
Плиты штампов стальные	Сталь 40—50	Ст. 5	—
Хвостовики	Сталь 40—45	Ст. 5	—
Колонки направляющие	У8А	Сталь 10—15	Цементировать, калить $R_C = 55-60$
Втулки направляющие	Сталь 10—15	Ст. 2	Цементировать, калить $R_C = 50-55$
Пуансонодержатели	Сталь 45—50	Ст. 5	—
Прокладки под пуансоном	Сталь 10 (У8А)	Ст. 2 (У10А)	Цементировать, калить, $R_C = 45-50$
Съемники	Сталь 25	Сталь 45	—
Прижимы, направляющие планки	Сталь 40—45	Ст. 5	—
Упоры	Сталь 10—15 (У8А)	Ст. 2 (У10А)	Цементировать, калить, $R_C = 45-50$
Ловители	У7А	У10А	Калить, $R_C = 50-55$
Штифты	У8А (сталь серебрянка)	Ст. 6	Калить, $R_C = 45-50$
Винты	Сталь 30—40	Ст. 2	Цементировать и калить головку, $R_C = 40-45$
Пружины	65Г	Рояльная проволока	Калить, $R_C = 40-45$

Таблица 184

Нормы твердости рабочих деталей штампов

Наименование деталей	Твердость по Роквеллу R_C	Наименование деталей	Твердость по Роквеллу R_C
Пуансоны вырезные простой формы	56—58	Пуансоны и матрицы гибочные	58—60
Пуансоны вырезные сложной формы	54—56	Пуансоны и матрицы вытяжные	58—60
Матрицы вырезные простой формы	58—60	Пуансоны и матрицы для холодного выдавливания	60—62
Матрицы вырезные сложной формы	56—58		

Для штамповки на падающих молотах в зависимости от толщины и сорта металла применяют: для штамповки стали — твердую резину, для штамповки дуралюмина — резину средней твердости.

В табл. 185 приведена техническая характеристика сортов резины, изготавливаемой заводом «Каучук» [11].

Таблица 185

Марки резины

Марка резины	Физико-механические свойства					Условия работы
	сопротивление разрыву в кг/см ²	удлинение при разрыве в %	остаточное удлинение в %	удельный вес		
2671	50	220	15	1,25	Резина амортизационная; работает в условиях сжатия до 150 кг/см ² при температуре 45 ÷ 80°, твердость средняя	
2790	50	200	15	1,26		
56	100	450	25	1,46		
1995	45	350	35	1,25	Резина средней твердости; работает в условиях небольшого сжатия (различные прокладки) при температуре 30 ÷ 60°	
2522	50	350	30	30		
922	45	350	35	1,25	Резина повышенной твердости	
1432	45	400	25	1,08	Резина мягкая; работает в условиях небольшого сжатия при 30 ÷ 60°	
340	45	400	25	1,08		
1847	160	500	25	1,05	Резина повышенной мягкости; в соединении с металлом работает как амортизатор при 30 ÷ 140°	
2462	100	380	3	1,43	Резина амортизационная; работает на сжатие до 150 кг/см ² при температуре 45 ÷ 80°	
2005	30	400	25	1,09	Резина мягкая; работает в условиях небольшого сжатия при 30 ÷ 140°. Теплостойкая	
1652B	80	350	12	1,38	Резина работает в условиях значительного сжатия при температуре 30 ÷ 60°	
1631	80	350	12	1,37		
2961	80	350	20			
3019	80	350	25	1,38		
3009	80	350	25	1,38		

8. Стойкость штампов

Стойкость штампов измеряется количеством деталей, отштампованных до полного износа рабочих частей, определяемого невозможностью их восстановления и получением размерного брака штампующихся деталей.

Однако значительно раньше этого вида брака возникает брак по низкому качеству штампующихся деталей (заусенцы при вырезке и пробивке, задиры, риски и царапины при вытяжке, гибке, холодном выдавливании и т. д.).

Этот вид брака сравнительно легко устранить путем перешлифовки вырезных и пробивных штампов или зачистки наростов металла на поверхности вытяжных и гибочных штампов и т. д.

Таким образом, следует различать:

- 1) полную (размерную) стойкость штампов;
- 2) промежуточную (качественную) стойкость или стойкость между двумя перешлифовками или зачистками.

Полная стойкость штампов в большинстве случаев находится в прямой зависимости от качественной стойкости, так как количество допустимых перешлифовок и зачисток ограничено полным использованием рабочих

деталей штампов или выходом из заданных размеров и получением размерного брака деталей.

Стойкость штампов зависит от следующих факторов:

- 1) сорта и свойств штампуемого материала;
- 2) конфигурации детали;
- 3) толщины материала;
- 4) типа штампа и производимой операции;
- 5) материала и термообработки рабочих деталей штампа;
- 6) состоянии прессы.

В табл. 186 приведена, по данным проектных организаций, ориентировочная стойкость различных типов штампов до полного износа, подсчитанная для листовой стали мягкой и средней твердости, при условии правильного изготовления штампа, а также при условии, что вырезной штамп подвергается 20—25 перешлифовкам, двум — трем средним и одному капитальному ремонтам.

Таблица 186

Ориентировочная стойкость различных типов штампов (в тыс. ударов) до полного износа

Тип штампа	Толщина материала в мм	Материал рабочих частей	
		углеродистая сталь	легированная сталь
Вырезной (с направляющими колонками)	0,25—0,5	700—900	1100—1400
	1,0	450—650	680—980
	1,5	355—550	550—800
	2,0	250—450	400—680
	3,0	250—400	400—600
	6,0	150—300	250—450
Пробивной	До 4	150—250	250—400
Гибочный простой	До 3	900—1100	1400—1700
Гибочный сложный	До 3	450—600	700—900
Вытяжной простой	До 3	1200—1600	1800—2400
Формовочный	До 3	250—400	400—600
Чеканочный	—	100—150	150—250

Примечание. Наименьшие значения стойкости относятся к штамповке более твердых материалов, а наибольшие — к штамповке более мягких материалов.

Стойкость небольших вытяжных штампов из твердых сплавов при штамповке тонколистового материала достигает десятка миллионов деталей без зачистки и исправлений.

В табл. 187 приведена ориентировочная стойкость быстросменных пластинчатых штампов, устанавливаемых на универсальных блоках с направляющими колонками (по данным НИТИ) [98].

Стойкость упрощенных листовых (пинцетных) штампов, изготовленных из стали 60-У7А без термической обработки, составляет [98].

При вырубке цветных металлов 800—1000 шт.

При вырубке мягкой стали 400—500 »

В табл. 188 приведены ориентировочные нормы стойкости штампов для холодной объемной штамповки до полного износа [105].

В табл. 189 приведены ориентировочные нормы стойкости штампов для холодного выдавливания до полного износа [123].

Таблица 187

Ориентировочная стойкость быстросменных пластинчатых штампов
(в тыс. ударов)

Штампующий материал	Толщина материала в мм	Вырезаемый контур		
		простой	средней сложности	сложный
Алюминий	До 1	40	30	20
Латунь	1—2	25	20	15
Мягкая сталь (С < 0,2 %)	До 1,5 1,5—3	40 25	30 20	20 10
Сталь средней твердости . (С = 0,3 ÷ 0,5%)	До 1,5 1,5—3	25 20	20 10	15 5

Таблица 188

Ориентировочная стойкость штампов для холодной объемной штамповки
(в тыс. ударов)

Вид операции	Штампующий материал					Вид операции	Штампующий материал				
	сталь мягкая	латунь Л168—Л162	мель	алюминий	сталь мягкая		латунь Л168—Л162	мель	алюминий		
Калибровка плоская	1000	1300	1600	2500	Объемная формовка простой конфигурации То же, конфигурации средней сложности . То же, сложной конфигурации	100	130	170	280		
Чеканка (рельефная)	100	130	170	280		80	100	150	180		
Высадка	80	100	140	180		50	70	100	150		

Таблица 189

Ориентировочная стойкость штампов для холодного выдавливания
(в тыс. ударов)

Прямой способ выдавливания				Обратный и комбинированный способы выдавливания			
толщина стенки детали в мм	материал			толщина стенки детали в мм	материал		
	цинк и алюминий	медь и дуралюмин	латунь		цинк и алюминий	медь и дуралюмин	латунь
0,5	40	—	—	0,5	30	—	—
0,75	60	30	—	0,75	50	20	—
1,0	80	45	25	1,0	60	35	15
1,5	100	65	45	1,5	70	45	25
2,0	120	90	60	2,0	80	60	35

Вопрос о повышении «качественной» стойкости штампов имеет значение не только для вырубных, но и для вытяжных работ, так как в ряде случаев царапины и задиры появляются после штамповки 500—1000 шт., вследствие чего требуются останковка прессы и зачистка штампа.

С целью повышения износоустойчивости и предотвращения царапин и задиры при глубокой вытяжке применяют следующие материалы для изготовления рабочих частей вытяжных штампов:

1) для крупных вытяжных штампов — специальные хромоникелевые чугуны, приведенные в табл. 182;

2) для вытяжных штампов средних размеров, а также для гибочных, формовочных и других штампов — графитизирующуюся сталь марок ЭИ293 и ЭИ366. Графитовые включения, образующиеся в процессе отжига этой стали, повышают ее антифрикционные свойства и износоустойчивость;

3) для мелких вытяжных матриц — твердые сплавы (ВК8, ВК15), обладающие большой износоустойчивостью (в десятки раз больше углеродистой стали) и невосприимчивостью к налипанию частиц металла.

Хорошими способами повышения износоустойчивости являются хромирование и азотирование пуансонов и матриц вытяжных, гибочных и других штампов, а также электроискровой способ упрочнения поверхности вырубных штампов.

Электролитическое хромирование применяется с целью повышения поверхностной твердости и сопротивления износу пуансонов и матриц.

В ряде случаев применяется размерное хромирование небольших вытяжных пуансонов и матриц, имеющее целью восстановление их размеров после износа.

Детали штампов, подлежащие хромированию, предварительно термически обрабатываются до требуемой твердости и подвергаются окончательной механической обработке (шлифовка и полировка или электрополировка). Размеры после механической обработки должны учитывать толщину наносимого слоя хрома.

Толщина хромового покрытия выбирается в зависимости от условий эксплуатации от 0,01 до 0,06 мм. Хромовое покрытие обычно наносится непосредственно на сталь без подслоя меди и никеля.

Азотирование вытяжных и гибочных пуансонов и матриц повышает их поверхностную твердость и износоустойчивость.

Процесс азотирования заключается в насыщении поверхностного слоя стали азотом с образованием нитридов, имеющих весьма высокую твердость.

Поверхностная твердость после азотирования составляет 800—1150 единиц по Виккерсу. Процесс азотирования протекает успешнее в случае изготовления штампов из стали марки Х12М.

Азотирование производится в специальных электрических или газовых муфельных печах при температуре 500—600° в среде диссоциированного аммиака, поступающего в печь из баллона.

Выдержка деталей в печи зависит от требуемой глубины азотированного слоя (при глубине 0,2—0,3 мм — выдержка 42—48 час.). По окончании процесса азотированные детали медленно охлаждаются вместе с печью.

Электроискровой способ упрочнения поверхности штампов основан на использовании процесса электрической эрозии металлов, заключающегося в выбросе материала электрода под действием электрического разряда, переносе его через искровой промежуток и отложении на упрочняемой поверхности.

В результате электроискровой обработки происходит изменение структуры, повышение твердости и износоустойчивости поверхностного слоя упрочняемого изделия.

Физическая природа электроискрового упрочнения изучена еще недостаточно полно.

Установлено, что при упрочнении стали твердым сплавом Т15К6 на упрочняемой поверхности образуется белый слой, в котором обнаружены карбиды вольфрама, карбиды титана и нитриды железа [24].

Микротвердость этого слоя в несколько раз выше, чем исходной стали. Толщина слоя находится в пределах 0,05—0,1 мм.

Недостатками этого способа являются шероховатость и неравномерность по толщине поверхностного слоя, недопустимые для вытяжных штампов.

Эти недостатки устраняются путем доводки, производимой чугунами притирами с 40-процентной пастой карбида бора.

В качестве наносимого материала (материала электрода) обычно применяются стандартные пластинки твердого сплава Т15К6 и Т30К4, а также графитовые электроды марок ЭГ2 и ЭГ4.

Процесс упрочнения ведется на разных режимах в зависимости от требуемых толщины слоя и чистоты поверхности.

Для электрон스크рового упрочнения применяются установки различной конструкции, состоящие из двух частей:

1) питающего устройства, оформленного большей частью в виде переносного аппарата;

2) электронскрового вибратора электромагнитного действия, производящего вибрации электрода, необходимые для получения частых разрывов и замыканий цепи разрядного контура.

ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТЫ ШТАМПОВ НА ПРОЧНОСТЬ

9. Порядок и этапы проектирования

Проектирование штампа состоит из следующих этапов:

- 1) выбор типа штампа и его узлов (подача, удаление и пр.) в соответствии с намеченной технологией изготовления;
- 2) производство необходимых подсчетов;
- 3) конструирование общего вида (план и разрез) штампа и составление спецификации;
- 4) детализовка — разработка рабочих чертежей отдельных деталей штампа.

Этапы и порядок проектирования несколько отличаются друг от друга в зависимости от серийности производства, степени организации подготовки производства, наличия нормалей, типовых конструкций штампов и т. п.

Наличие разработанных типовых конструкций штампов и их узлов, а также нормалей деталей штампов значительно ускоряет и облегчает как процесс проектирования, так и изготовление штампов. В ряде случаев проектирование типовых штампов может вестись по так называемым «слепышам» — чертежам типовых конструкций, в которых остается проставить размеры.

На некоторых заводах, обладающих высокой степенью организации подготовки производства, изготовление штампов производится по чертежам общего вида (с необходимыми размерами), без детализации их, что значительно сокращает как количество чертежей, так и сроки проектирования штампов.

10. Определение центра давления штампа

Для правильной, уравновешенной работы штампа необходимо вырезаемый контур расположить на матрице таким образом, чтобы центр давления совпал с осью хвостовика. В противном случае в штампе возникают перекосы, несимметричность зазора, износ направляющих, быстрое притупление режущих кромок, а вслед затем и поломка штампа.

Нахождение центра давления имеет значение, главным образом, для сложных вырезных, многопуансонных пробивных и последовательных комбинированных штампов.

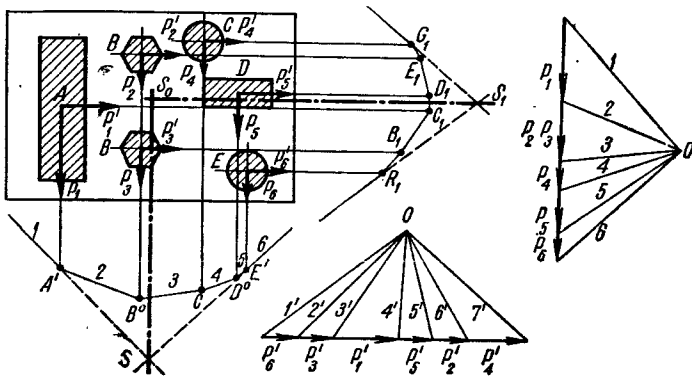
Существует два способа определения центра давления штампа: 1) графический и 2) аналитический.

Графический способ определения центра давления штампа изображен на фиг. 296.

Пояснения к графическому способу
и нахождения центра давления штампа

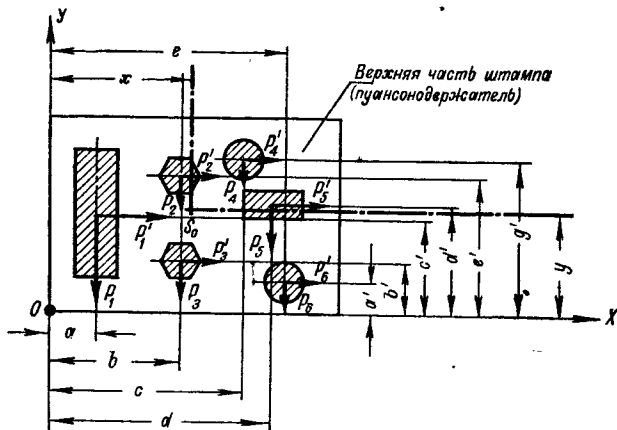
На фиг. 296 изображена верхняя часть штампа с шестью пуансонами. Усилия вырезки пропорциональны периметрам пуансонов. Из центров тяжести фигур A, B, C, D и E проводятся в произвольном масштабе отрезки P_1, P'_1, P_2, P'_2 и т. д., величины которых пропорциональны периметрам.

Затем строится веревочный многоугольник, для чего в стороне параллельно отрезкам P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 и P_6 на одной прямой в масштабе откладывается отрезок P_1 , далее P_2 и т. д. до P_6 . Выбирается произвольная точка O , с которой соединяются концы отрезков (сил) P_1, P_2 и т. д. Полученные линии (лучи) обозначаются цифрами 1, 2 и т. д.



Фиг. 296. Графический способ нахождения центра давления штампа.

Под фигурой на продолжении отрезка P_1 берется произвольная точка A' и через нее проводится линия, параллельная лучу 1. От точки A' до пересечения с продолжением сил P_2 проводится линия параллельно лучу 2 и т. д. до линии (луча) 6. Точка пересечения лучей 1 и 6 в точке S и дает ось центра



Фиг. 297. К аналитическому способу определения положения центра давления штампа.

давления. Так как пуансоны расположены несимметрично, находим ось центра давления и перпендикулярном направлении, для чего, повторив построение веревочного многоугольника, найдем точку S_1 (вторая ось центра давления). Пересечение линий, проходящих через точки S и S_1 , дает точку S_0 — центр давления данного штампа.

Аналитический способ нахождения центра давления основан на равенстве момента равнодействующей нескольких сил сумме моментов этих сил относительно одной и той же оси.

Направление осей берем по сторонам пуансонодержателя, от которых производится его разметка (фиг. 297). Ввиду несимметричности расположения пуансонов составляем уравнения равенства моментов относительно обеих осей.

Уравнение моментов относительно оси Y дает

$$X = \frac{P_1 a + P_2 b + P_3 b + P_4 c + P_5 d + P_6 e}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6}$$

Уравнение моментов относительно оси X дает

$$Y = \frac{P'_1 c' + P'_2 e' + P'_3 b' + P'_4 g' + P'_5 d' + P'_6 a'}{P'_1 + P'_2 + P'_3 + P'_4 + P'_5 + P'_6}$$

где

X — искомое расстояние от оси OY до центра тяжести;

Y — искомое расстояние от оси OX до центра тяжести;

a, b, c и т. д. — расстояние центра тяжести фигуры до оси OY ;

a', b', c' и т. д. — то же, до оси OX ;

P_1, P_2 и т. д. — усилие вырезки каждой фигуры.

При расчете вместо усилий вырезки (P_1, P_2 и т. д.) следует подставлять длину соответствующего контура.

11. Расчеты деталей штампов на прочность

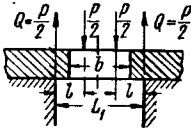
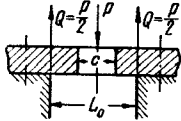
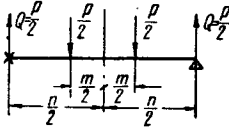
В производственной практике конструктору штампов, пользующемуся стандартами и нормами на детали штампов, обычно не приходится производить расчеты на прочность тех или иных деталей штампов, так как соответствующие расчеты на допустимые напряжения бывают заложены при разработке стандартов и нормативов. В тех случаях, когда пользование нормами не представляется возможным или когда требуется разработать специальные конструкции штампов, можно пользоваться приведенным в табл. 190—192 способами производства приближенных расчетов и формулами для расчета на прочность нижних плит, матриц и пуансонов.

Таблица 190

Расчет нижних плит на прочность [42]

Элемент и способ расчета	Схема	Расчетные формулы
<p>Исходные данные:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отверстие в плите одинаково с отверстием в матрице 2. Отверстие для провала $L_0 \times L_1$ в столе пресса расположено симметрично относительно осей плиты 3. Матрица накладная, в сопротивлении нагрузке не участвует. Нагрузка передается целиком на нижнюю плиту 		<p>См. ниже</p>

Продолжение табл. 190

Элемент и способ расчета	Схема	Расчетные формулы
<p>Расчет по сечению <i>A—B</i> (как балка, свободно лежащая на двух опорах)</p>		$M_{\max} = W \sigma_{\text{ид}} = \frac{Pl}{2}$
<p>Расчет по сечению <i>C—D</i> (как балка на двух опорах с полузакрепленными концами)</p>		$M_{\max} = W \sigma_{\text{ид}} = \frac{3}{16} PL_0$
<p>Расчет по сечению <i>E—F</i></p>		<p>Для прямоугольных отверстий</p> $M_{\max} = \frac{P}{2} \cdot \frac{n}{2} - \frac{P}{2} \cdot \frac{m}{2} = \frac{P}{4} (n - m) = W \sigma_{\text{ид}}$ <p>Для круглых отверстий</p> $M_{\max} = \frac{0,64 (R - r) P}{2} = W \sigma_{\text{ид}}$

Принятые обозначения:

M_{\max} — максимальный изгибающий момент в кгмм;
 W — момент сопротивления в данном сечении в мм³;

в сечении *A—B*: $W = \frac{(k - c) H^2}{6}$,

в сечении *C—D*: $W = \frac{(S + R - b) H^2}{6}$;

l — расстояние от равнодействующей до стенки отверстия стола пресса, в мм;

L_0 — размер отверстия в столе пресса по *AB* в мм;

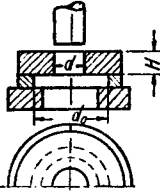
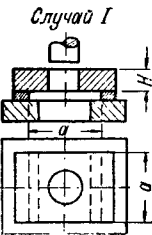
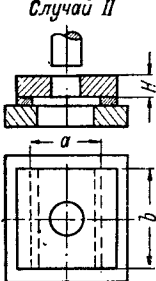
m — расстояние между углами отверстия в плите по сечению *EF* в мм;

n — расстояние между углами провального отверстия, в мм;

R — радиус отверстия в столе пресса в мм;

r — радиус отверстия в плите штампа в мм;

Расчет матриц на прочность

Случай расчета	Схема	Расчетные формулы
Расчет круглых матриц		$\sigma_{изг} = \frac{1,5P}{H^2} \left(1 - \frac{2r}{3r_0}\right) \leq \sigma_{ид}$ <p>для закаленной стали</p> $H = \sqrt{\frac{1,5P}{\sigma_{ид}} \left(1 - \frac{2r}{3r_0}\right)}$
Расчет прямоугольных матриц Случай I: отверстие в плите квадратное $a \times a$	<p style="text-align: center;">Случай I</p> 	$\sigma_{изг} = \frac{1,5P}{H^2} \leq \sigma_{ид}$ <p>для закаленной стали</p> $H = \sqrt{\frac{1,5P}{\sigma_{ид}}}$
То же Случай II: отверстие в плите прямоугольное $a \times b$	<p style="text-align: center;">Случай II</p> 	$\sigma_{изг} = \frac{3P}{H^2} \left(\frac{\frac{b}{a}}{1 + \frac{b^2}{a^2}} \right) \leq \sigma_{ид}$ <p>для закаленной стали</p> $H = \sqrt{\frac{3P}{\sigma_{ид}} \cdot \frac{\frac{b}{a}}{1 + \frac{b^2}{a^2}}}$

Принятые обозначения:

 $\sigma_{изг}$ — изгибающее напряжение в кг/мм²; $\sigma_{ид}$ — допускаемое напряжение на изгиб (для закаленной стали равно (1,5÷3) $\sigma_{ид}$ сырой стали); H — толщина матрицы в мм; $r = \frac{d}{2}$ — радиус матрицы в мм; $r_0 = \frac{d_0}{2}$ — радиус опорного кольца в мм; $a \times a$ — размер квадратного отверстия в плите в мм; $a \times b$ — размер прямоугольного отверстия в плите в мм.

Сильно нагруженные матрицы, а также матрицы со сложным остроугольным профилем рабочего отверстия, кроме расчета на изгиб, следует рассчитывать на разрыв под действием распирающей силы, возникающей в результате выдавливания материала в отверстие матрицы.

Наибольшая величина распирающей (отжимающей) силы составляет около 40% усилия вырезки, действует нормально к режущим кромкам и распределяется равномерно по длине контура. При расчете необходимо учитывать концентрацию напряжений в узких и острых углах матриц (по аналогии с ударным изгибом надрезанных образцов).

Во избежание резкой концентрации напряжений, а также для удобства изготовления матрицы с узкими и остроугольными рабочими отверстиями рекомендуется делать составными или секционными.

В последнем случае необходимо производить расчет прочности крепления секционных матриц и пуансонов под действием отжимающей нагрузки [20].

Значительного увеличения прочности сильно нагруженных небольших цилиндрических стальных и особенно твердосплавных матриц можно достигнуть запрессовкой их в обойму (последняя иногда в свою очередь запрессовывается в наружную обойму). В результате в матрицах возникают сжимающие напряжения большой величины, противодействующие распирающему усилию и вызываемым им растягивающим напряжениям.

Следует помнить, что увеличить прочность можно не только путем увеличения расчетных размеров или изменения химического состава и структуры металла, но и механически — созданием заранее рассчитанного напряженного состояния.

Этот способ может быть применен к сменным дыропробивным, вытяжным, волоочильным, протяжным, обжимным, выдавочным и другим матрицам.

В табл. 192 приведены основные формулы для расчета пуансонов на прочность.

Принятые обозначения:

Таблица 192

$\sigma_{см}$ — напряжение сжатия опорной поверхности в $кг/мм^2$;

F — опорная поверхность головки пуансона в $мм^2$; если $\sigma_{см} > 10 кг/мм^2$, необходима стальная каленая прокладка. Последняя необходима также, когда головка пуансона упирается в хвостовик,

$\sigma_{сж}$ — напряжение сжатия в $кг/мм^2$;

f — площадь наименьшего сечения пуансона в $мм^2$;

$\sigma_{сж.д}$ — допускаемое напряжение на сжатие, для закаленной стали $\cong \cong (2-3) \sigma_{сж.л}$ сырой стали;

P_k — критическая сила, вызывающая продольный изгиб в $кг$;

l — длина свободной части пуансона в $см$;

E — модуль упругости в $кг/см^2$;

J — момент инерции сечения в $см^4$;

n — коэффициент безопасности, составляющий для сырой стали 4—5, а для закаленной 2—3

Если $nF > P_k$, то пуансон следует делать утолщенным ступенчатым.

Расчеты пуансонов на прочность

Способ расчета	Расчетные формулы
Расчет опорной поверхности головки пуансона на смятие	$\sigma_{см} = \frac{P}{F}$
Расчет пуансона на сжатие в наименьшем сечении	$\sigma_{сж} = \frac{P}{f} \leq \sigma_{сж.д}$
Расчет свободной длины пуансонов на продольный изгиб	$P_k = \frac{2\pi^2 EJ}{l^2} = nP$

В табл. 193 приведены значения наибольших допускаемых напряжений при расчете различных деталей штампов.

Таблица 193

Наибольшие допускаемые напряжения в деталях штампов [20]

Наименование деталей штампов	Наименование и марка материала	Допускаемые напряжения в кг/см ²								
		растяжение		сжатие		изгиб		срез		
Съемники, плиты, матрицедержатели, винты, буферные стержни, пуансондержатели, тяги	Ст. 2, Ст. 3	1100	1500	1200	1600	1300	1600	1000	1400	
	Ст. 5, Ст. 6	1300	1600	1400	1700	1700	1800	1200	1500	
Матрицедержатели консольные, тяги, толкатели, фиксаторы, упоры, крестовины, поперечины	Стальное литье 15-4024, 25-4522 Чугун СЧ 18-36; СЧ 21-40			1100	1500	1200	1500	900	1200	
				900	1400	350	450	250	350	
Плиты верхние и нижние, кронштейны	Сталь У7А при твердости по $R_C = 52-56$			5500	8000	3600	5000			
Плиты верхние и нижние, кронштейны	Сталь У8А; X12М; ШХ15 при твердости по $R_C = 58-62$	2500			10 000	16 000	3000	5000		
Штифты, мелкие пуансоны непредельных размеров, ловители, клинья простой формы	Ст. 5, Ст. 7, при твердости по $R_C = 42-58$			3000	4000	2000	2800			
Режущие части простых конфигураций: пуансоны, матрицы, ножи, секции матрид, вставки	Ст. 20 при твердости по Шору 86-92			2500	3000					
Клинья фигурные, упоры, движки, ловители, фиксаторы	Ст. 65Г при твердости по $R_C = 38-45$					5000	8000			
Прокладки под пуансоны (цементированные)										
Пружины плоские и спиральные										

Расчет винтовых пружин производится по формулам:

$$P_{\text{пр}} = \frac{\pi d^3}{8D} [\tau]; \quad f = \frac{8nD^3 P_{\text{пр}}}{d^4 G}$$

где $P_{\text{пр}}$ — допустимая нагрузка в кг;

d — диаметр проволоки в мм;

D — наружный диаметр пружины в мм;

$[\tau]$ — напряжение кручения в кг/мм² ($\tau = 50-60$ кг/мм²);

f — прогиб (осевая деформация) в мм;

n — число витков пружины;

G — модуль упругости при кручении в кг/мм² ($G = 7500-8000$ кг/мм²) пропорционально отношению.

В табл. 194 приведены допустимые нагрузки и соответствующий прогиб одного витка пружины, подсчитанные для значений $[\tau] = 50$ кг/мм² и $G = 7500$ кг/мм².

В последнее время в штампах для холодной штамповки получили широкое применение тарельчатые пружины, позволяющие создать значительные нагрузки при малых габаритах (пружины диаметром 32 мм допускают нагрузку 830 кг) [143].

Размеры тарельчатых пружин следует выбирать по таблицам, приведенным в ГОСТ 3057-45.

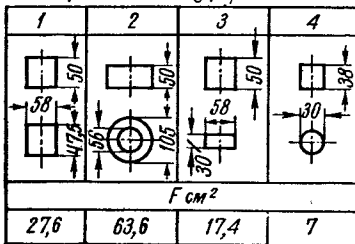
К расчету деталей штампов относятся также подсчеты, связанные с определением давления резиновых съемников, выталкивателей, прижимов и буферов.

Таблица 194

Допустимые нагрузки и деформации цилиндрических пружин

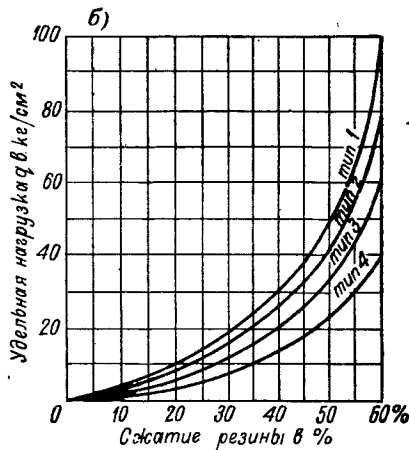
Наружный диаметр пружины D в мм	Диаметр проволоки d в мм												
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	
	$\frac{P_{пр}}{f} = \frac{\text{допустимая нагрузка в кг}}{\text{прогиб одного витка пружины}}$												
10	2,2 1,7	7,7 1,0	19 0,48	40 0,44	75 0,35								
12	1,7 2,5	6,2 1,5	15 1,1	31 0,75	59 0,56	100 0,44							
15	1,4 4,1	4,9 2,6	12 1,7	24 1,3	44 1,0	72 0,80	112 0,65	170 0,51					
20	1,0 7,5	3,5 4,7	8,5 3,4	17 2,6	31 2,0	51 1,6	77 1,3	115 1,1	160 0,94	300 0,69			
25		2,3 7,8	6,6 5,5	12,5 4,4	24 3,4	39 2,7	57 2,3	85 2,0	120 1,7	225 1,4	370 0,98		
30			5,5 8,2	10,6 6,2	19,4 5,0	32 4,1	47 3,5	67 3,1	97 2,6	175 2,0	285 1,6		
35			4,6 11,2	9,4 7,7	16,2 7,2	26 6,0	40 5,1	56 4,4	81 3,7	194 2,9	235 2,4	370 1,9	
40				8,1 11,9	14,4 9,6	23 8,0	34 6,9	50 5,9	70 5,1	125 4,1	200 3,3	310 2,2	
45					12,5 12,2	20 10,2	30 8,7	44 7,9	61 6,7	110 5,3	175 4,4	270 3,6	
50						18 13,0	27 11,2	39 9,7	54 8,5	96 6,7	155 5,6	240 4,6	

а) Типы резиновых буферов



Фиг. 298. Удельное давление резиновых буферов:

а — типы буферов; б — диаграмма сжатия резины.



Размеры резины выбираются в зависимости от требуемого усилия и величины сжатия буфера, причем зависимость между высотой резины H и ее диаметром d должна лежать в пределах

$$0,5 < \frac{H}{d} < 1,5.$$

Величина сжатия резины N обычно принимается в 35—45% от первоначальной высоты.

Давление, развиваемое резиной, определяется по формуле

$$P = Fq \text{ в кг,}$$

где F — площадь поперечного сечения резины в см^2 ;
 q — удельная нагрузка на резину: 20—35 кг/см^2 .

Значения q для некоторых типов буферов даны на диаграмме фиг. 298.

12. Закрытая высота штампа и пресса

Штамп проектируется, как правило, в его нижнем рабочем положении.

В этом положении наилучшим образом будет увязано взаимодействие как рабочих, так и прижимающих и удаляющих деталей штампа. При этом почти исключена возможность конструктивных ошибок по несогласованности верхней и нижней частей штампа, как например: длинные направляющие колонки и короткие пуансоны, вследствие чего штамп не может работать, так как колонки будут выходить из толщины верхней плиты и будут упираться в торец ползуна и т. п.

Высота штампа в нижнем рабочем положении называется закрытой высотой штампа; она должна быть увязана с закрытой высотой пресса.

Закрытой высотой пресса называется расстояние от плиты до ползуна пресса в его нижнем положении при максимальном ходе и укороченной длине шатуна.

Закрытая высота пресса указывает на предельную высоту штампа, который может быть установлен на данном прессе¹.

Штамп, имеющий закрытую высоту, большую чем закрытая высота пресса, не может быть установлен на этот пресс, а если он и будет установлен в верхнем положении ползуна, то при пуске пресса может произойти его поломка.

Основное правило при проектировании штампов: штампы должны проектироваться на конкретные прессы в соответствии с их технической характеристикой, или на группу прессов, близких по мощности и аналогичных по технической характеристике.

На фиг. 299 дана схема рабочего пространства пресса и устанавливаемого на нем штампа.

В табл. 195 приведены основные данные технической характеристики пресса, необходимые конструктору при проектировании штампов.

Закрытая высота штампа (в нижнем рабочем положении) должна находиться между наибольшей закрытой высотой пресса H и наименьшей закрытой высотой пресса $H_2 = H - M$.

Обычно берут:

$$H - 5 \text{ мм} \geq H_{\text{шт}} \geq H_2 + 10 \text{ мм.}$$

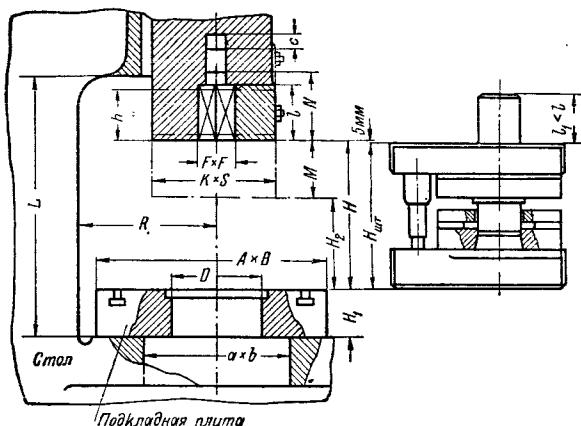
Обычно штампы проектируют ближе к наибольшей закрытой высоте пресса, учитывая желательность работы при укороченном (свинченном) шатуне, а также уменьшение высоты штампа вследствие последующих перешлифовок.

В случае, если закрытая высота штампа $H_{\text{шт}}$ будет меньше H_2 , необходимо применение промежуточных подкладных плит или специальных обработанных брусков.

¹ Для прессов с регулируемым ходом в случае работы при наибольшей величине хода пресса.

При уменьшении величины хода закрытая высота пресса увеличивается пропорционально отношению

$$\frac{h_{\text{max}} - h}{2}.$$



Фиг. 299. Закрытая высота штампа и пресса.

Таблица 195

Техническая характеристика пресса

Обозначения	Основные данные	Единица измерения
P	Наибольшее рабочее давление	т
h	Ход ползуна	мм
n	Число ходов ползуна	в минуту
M	Регулировка длины шатуна	мм
H	Наибольшая закрытая высота пресса (расстояние от плиты до ползуна в его нижнем положении при максимальном ходе и наименьшей длине шатуна) ¹	мм
L	Расстояние от стола до направляющих	мм
R	Вылет от оси ползуна до станины	мм
$A \times B_1$	Размеры стола	мм
$a \times b$	Размеры отверстия в столе	мм
$A \times B$	Размеры подкладной плиты	мм
H_1	Толщина подкладной плиты	мм
D	Диаметр отверстия в подкладной плите	мм
K и S	Размеры нижней площади ползуна	мм
F	Размеры квадратного отверстия в ползуне	мм
l	Глубина квадратного отверстия в ползуне	мм
N	Расстояние от выталкивателя до нижней поверхности ползуна	мм
c	Ход выталкивателя	мм
H_2	Наименьшая закрытая высота пресса ($H - M$)	мм

¹ См. примечание к стр. 378.

13. Паспорт штампа

Для технического учета качества изготовления штампа и в особенности его рабочих частей, для указаний по доводке рабочих размеров, а также для учета дальнейшей эксплуатации штампа необходимо одновременно с разработкой чертежа составлять и паспорт штампа.

Паспорт штампа

Лицевая сторона

Завод _____ _____		Паспорт штампа Наименование _____				Изделие _____ Деталь _____ Операция _____ № _____	
I. Эскиз детали		Пресс				Тип штампа	
Материал . Толщина . Чертеж . .	Тип	Отверстие для хвостовика в мм	Ход в мм	Давление в т	Закрытая высота в мм	Чертеж № _____	
	Характеристика штампа						
	Высота штампа в рабочем положении в мм	Габарит основания в мм	Диаметр хвостовика в мм	Требуемый ход в мм	Требуемое давление в кг		
II. Изготовление рабочих деталей штампа							
№		Наименование деталей	Количество	Материал, марка	Твердость после термобработки РС	Отклонение размеров от чертежа	
дет.	черт.					по черт.	выполнено
Заключение ТО Подпись _____ Дата _____							

Обратная сторона

III. Поломки и ремонт деталей штампа									
№		Наименование деталей	Причина	Подпись, дата	Примечание				
дет.	черт.								
IV. Данные о работе штампа									
№	Количество снятых деталей до шлифовки	Материал, толщина	Подпись, дата	Примечание	№	Количество снятых деталей до шлифовки	Материал, толщина	Подпись, дата	Примечание

Высота матрицы до первой шлифовки в мм _____
 Высота матрицы после окончательного износа в мм _____
 Количество шлифовок _____
 Общее число _____ деталей, снятых со штампа, в шт.

Выше приведена примерная форма паспорта штампа (лицевая и обратная стороны). Первый раздел паспорта заполняется конструктором штампа при его проектировании; второй раздел заполняется ОТК инструментального цеха; третий и четвертый разделы — штамповочным цехом.

РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ

ПРЕССЫ ДЛЯ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ

Глава I

КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ПРЕССОВ

1. Классификация штамповочных прессов

В холодной штамповке применяются разнообразные типы прессов, предназначенные для различных условий работы.

Ниже приведена классификация основных типов штамповочных прессов. В классификацию не вошли штамповочные падающие молоты, имеющие ограниченное применение, а также специальное оборудование (обтяжные прессы, профилировочные, профилигибочные, накатные и другие станки).

По способу приведения в действие прессы разделяются на механические, электромагнитные и гидравлические.

Наиболее распространенными в штамповочном производстве являются приводные механические прессы, которые разделяются на кривошипные и винтовые.

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

Прессы простого действия имеют один движущийся ползун и применяются для самых разнообразных штамповочных работ.

Прессы двойного действия имеют два независимо движущихся ползуна и применяются для вытяжных работ.

Прессы тройного действия имеют или два верхних и один нижний ползун, производящий вытяжку в обратном направлении, или два ползуна и движущийся навстречу стол. Первые применяются для производства сложной глубокой вытяжки, типа деталей автомобильных кузовов, а вторые — для производства двоянной или строенной глубокой вытяжки.

По количеству шатунов кривошипные прессы разделяются на одношатунные, двухшатунные и четырехшатунные.

Четырехшатунные (четырёхточечные) прессы предназначены для штамповки деталей весьма крупных размеров с целью противодействия возможным перекосам при эксцентричном приложении нагрузки.

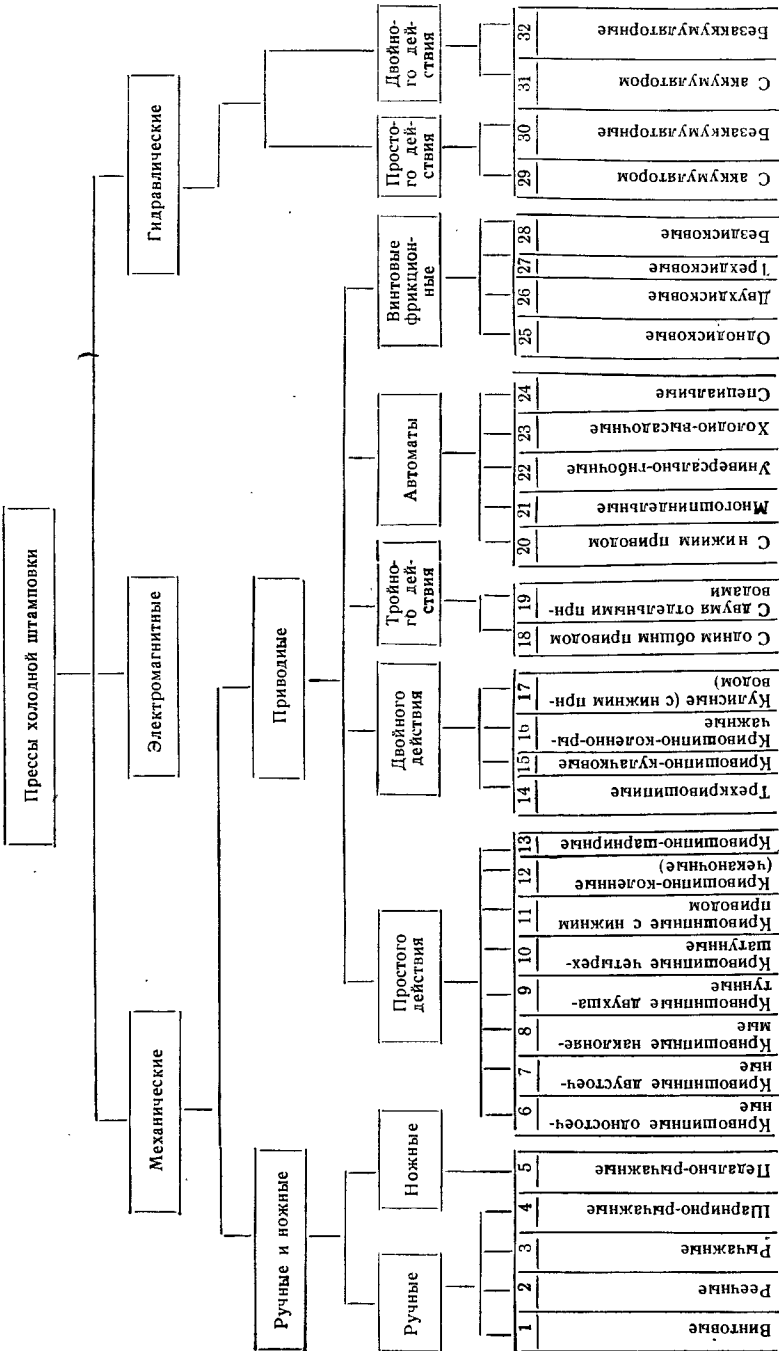
В зависимости от условий работы и вида применяемой заготовки кривошипные прессы имеют различную форму станины: вертикальную, горизонтальную, наклоняемую, одностоечную и двустоечную.

Одностоечные прессы имеют кривошипно-шатунный механизм на консольном конце рабочего вала, открыты спереди и с боков и предназначены для работы с полосовым материалом, а также и со штучными заготовками.

Кривошипные одностоечные прессы изготавливают с неподвижным, вращающимся или с подъемным столом.

Двустоечные прессы имеют кривошипно-шатунный механизм, расположенный между двумя опорами или коренными подшипниками.

Классификация штамповочных прессов



Кривошипные двустоечные прессы по форме станины разделяются на типы:

1) со свешивающейся С-образной станиной, открытой так же, как и у одностоечных прессов, спереди и с боков, но, кроме того, позволяющей производить подачу заготовок и удаление изделий спереди назад. Такие прессы изготовляют как вертикального и горизонтального, так и наклоняемого типа;

2) с закрытой с боков станиной арочного типа, — предназначенные для работы со штучными заготовками;

3) со станиной арочного типа, имеющей проход в боковых стойках, — предназначенные для работы с автоматической подачей ленточного материала.

Конструкции различных типов прессов подробно рассматриваются в специальной литературе [128, 168, 175, 220, 227] и др.

Технические характеристики и общие виды главнейших типов прессов приведены в приложении 1.

2. Пути модернизации прессового оборудования

Современные конструкции прессов характеризуются:

1) увеличением быстроты прессов-автоматов и полуавтоматов; последние модели штамповочных прессов-автоматов имеют наибольшее число ходов: для мелких прессов — до 700 в минуту; для крупных прессов — до 260 в минуту;

2) увеличением мощности (давления) и размеров прессов: кривошипных до 300 т; многошпиндельных ступенчатых — до 800 т, диаметр изделий до 400 мм; чеканочных (калибровочных) — до 3000 т; макси-прессов до 4000 т; прессов двойного и тройного действия — до 1500 т с расстоянием между стойками до 4500 мм; гидравлических прессов для штамповки резиной до 5000 т;

3) развитием прессов с автоматической подачей заготовок;

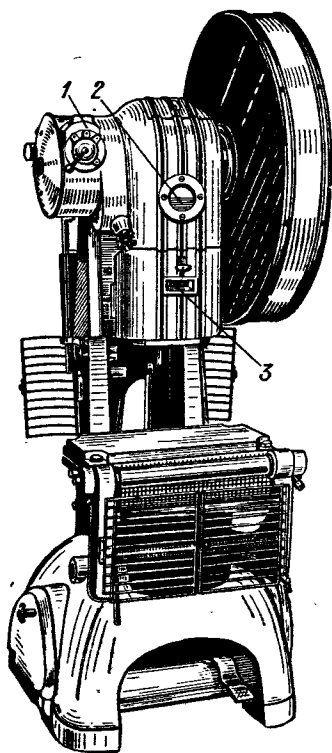
4) усовершенствованием способов управления прессом, применением кнопочного включения взамен рычажного или педального, применением электро-механического, электропневматического или электрогидравлического управления прессом;

5) модернизацией общей конструкции и внешней формы прессов, созданием станин прямоугольных очертаний.

В результате применения централизованной смазки всех движущихся и вращающихся частей пресса последние скрыты внутри станины.

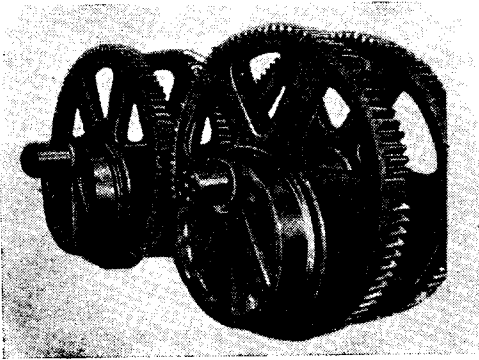
Некоторые типы модернизированных прессов приведены ниже.

На фиг. 300 приведена конструкция наклоняемого пресса. Нижнее основание имеет устойчивую форму и



Фиг. 300. Кривошипный наклоняемый пресс закрытого типа.

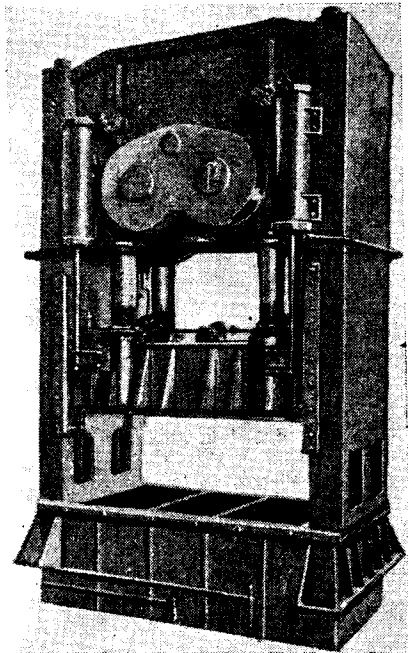
защищает педаль от случайных ударов. Особенностью пресса новой конструкции является ручное переключение 1 сцепного механизма и тормоза



Фиг. 301. Шестерне-эксцентрикый привод.

с непрерывной работы на одиночные удары пресса. Головка шатуна пресса движется в масляной ванне. Через остекленное отверстие 2 виден уровень масла в ванне. В откидной кожухе встроен счетчик числа ходов пресса 3.

Конструкции крупных кривошипных прессов за последнее время подверглись сильному изменению. Взамен прессов с длинными двухколенчатыми валами создана конструкция шестерне-эксцентрикых прессов, не имеющая коленчатого вала. Вместо него применены два коротких поперечно расположенных вала с насаженными на них монолитными шестернями, имеющими крупные эксцентрики, которые приводят в движение массивные кованые шатуны (фиг. 301).



Фиг. 302. Четырехточечный шестерне-эксцентрикый пресс.

На фиг. 302 показан шестерне-эксцентрикый пресс большой мощности. Шестерне-эксцентрикый привод размещен в верхней части пресса и находится в масляной ванне.

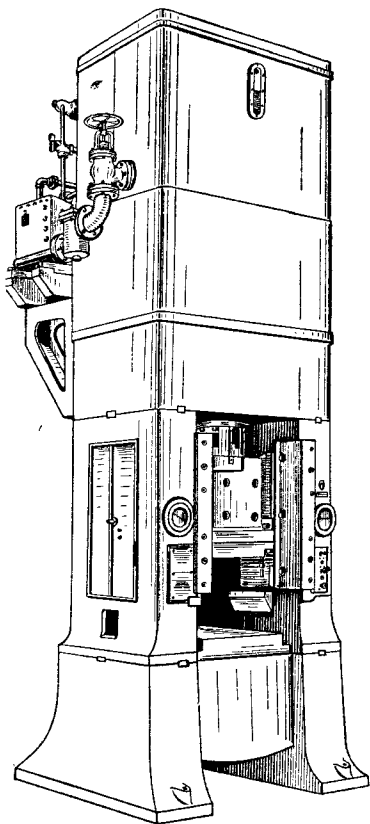
Пресс имеет так называемую четырехточечную подвеску ползуна, устраняющую перекос при несимметричной нагрузке.

Ползун имеет двойное направление — по направляющим призмам на стойках станины и посредством четырех плунжеров, направляемых втулками.

На фиг. 303 изображен гидравлический безаккумуляторный пресс для глубокой вытяжки. Вместо громоздкой насосной и аккумуляторной установки прессы данного типа имеют приводимый в действие от электромотора

радиально-поршневой насос и масляный бак, расположенные в верхней части прессы.

Рабочей жидкостью является масло, совершающее замкнутую циркуляцию из бака в рабочий цилиндр и обратно. Радиально-поршневой насос может быть установлен на автоматическое переключение по заданному циклу при помощи электромагнитного устройства и реле времени. Прессы подобного типа изготавливаются мощностью до 2000 т и имеют две скорости — меньшую рабочую скорость вытяжки (до 375 мм/сек) и более высокую скорость холостого хода (до 1000 мм/сек). Таким образом, в отношении скорости и быстроходности эти прессы имеют мало общего с обычными гидравлическими прессами и достигают скоростей крупных механических прессов.



Фиг. 303. Гидравлический безаккумуляторный пресс для глубокой вытяжки.

В дальнейшем гидравлические безаккумуляторные прессы должны найти еще большее применение в штамповочном производстве.

Недостатком их является большая высота, требующая высокого помещения.

Приведенные в классификации электромагнитные прессы являются новым видом штамповочного оборудования, не имеют привода и кривошипно-шатунного механизма и осуществляют рабочий ход ползуна в результате втягивания якоря электромагнита, непосредственно связанного с ползуном прессы.

Якорь электромагнита возвращается в исходное верхнее положение под действием пружин.

Питание прессов электромагнитного действия осуществляется импульсами постоянного тока от выпрямителя с релейной системой включения.

Безаккумуляторные гидравлические прессы имеют следующие преимущества перед механическими:

- 1) постоянство скорости вытяжки на протяжении всего рабочего хода;
- 2) независимость усилия прессы от положения точки начала вытяжки по отношению к н. м. т. (от угла поворота кривошипа в механических прессах);
- 3) отсутствие удара в начале рабочего хода (в момент соприкосновения с заготовкой);
- 4) плавность и бесшумность работы;
- 5) большая простота устройства и эксплуатации прессы.

Благодаря этому гидравлические безаккумуляторные прессы получают большое применение для глубокой вытяжки.

Гидравлические безаккумуляторные прессы простого действия снабжаются пневматической, пневмогидравлической или гидравлической подушкой и применяются для глубокой вытяжки деталей простой и симметричной формы.

Гидравлические прессы двойного действия, с применением вытяжных подушек превращаемые в прессы тройного действия, применяются для глубокой вытяжки более сложных деталей.

В зависимости от характера производимой операции, в прессах электромагнитного действия могут применяться различные конструкции электромагнитов с различной тяговой характеристикой (давление — величина хода).

На фиг. 304 приведен общий вид настольного пресса электромагнитного действия давлением 500 кг, предназначенного для вырубных, гибочных и сборочных операций при изготовлении небольших изделий.¹

Конструкторами этого пресса разработано и внедрено в производство несколько типов прессов электромагнитного действия; одни из них заменили кривошипные прессы, а другие — прессы с ручным приводом. В первом случае прессы электромагнитного действия дают большую экономию электроэнергии.

Электромагниты могут монтироваться непосредственно на штампах, без применения каких-либо прессов.

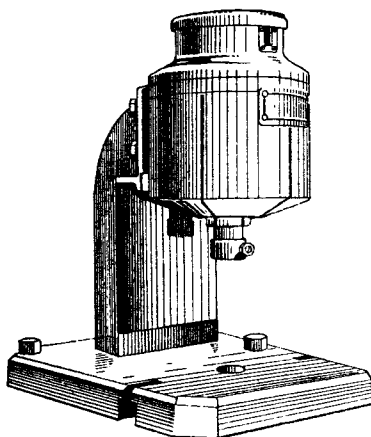
Весьма эффективно применение электромагнитных штампов, предназначенных для пробивки отверстий в крупных листах и заготовках. В данном случае пробивка большого количества отверстий не требует применения крупнобаритных прессов и может производиться на плите с пазами для крепления переставных пробивных штампов электромагнитного действия.

Стремление к созданию скоростных методов холодной штамповки позволило новаторам ряда заводов модернизировать старые прессы и повысить их производительность путем увеличения числа ходов (с 120 до 210; с 150 до 300 в минуту).

Увеличение числа ходов пресса целесообразно только в случае автоматической подачи материала (или штучных заготовок), когда возможно использовать каждый ход пресса.

Современные прессы для массового производства выпускаются с различными устройствами для механической (автоматической) подачи заготовок, которые резко увеличивают производительность прессов, позволяют использовать каждый ход пресса, обеспечивают безопасность работы и допускают применение многостаночного обслуживания.

Техническим документом, характеризующим конструктивные и технологические данные прессового оборудования, является паспорт пресса, служащий основой для правильного и наиболее эффективного его использования [83].



Фиг. 304. Пресс электромагнитного действия.

¹ Конструкция М. Е. Слущкого, О. Н. Яковлева и Л. И. Андреева-Рыбакова (Завод металлоизделий, Ленинград).

МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ

Механизация и автоматизация процессов холодной штамповки осуществляются в следующих направлениях:

- 1) подача полос, лент и штучных заготовок в процессе штамповки;
- 2) удаление деталей и отходов из штампа;
- 3) счет и укладка отштампованных деталей;
- 4) автоматическое управление процессом штамповки, сортировка и удаление брака или автоматическое выключение пресса при появлении брака;
- 5) межоперационная транспортировка заготовок (передача их с операции на операцию);
- 6) удаление отходов из цеха.

Степень возможной механизации и автоматизации процессов холодной штамповки зависит прежде всего от типа и масштаба производства и экономической целесообразности ее применения.

В массовом производстве небольших однотипных деталей применяется полная комплексная автоматизация всех звеньев производственного процесса. При этом широко используются специальные прессы-автоматы и создаются автоматические поточные линии.

В крупносерийном производстве обычно применяется автоматическая подача полос и лент, полуавтоматическая (механизированная) подача штучных заготовок и полумеханизированная ручная подача крупных листов и заготовок, а также автоматическое или механизированное удаление отштампованных деталей и отходов.

В серийном и мелкосерийном производстве применяется ручная подача полос и заготовок. Зачастую используются несложные устройства для подачи штучных заготовок и удаления деталей (лотки, сбрасыватели и т. п.), увеличивающие производительность и предохраняющие от несчастных случаев.

Как правило, целесообразность применения той или иной степени механизации бывает очевидна, в отдельных случаях экономическая целесообразность устанавливается подсчетом (гл. II, разд. 2).

Однако даже в случае отсутствия ощутимой экономической эффективности следует отдать предпочтение механизированному варианту изготовления, так как, кроме легко учитываемой экономии на прямой заработной плате, механизация процессов дает трудно учитываемую эффективность от сокращения производственного цикла, уменьшения количества задела, ускорения оборачиваемости оборотных средств, уменьшения складских площадей и т. п.

Особенно большое преимущество механизации и автоматизации штамповочных процессов заключается в наибольшей (или полной) безопасности работы, так как при этом отпадают ручные операции в рабочей зоне штампа.

В случае наиболее опасных работ, как, например, с мелкими штучными заготонками, необходимо предусмотреть полную или частичную механизацию (хотя бы в виде автоматического сбрасывания и удаления деталей) независимо от экономической целесообразности ее применения.

Правильное решение вопросов механизации и автоматизации холодной штамповки может быть получено лишь при условии правильной разработки технологических процессов и, в частности, при правильном совмещении операций в одном штампе.

Необходимо помнить, что применение многооперационных штампов является наиболее простым и эффективным способом механизации процесса штамповки.

Штампы совмещенного типа позволяют сократить количество операций (с соответствующими установками заготовок и удалением деталей) и наиболее целесообразны в случае штамповки деталей повышенной точности или большого габарита. Однако эти штампы полностью решают задачу механизации процесса штамповки только в случае автоматической подачи заготовок и удаления деталей.

Многооперационные последовательные штампы являются наиболее совершенными с точки зрения механизации процесса штамповки, так как у них полностью механизированы межоперационная передача заготовок и удаление готовых деталей.

При применении автоматической подачи ленты многооперационные последовательные штампы представляют собой полный автомат, требующий лишь установки нового бунта ленты и периодического наблюдения за износом рабочих частей и качеством деталей.

Наиболее эффективно применение многооперационной последовательной штамповки в массовом производстве мелких деталей при многорядном способе штамповки (см. фиг. 81). В данном случае достигаются высокая производительность и экономное использование материала.

Способ многооперационной последовательной штамповки мелких деталей имеет значительное преимущество по сравнению с штамповкой на однооперационных прессах-автоматах.

Многооперационные последовательные штампы для вытяжки в ленте обычно не требуют большой точности и выполняются с самоустанавливающимися вытяжными пуансонами, что позволяет изготавливать их сравнительно небольшими предприятиями, не располагающим достаточной инструментальной базой.

Вопросы автоматизации и механизации штамповочных процессов подробно изложены в обширной специальной литературе по данному вопросу [27, 30, 33, 47, 89, 126, 128, 133], в которой детально рассмотрены типы, конструкции и способ работы разнообразных устройств и приспособлений для механизации и автоматизации.

В справочнике приводится лишь классификация основных типов устройств, а также даются общие указания по их применению.

3. Механизация и автоматизация подачи материала и заготовок

В зависимости от характера исходного материала (заготовки) применяются следующие виды механизации их подачи:

1) для рулонного и полосового материалов — автоматизация подачи при помощи устройств валкового, клещевого и крючкового типов;

2) для листового материала обычно — механизация подъема и направления листа, реже — автоматизация подачи при штамповке (зигзагового типа);

3) для штучных заготовок — автоматизация подачи при помощи бункерных устройств и грейферных механизмов, в ряде же случаев — механизация подачи посредством лотковых, револьверных, фрикционных и магазинных механизмов, требующих ручной укладки заготовок в определенном положении.

Устройства для автоматической подачи рулонного и полосового материалов в большинстве случаев являются принадлежностью прессы и представляют

универсальные механизмы, позволяющие производить их регулировку на разную величину шага подачи. Значительно реже применяются механизмы подачи полосового материала, входящие в конструкцию самого штампа и предназначенные для работы на простых универсальных прессах.

Первый тип автоматической подачи более целесообразен, так как заменяет собой индивидуальные механизмы подач на отдельных штампах.

Из индивидуальных механизмов подач, входящих в конструкцию штампа, можно считать до некоторой степени целесообразными лишь крючковые приспособления ввиду простоты их конструкции и несложности изготовления. Остальные типы индивидуальных механизмов подачи полосового материала не могут быть рекомендованы для общего применения.

В табл. 196 приведены основные типы устройств для автоматической подачи ленточного и полосового материалов: крючковая, крючково-клиновья, одно- и двусторонняя, клещевая одно- и двусторонняя и др.

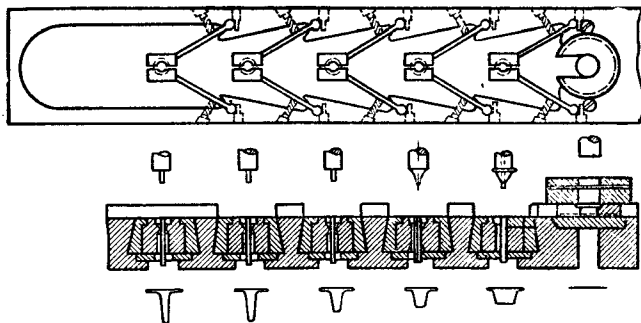
Кроме приведенных универсальных типов устройств для автоматической подачи, в особых случаях применяются специальные прессы автоматы с вакуумными присосами для подачи нарезанных полос предварительно собранных в пачки.

Основные типы загрузочных устройств для ручной подачи штучных заготовок (лотковое, поворотное и выдвигное) приведены в табл. 172 и здесь не рассматриваются.

В табл. 197 приведены основные типы полуавтоматических устройств движкового, револьверного, фрикционного и вакуумного типа, предназначенные для механизации подачи штучных заготовок, требующие предварительной укладки заготовок в определенном положении.

В табл. 198 приведены основные типы бункерных устройств для автоматической подачи штучных заготовок, засыпаемых в бункер «навалом». Эти устройства имеют особые приспособления для поворота заготовок в одинаково ориентированное положение. Автоматические прессы с бункерной подачей штучных заготовок должны быть снабжены устройствами для отделения каждой заготовки и перемещения ее в рабочую зону штампа.

К числу автоматических подач относится клещевая подача штучных заготовок на многооперационных многошпиндельных прессах-автоматах.

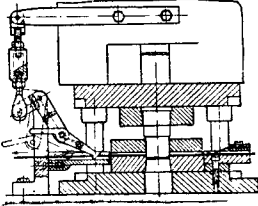
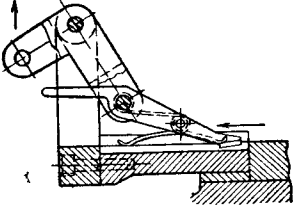
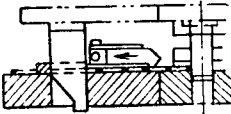


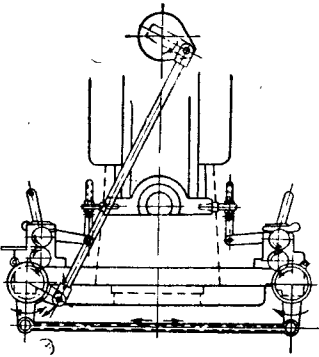
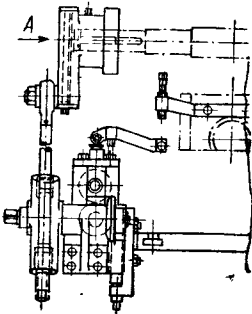
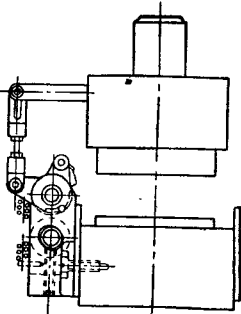
Фиг. 305. Схема грейферной подачи полуфабриката многошпиндельного автоматического пресса.

На фиг. 305 показана подающая планка многошпиндельного пресса, имеющая возвратно-поступательное движение с захватами (клещами), передающими заготовки последовательно с операции на операцию.

Таблица 196

Основные типы устройств для автоматической подачи ленточного и полосового материалов

Типы устройств	Эскизы	Применение
<p>Крючковая подача, являющаяся принадлежностью прессы</p>		<p>Для подачи полосового материала толщиной от 1 до 5 мм. Точность подачи от $\pm 0,2$ мм (при шаге до 50 мм) до $\pm 0,5$ мм (при шаге ~ 100 мм) Необходимо применение ловителей Число ходов прессы до 120 в минуту</p>
<p>Крючковая подача, входящая в конструкцию штампа</p>		<p>Применение то же, что и выше, но для меньшей величины подачи (до 40 мм)</p>
<p>Крючково-клиновья подача, входящая в конструкцию штампа</p>		<p>Применение то же. Приводится в действие клином, толкающим подвижную каретку с крючком</p>

Типы устройств	Эскизы	Применение
<p>Валковая двусторонняя подача, являющаяся принадлежностью прессы</p>		<p>Для подачи ленточного, полосового материала толщиной до 2 мм. Величина подачи для средних прессов до 250 мм. Скорость подачи: у конструкций с храповым механизмом от 10 до 15 м/мин, у конструкций с роликовой муфтой от 17 до 30 м/мин, у штамповочных автоматов до 50 м/мин</p> <p>Точность подачи от $\pm 0,1$ мм (при шаге до 50 мм) до $\pm 0,2$ мм (при шаге 200 мм). Рекомендуется применение ловителей</p> <p>Возможность самостоятельного регулирования углов поворота входной и выходной пар валков позволяет учесть увеличение длины отходов ленты при вырезке</p>
<p>Валковая односторонняя подача, являющаяся принадлежностью прессы</p>		<p>Применение то же. Чаще применяется как тянущая подача при толщине материала от 0,1 до 1,0 мм, реже — как толкающая при толщине материала свыше 1 мм</p>
<p>Валковая односторонняя подача, входящая в блок штампа</p>		<p>Назначение то же. Точность подачи несколько меньше</p> <p>Применение должно быть ограничено отдельными случаями при отсутствии прессов с автоматической подачей</p> <p>Предпочтительна подача тянущего типа</p>

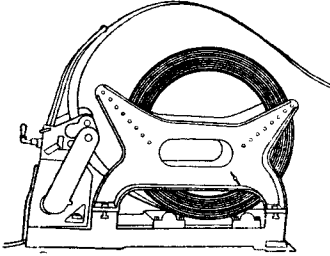
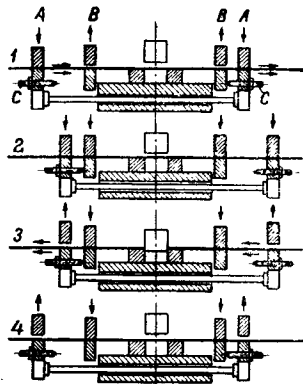
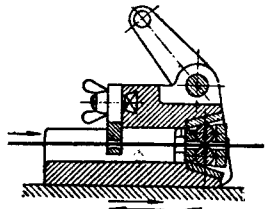
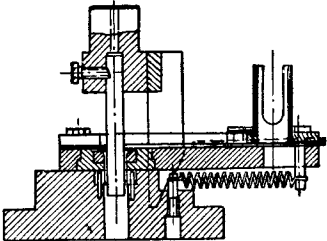
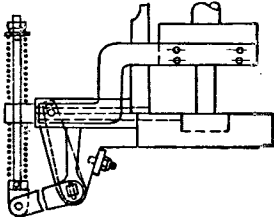
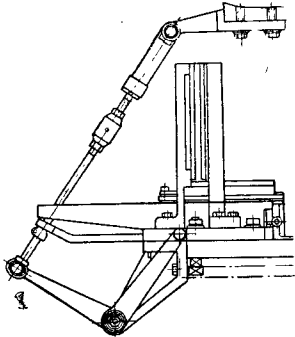
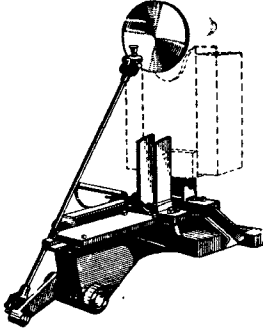
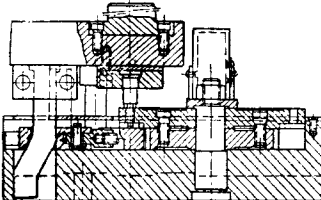
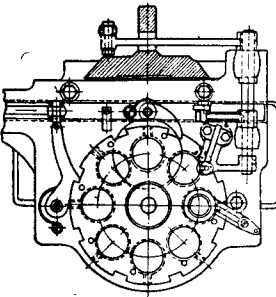
Типы устройств	Эскизы	Применение
<p>Валковое агрегатное устройство переисного типа</p>		<p>Для подачи рулонного материала толщиной от 0,6 мм и выше различной ширины. Подача толкающего типа. Одновременно производится правка рулонного материала</p>
<p>Клещевая двусторонняя подача, являющаяся принадлежностью прессы</p>		<p>Применяется как для тонкого, так и для толстого полосового и ленточного материала (до 5 мм). Не находит применения в быстроходных прессах-автоматах вследствие значительных инерционных сил, а также при вытяжке в ленте ввиду сокращения длины ленты. Наибольшая точность подачи от $\pm 0,02$ мм (при шаге до 50 мм) до $\pm 0,06$ мм (при шаге до 200 мм). Возможна работа без ловителей</p>
<p>Клещевая односторонняя подача, присоединяемая к прессу</p>		<p>Применение то же, но для материала толщиной до 3 мм</p>

Таблица 197

Основные типы полуавтоматических устройств для подачи штучных заготовок

Типы устройств	Эскизы	Применение
<p>Движковое (магазинное) с клиновым приводом от штампа</p>		<p>Для автоматической подачи плоских штучных заготовок с ручной укладкой их в магазин. Толщина заготовок преимущественно $> 0,5$ мм. Безопасны в работе</p>
<p>Движковое (магазинное) с рычажным приводом от штампа</p>		<p>Применение то же</p>
<p>Движковое (магазинное) с приводом от ползуна пресса</p>		<p>Применение то же</p>

Типы устройств	Эскизы	Применение
<p>Движковое (магазинное) с приводом от вала пресса</p>		<p>Для автоматической подачи плоских штучных заготовок с ручной укладкой их в магазин. Толщина заготовок преимущественно $> 0,5$ мм. Безопасны в работе</p>
<p>Револьверное с клиновым приводом от штампа</p>		<p>Для подачи плоских, гнутых, полых и объемных заготовок с ручной укладкой их в гнездо револьверного диска</p>
<p>Револьверное с приводом от пресса</p>		<p>Применение то же</p>

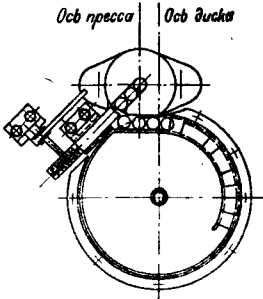
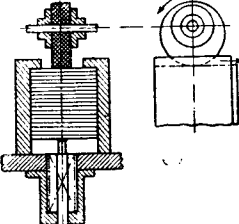
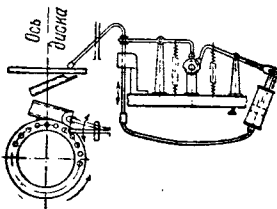
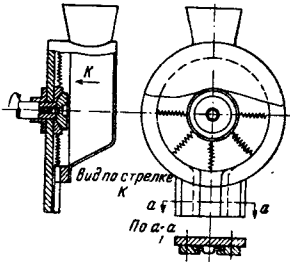
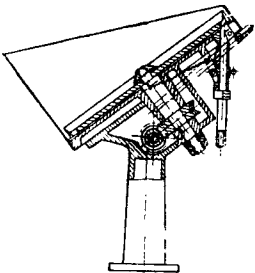
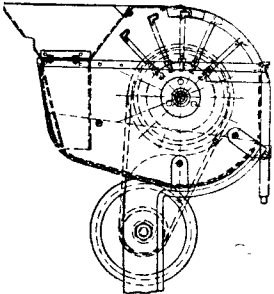
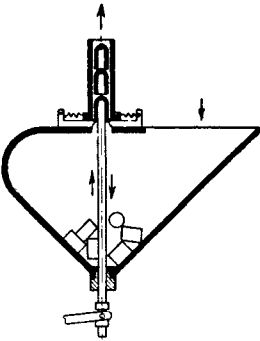
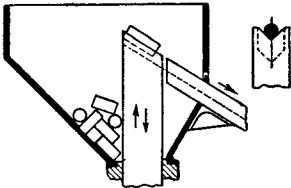
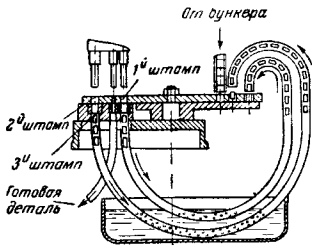
Типы устройств	Эскизы	Применение
Фрикционно-дисковое		<p>Для подачи круглых плоских, полых и объемных заготовок (одинакового сечения) с ручной укладкой на поверхность вращающегося диска</p>
Фрикционное с эксцентричным резиновым диском		<p>Для подачи тонких плоских заготовок, вручную набираемых в магазин</p>
Вакуумное (с присосом)		<p>Для подачи тонких ($S < 0,5$ мм) плоских заготовок небольших габаритов или из магазина, или из-под вырубного пуансона. Разрежение и втягивание воздуха производится поршневым насосом. Трубка с присосом совершает вертикальное движение с поворотом</p>

Таблица 198

Основные типы бункерных устройств для автоматической подачи штучных заготовок

Типы устройств	Эскизы	Применение
<p>Бункерное с вращающимися щетками или пружинами</p>		<p>Для автоматической подачи плоских круглых заготовок толщиной свыше 1 мм, диаметром до 30—40 мм, а также для полых цилиндрических деталей с фланцем при $h \leq 0,8 d$. Число оборотов вкладыша со щетками от 10 до 30 об/мин. Производительность — 100—150 шт/мин.</p>
<p>Бункерное с вращающимся диском</p>		<p>Для автоматической подачи невысоких вертикально-устойчивых цилиндрических колпачков, без фланца ($h < 0,8 + \div 1,2 d$ при $d < 30$ мм) с поворотом их донышком вниз, а также для плоских или стержневых заготовок. Производительность — 60—100 шт/мин.</p>
<p>Бункерное с крючками</p>		<p>Для автоматической подачи высоких вертикально-неустойчивых цилиндрических колпачков без фланца ($h > 1,2 - 1,5 d$ при $d < 30$ мм)</p>

Типы устройств	Эскизы	Применение
<p>Бункерное со стержневым ловителем</p>		<p>Для автоматической подачи высоких вертикально-неустойчивых цилиндрических колпачков без фланца ($h \geq 1,2-1,5 d$ при $d < 30$ мм)</p>
<p>Бункерное с движком</p>		<p>Для автоматической подачи стержневых или трубчатых заготовок</p>
<p>Бункерное с автоматической передачей заготовок с операции на операцию</p>	 <p>От бункера</p> <p>1^й штамп</p> <p>2^й штамп</p> <p>3^й штамп</p> <p>Готовая деталь</p>	<p>Для автоматической подачи небольших колпачков в револьверный диск и передачи их с операции на операцию, с охлаждением и смачиванием деталей между операциями</p>

4. Механизация и автоматизация удаления деталей и отходов

Автоматизация удаления отштампованных деталей имеет весьма важное значение с точки зрения механизации работ и увеличения производительности, а в особенности в отношении техники безопасности, так как большинство несчастных случаев в штамповочных цехах происходит при ручном удалении детали из штампа.

Вследствие этого механизация съема и удаления деталей должна применяться и в случае обычной штамповки без автоматической подачи.

Наиболее простым способом автоматического удаления деталей является штамповка на провал, причем отштампованные детали или падают в соответствующий ящик, или набираются в пакет (стапелируются).

В табл. 169 и 170 приведены различные типы съемников и выталкивателей, а в табл. 173 некоторые типы сбрасывателей готовых деталей пружинного, рычажного, клинового, поворотного и пневматического типов.

На фиг. 306 показан узел управления пневматическим сдувающим соплом, приводимый в действие кулачком, сидящим на конце кривошипного вала.

Весьма простым и надежным способом удаления деталей, остающихся на поверхности штампа, является применение прессов наклоняемого типа. Работа на прессах этого типа наиболее производительна и безопасна.

Весьма важно механизировать удаление крупных и тяжелых деталей на прессах большой мощности, так как для ручного обслуживания обычно требуется от 2 до 4 человек.

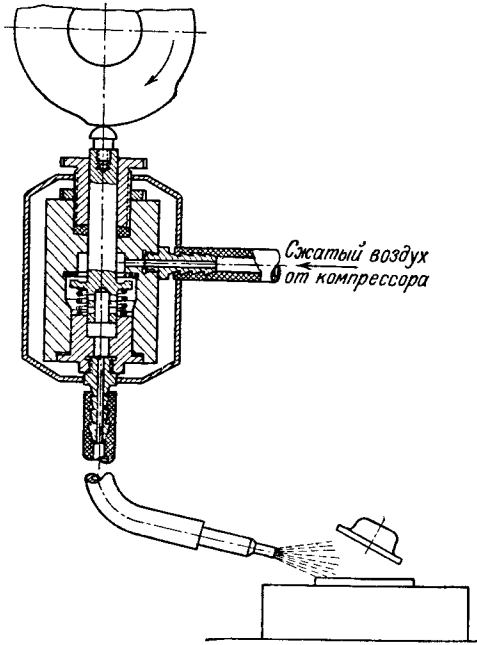
На фиг. 307 изображено устройство для автоматического удаления крупных деталей, падающих из верхней половины штампа на приемную полку, вводимую при холостом ходе в рабочее пространство штампа и выводимую оттуда при рабочем ходе ползуна пресса. Для уменьшения трения приемной полки делается покрытие рифленым.

На фиг. 308 приведено аналогичное устройство для автоматического удаления весьма крупных и тяжелых деталей. Приемная полка выполнена в виде роляганга для облегчения скольжения и удаления тяжелого изделия.

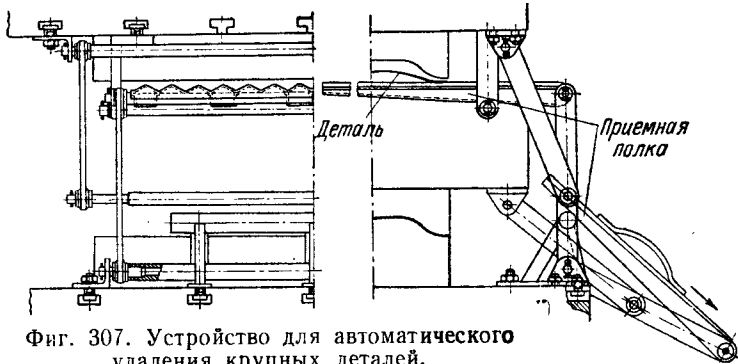
При работе на прессах с автоматической подачей ленточного материала отштампованная лента зачастую собирается кучами, мешая обслуживанию прессов и загромождая проходы.

Отходы ленты следует наматывать на катушки, приводимые в действие от электродвигателя или от пресса (фиг. 309).

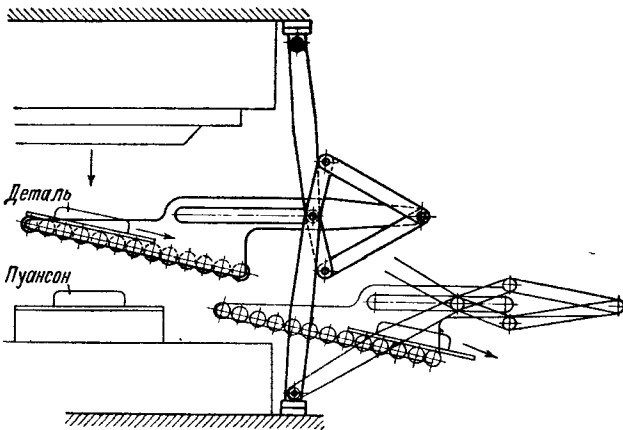
Отходы широких и толстых лент и полос иногда разрезаются на куски особыми рассекающими отходами, в том случае, когда это допустимо и удобно для дальнейшего использования отходов в производстве.



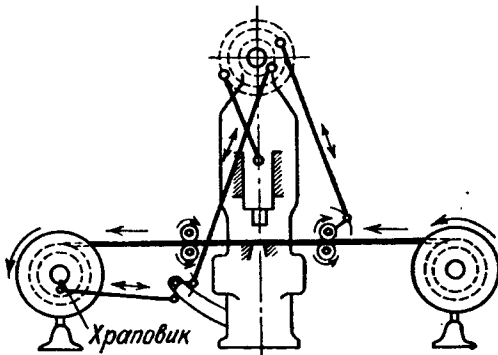
Фиг. 306. Узел управления пневматическим соплом.



Фиг. 307. Устройство для автоматического удаления крупных деталей.



Фиг. 308. Устройство для автоматического удаления весьма крупных деталей.

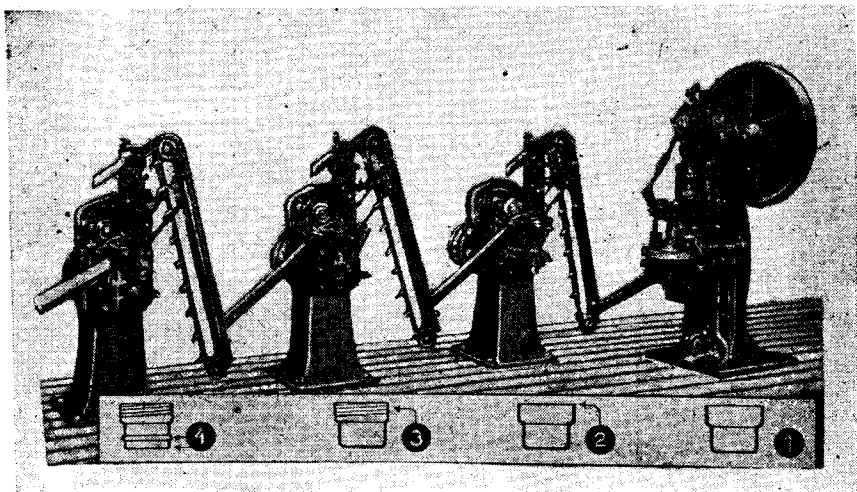


Фиг. 309. Схема привода для наматывания отходов ленты.

5. Автоматизация межоперационной транспортировки заготовок

В крупносерийном и массовом производстве, а также в мелкосерийном производстве крупных тяжелых деталей громадное значение имеют механизация и автоматизация межоперационной транспортировки полуфабрикатов и готовых деталей.

При штамповке пустотелых деталей типа цоколей электроламп, корпусов патронов и т. п. передача заготовок с операции на операцию производится путем комбинации наклонного лотка (жолоба), по которому детали удаляются из пресса и подъемного транспортера с лопатками, подающего заготовки в бункер или приемный лоток другого пресса или станка.



Фиг. 310. Автоматическая линия для изготовления корпусов патронов.

На фиг. 310 изображена автоматическая линия, состоящая из вытяжного пресса, обрезающего, резьбонакатного и накатно-обрезающего станков, оборудованная лотками и транспортерами.

Бесперебойная работа автоматической линии требует наличия небольшого запаса деталей на каждой операции на случай повреждения и смены штампов и ножей (остановка на 15—20 мин.) без остановки работы всей линии.

Крупные круглые заготовки и детали типа дисков, ободов, колес и т. п. передаются с операции на операцию под действием собственного веса по наклонным желобам, снабженным боковыми направляющими.

Заготовки и детали некруглой формы передаются посредством рольгангов, установленных наклонно и снабженных боковыми направляющими планками.

Межоперационная и межцеховая транспортировка крупных деталей на автотракторных и других заводах производится при помощи подвесных цепных транспортеров, не занимающих производственной площади цеха, кроме мест подвески и съема деталей.

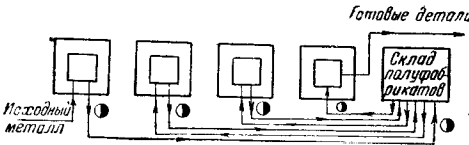
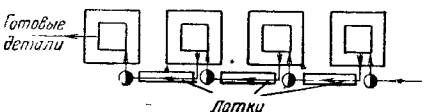
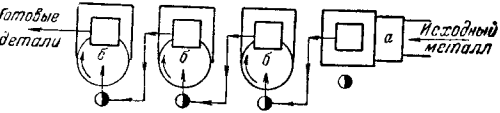
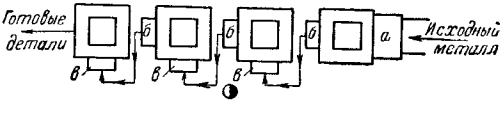
В ряде случаев подвесные транспортеры служат средством хранения небольшого запаса полуфабрикатов и готовых деталей, для чего отдельные звенья транспортеров могут включаться и выключаться по мере необходимости.

В зависимости от степени механизации и автоматизации передачи заготовок с операции на операцию возможно создание поточных, полуавтоматических или полностью автоматических штамповочных линий.

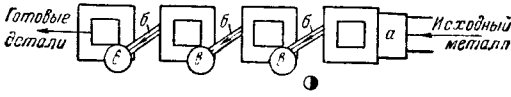
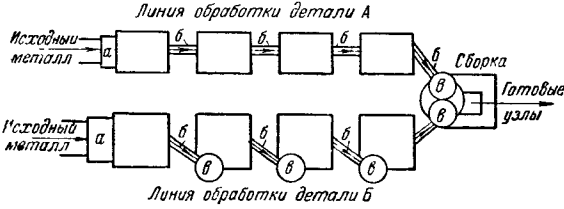
В табл. 199 приведены различные типы линий штамповочных прессов в зависимости от способа передачи заготовок с операции на операцию [89].

Таблица 199

Различные типы линий штамповочных прессов

Типы линий и прессов	Схемы и пояснения
Непоточная немеханизированная линия	 <p>Ручное обслуживание каждого пресса. Работа на склад полуфабрикатов. Непроизводительный метод работы</p>
Поточная полумеханизированная линия	 <p>Передача от пресса к прессу по лоткам или роллангам. Сокращается длительность производственного цикла</p>
Полуавтоматическая поточная линия	 <p>Прессы с полуавтоматической револьверной или дисковой подачей (б) позволяют использовать каждый ход пресса. Первый пресс снабжен автоматической подачей ленточного материала (а). Остальные прессы загружаются вручную</p>
Автоматическая поточная линия	 <p>Прессы оборудованы автоматическими магазинными питателями (в) и стапелирующими устройствами (б). Возможно многостаночное обслуживание прессов</p>

Продолжение табл. 199

Типы линий и прессов	Схемы и пояснения
<p>Полностью автоматическая поточная линия</p>	 <p>Прессы оборудованы автоматическими бункерными питателями (в) и транспортерами (б). Рабочий обслуживает несколько линий</p>
<p>Комплексная автоматическая (двоянная) поточная линия</p>	 <p>Полная автоматизация пролета штамповочного цеха, состоящего из двух автоматических линий, оборудованных транспортерами (б) и бункерными питателями (в)</p>

6. Автоматизация укладки (стапелирования) отштампованных деталей

При обычной штамповке «на провал», а также и с обратным выталкиванием деталей на поверхность штампа с последующим сбрасыванием их в ящики, детали находятся в хаотическом беспорядке, мнут и царапают друг друга, перепутываются с отходами и требуют рассортировки, что иногда обходится дороже, чем штамповка.

В ряде случаев (штамповка трансформаторных, статорных, роторных пластин и других деталей) это совершенно недопустимо.

Для устранения указанных недостатков применяются автоматическая укладка в пакеты или съемные магазины, помещаемые под штампом.

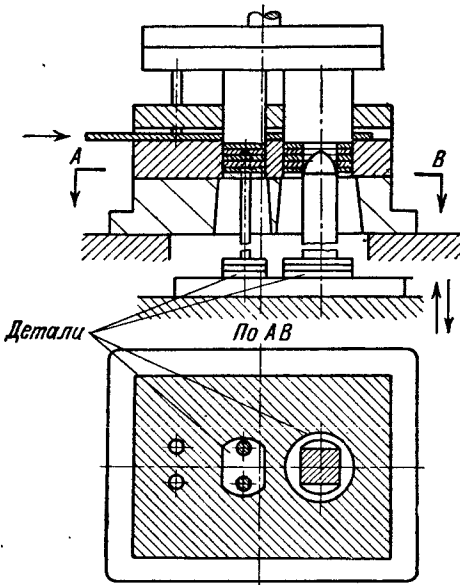
Типы устройств для укладки зависят от формы, размеров и особенностей штампуемых деталей.

На фиг. 311 изображено устройство для стапелирования двух различных деталей с отверстиями, штампуемых в последовательном штампе. Стапелирующее устройство перемещается в вертикальном и выдвигается в горизонтальном направлении.

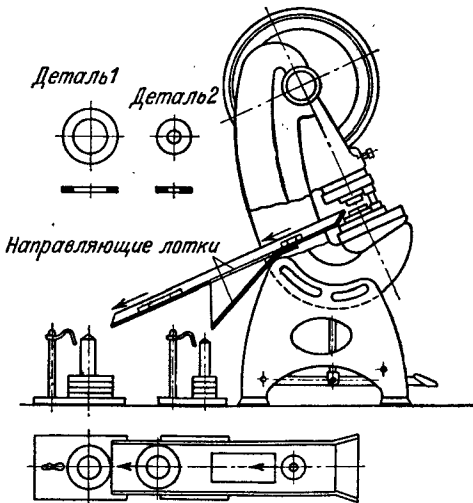
На фиг. 312 показано устройство для набора деталей в съемные магазины, устанавливаемые внизу штампа.

На фиг. 313 показан способ автоматического стапелирования двух шайб различного размера, изготовляемых на совмещенном штампе. Детали скользят по желобу и падают на стапелирующие стержни.

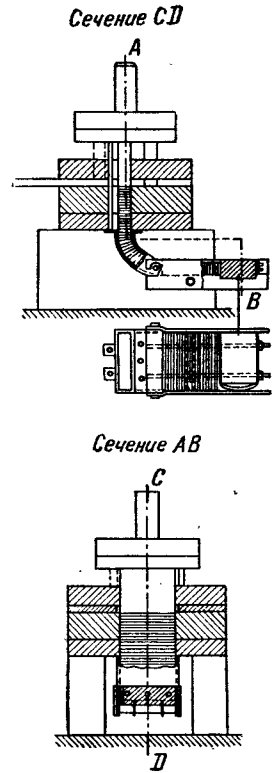
На фиг. 314 дана схема установки стапелирующего устройства деталей преимущественно круглого, квадратного или прямоугольного сечений при штамповке «на провал».



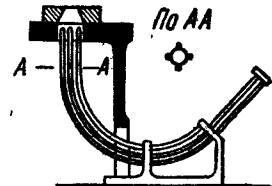
Фиг. 311. Устройство для укладки двух различных деталей.



Фиг. 313. Автоматическая рассортировка и укладка двух шайб разного диаметра.



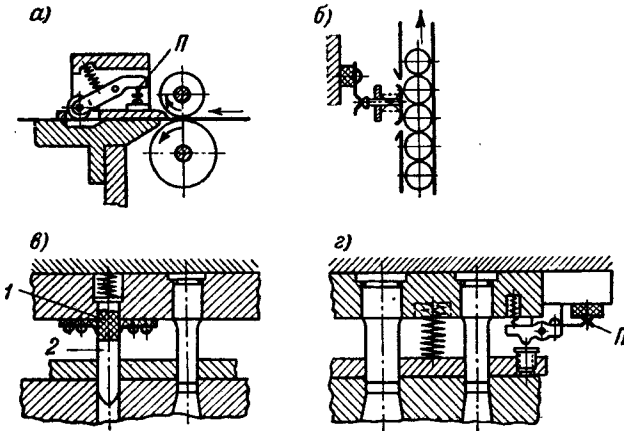
Фиг. 312. Устройство для набора деталей в съемные механизмы.



Фиг. 314. Установка ступельного устройства под столом прессы.

7. Автоматизация управления и контроля процесса штамповки

Бесперебойная работа прессов с автоматической подачей заготовок и специальных прессов-автоматов требует предохранения прессов и штампов от поломки в результате различных причин путем автоматической остановки при появлении брака деталей, нарушении регулярной подачи заготовок или попадании слипшихся заготовок и т. п.



Фиг. 315. Типы прерывателей для автоматического останова пресса.

Это достигается применением специальных прерывателей, размыкающих или замыкающих электрические цепи, вследствие чего приводится в действие различная пусковая аппаратура, управляющая пуском и остановкой электродвигателя пресса.

На фиг. 315 приведены различные типы прерывателей, применяемые для автоматического останова пресса при прекращении или нарушении автоматической подачи заготовки [133].

1. Тип прерывателя, размыкающего электрическую цепь пускового механизма в случае окончания подачи ленты, так как ролик под действием пружины опустится вниз (фиг. 315, а).

2. Схема автоматического выключения прерывателя в случае прекращения подачи заготовок (фиг. 315, б).

3. Тип прерывателя, замыкающего электрическую цепь (в обычном состоянии разобранную диэлектрической втулкой 1) в случае нарушения шага подачи и непопадания ловителя 2 в пробитое пуансоном отверстие (фиг. 315, в).

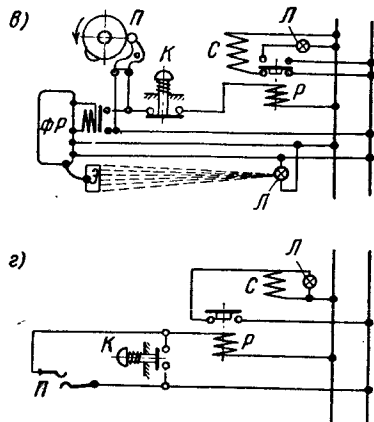
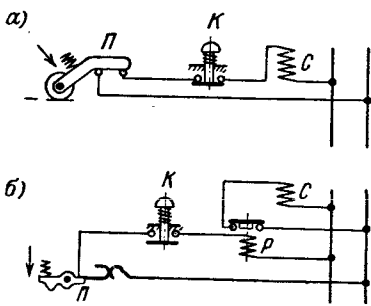
4. Тип прерывателя, размыкающего электрическую цепь пускового механизма в случае попадания в штамп двух слипшихся или сцепившихся заусенцами заготовок (фиг. 315, г).

На фиг. 316 приведены типовые электрические схемы автоматического останова прессов в случае нарушения их нормальной работы [66, 133].

1. Наиболее простая схема автоматического управления прессом (фиг. 316, а), соответствующая типу прерывателя по фиг. 315, а. В случае нарушения нормальной работы пресса прерыватель размыкает цепь и выключает соленоид, удерживающий приводную муфту в рабочем положении, вследствие чего пресс автоматически останавливается.

2. Схема автоматического управления (фиг. 316, б), соответствующая типу прерывателя по фиг. 315, г. При нормальной работе пресса прерыватель замыкает первичную электрическую цепь, реле держит вторичную цепь замкнутой, а соленоид удерживает приподнятую муфту пресса в рабочем положении. При разрыве прерывателем первичной цепи реле выключается, вторичная цепь размыкается, а пресс останавливается.

3. Схема (фиг. 316, в), в которую входит фотоэлектрическое реле с экраном, воспринимающим пучок света



Фиг. 316. Типовые электрические схемы автоматического останова прессов:

P — прерыватель; R — реле; C — соленоид; L — лампа; K — пусковая кнопка; ΦP — фотоэлектрическое реле; \mathcal{E} — экран.

от лампы, и обычное реле, управляющее соленоидом, связанным с приводным механизмом пресса. В случае пересечения пучка света каким-либо предметом или руками рабочего фотореле размыкает первичную цепь, реле перестает действовать, вторичная цепь размыкается, пресс останавливается и зажигается сигнальная лампа.

4. Схема разомкнутого типа (фиг. 316, г), отличающаяся тем, что при нормальной автоматической работе пресса первичная и вторичная цепи разомкнуты. При замыкании первичной цепи прерывателем (аналогично фиг. 315, в) или ручной кнопкой реле замыкает вторичную цепь, приводит в действие соленоид, выключающий пресс, и зажигает сигнальную лампу.

Глава III

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЛАНИРОВКА РАБОЧЕГО МЕСТА

Высокая производительность труда и прогрессивные методы работы возможны лишь при наличии надлежащей организации трудового процесса и рабочего места.

К надлежащей организации труда штамповщика относятся:

1) правильное разделение труда по обслуживанию прессы и рабочего места;

2) своевременное обеспечение штамповщика необходимыми материалами, полуфабрикатами и инструментом;

3) тщательный инструктаж перед работой и наблюдение в процессе работы;

4) своевременный контроль продукции и предупреждение брака я т. п.

К надлежащей организации рабочего места штамповщика относятся:

1) правильная и наиболее удобная планировка рабочего места, включая способы и места укладки заготовок, готовых деталей и отходов;

2) необходимая подготовка материалов и полуфабрикатов;

3) обеспечение рабочего места необходимым вспомогательным инструментом;

4) содержание в исправности и рабочей готовности прессы и штампа;

5) содержание рабочего места в чистоте и порядке.

Планировка и организация рабочего места зависят от:

1) вида и размеров заготовки (полоса, лента, лист, штучный полуфабрикат);

2) степени механизации работ и способа подачи заготовок (ручная, автоматическая);

3) способа удаления деталей (на провал, с обратным выталкиванием и ручным удалением, с автоматическим удалением — сбрасыванием);

4) типа прессы (вертикальный, наклоняемый, одностоечный, двустоечный С-образный, двустоечный закрытый и т. д.);

5) мощности (давления) прессы и размеров штампуемых деталей.

В табл. 200 приведены схемы планировки и организации рабочих мест для основных типов прессов и различных видов заготовок.

Габаритные размеры прессов даны в технических характеристиках, приведенных в приложении I.

Как видно из табл. 200, общая производственная площадь цеха вместе с проходами и проездами, приходящаяся на один пресс, значительно больше площади основания прессы.

Планировка оборудования штамповочных цехов должна предусматривать соответствующую площадь около прессы для укладки заготовок, готовых деталей и отходов, а также необходимые проходы и проезды для внутрицехового транспорта.

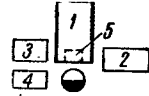
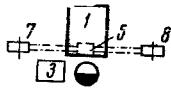
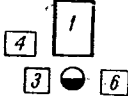
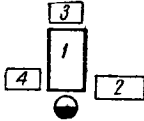
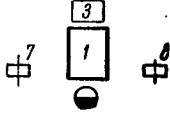

Планировка типовых холодно-штамповочных цехов приведена в специализированных справочниках для проектировщиков и в руководящих материалах проектных организаций.

В табл. 201 приведена ориентировочная общая площадь, приходящаяся на один пресс, по данным проектных организаций.

Следует указать, что удельные площади большинства действующих предприятий ниже, чем нормы проектных организаций.

Таблица 200

Схемы планировки и организации рабочих мест для основных типов прессов

Тип прессы	Вид заготовки	Способ подачи и штамповки	Схема рабочего места
Вертикальный одностоечный (или двухстоечный С-образный)	Полосы	Ручная подача (штамповка на провал)	
	Ленты	Автоматическая подача (штамповка на провал)	
	Штучные заготовки	Ручная подача	
Наклоняемый (С-образный)	Полосы	Ручная подача (штамповка с обратным выталкиванием)	
	Ленты	Автоматическая подача (штамповка с обратным выталкиванием)	
	Штучные заготовки	Ручная подача (штамповка с обратным выталкиванием)	

Продолжение табл. 200

Тип пресса	Вид заготовки	Способ подачи и штамповки	Схема рабочего места
Двухстоечный одношатунный	Полосы	Ручная подача (поперечная)	
	Штучные заготовки (мелкие)	Ручная подача (штамповка на провал)	
	Штучные заготовки (крупные)	Ручная подача (штамповка с обратным выталкиванием)	
Двухстоечный двухшатунный и четырехшатунный	Листы и крупные штучные заготовки	Ручная подача (штамповка с обратным выталкиванием)	
	Листы и крупные штучные заготовки	Ручная подача (штамповка с обратным выталкиванием)	
	Листы и крупные штучные заготовки	Ручная подача (штамповка с обратным выталкиванием)	

Обозначения к схемам:

1 — пресс; 2 — стол для заготовок; 3 — ящик для готовых деталей; 4 — ящик для отходов; 5 — приемный ящик (в столе пресса); 6 — ящик для штучных заготовок; 7 — катушка с лентой; 8 — катушка с отходом; 9 — стол для готовых деталей; 10 — место для складывания отходов; 11 — место для складывания заготовок; 12 — место для складывания готовых деталей.

Таблица 201

Общая производственная площадь (с проходами и проездами) на один пресс

Давление пресса в <i>т</i>	Общая площадь в м ² на пресс	
	одноштанунный	двух- и четырехштанунный
5—10	3—5	—
15—50	5—7	—
60—100	8—10	15—18
120—200	12—15	20—25
220—450	18—20	30—35
500—1000	25—30	40—45
1200—2500	—	50—60

Продолжение табл. 1

Основные параметры		Номинальное усилие пресса в т												
		63	10	16	25	31,5	40	(50)	63	80	100	125	160	200
Расстояние от стола до направляющих в мм		200	220	245	275	300	325	355	380	410	440	470	510	555
Размеры стола мм	длина . .	300	360	420	480	540	600	660	720	780	840	900	960	1020
	ширина . .	200	240	280	320	360	400	440	480	520	560	600	640	680
Размеры отверстия в столе в мм	ширина . .	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340
	длина . .	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510
	диаметр . .	130	155	180	210	230	260	280	310	340	360	390	420	440
Размеры отверстия в ползуне крепления штифта в мм	диаметр . .	30	30	40	40	50	50	50	50	60	60	60	75	75
	глубина . .	55	55	60	60	70	70	70	70	75	75	75	85	85
стояние от оси ползуна до вылета в мм		110	130	150	180	200	220	240	260	280	300	320	350	380
на подштамповой плиты		30	35	40	50	55	65	70	80	90	100	110	125	140

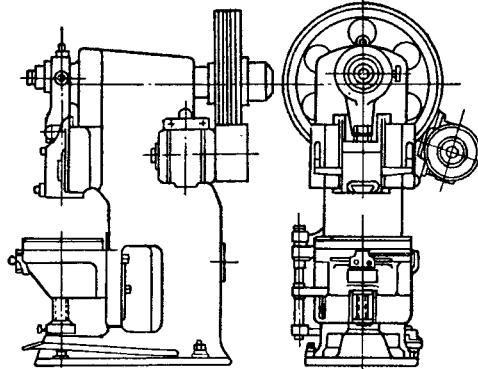
Примечания: 1. По особому заказу допускается изготовление прессов:

- а) с постоянным ходом;
- б) быстроходных с усилением 125 т и более;
- в) с уменьшенными размерами отверстия в столе;
- г) с увеличенными столами, размерами 1000 × 1500 мм, для прессов с номинальными усилиями 100, 125, 160 и 200 т;
- д) с механизмами автоматических подач и пневматическими ползушками.

2. Прессы с номинальными усилиями, взятыми в скобки (31,5 и 50 т), изготавливаются по договоренности между заводом-изготовителем и потребителем.

3. Размеры подштамповой плиты в плане принимаются равными размерам стола для прессов с неподвижным столом.

Нормы точности на прессы — по ГОСТ 5658—51.



Фиг. 2 Пресс с передвижным столом.

Таблица 2

Техническая характеристика одноштырных кривошипных прессов с передвижным столом (по ГОСТ 870—51)

Основные параметры		Номинальное усилие пресса в т			
		25	40	63	100
Ход ползуна в мм	Постоянный: наибольший	64	72	84	10 ⁶ С
		40	44	52	
	Регулируемый: наибольший	64	72	84	.
		16	16	20	
Число ходов ползуна в минуту	прессы быстроходные ¹ не менее	105	90	80	75
	прессы тихоходные	—	45	40	38
Регулировка длины шатуна в мм		55	65	80	100
Наибольшее расстояние между столом и ползуном в его нижнем положении при наибольшем ходе в мм	при верхнем положении стола	180	210	240	270
	при нижнем положении стола	460	490	520	550
Расстояние от стола до направляющих при верхнем положении стола в мм		235	275	320	?

¹ Термин „быстроходный“ в данном случае применен в качестве сравнительной характеристики, а не в абсолютном значении, так как существуют более быстро-

МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКЕ

Глава I

ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛОВ

1. Основные материалы, применяемые в холодной штамповке

В холодной штамповке применяются разнообразные как металлические, так и неметаллические материалы.

Наиболее распространенными металлами и их сплавами, обрабатываемыми холодной штамповкой, являются:

- 1) сталь различных сортов и марок;
- 2) медь и ее сплавы (латунь, бронза, мельхиор и др.);
- 3) алюминий, магний и их сплавы (дуралюмин, алюминиевомагниевого сплавы и др.);
- 4) цинк и оцинкованная сталь;
- 5) никель и никелевые сплавы.

Кроме того, холодной штамповкой обрабатываются следующие менее распространенные металлы и их сплавы:

- 1) молибден и его сплавы;
- 2) тантал и его сплавы;
- 3) специальные никелевые и кобальтовые сплавы (инвар, платинит, ковар и др.);
- 4) благородные металлы (золото, серебро).

Неметаллические материалы, применяемые в холодной штамповке, приведены в гл. VIII (разд. I).

Номенклатура марок металлов и сплавов, выпускаемый сортament и технические условия установлены соответствующими ГОСТ и ведомственными стандартами.

Все справочные данные по материалам приведены в обширных специализированных справочниках и ГОСТ,

Здесь приводятся лишь основные сведения по главнейшим материалам, применяемым в холодной штамповке.

Основные сорта и марки черных металлов, применяемых в холодной штамповке, и их механические свойства приведены в табл. 10.

Основные сорта и механические свойства цветных металлов приведены в табл. 11; алюминиевых и алюминиевомагниевого сплавов — в табл. 9 и 16; главнейших неметаллических материалов — в табл. 12.

Характеристика основных неметаллических материалов приведена на стр. 238.

Наиболее распространенными материалами в холодной штамповке являются различные сорта листовой и полосовой углеродистой и легированной стали.

По качеству материала листовая и полосовая сталь подразделяются на сорта, изготавливаемые из различных марок стали:

- 1) листовая углеродистая сталь, изготавливаемая из марок стали обыкновенного качества по ГОСТ 380—50;

2) листовая углеродистая качественная сталь, изготавливаемая из марок качественной стали по ГОСТ 1050—41;

3) листовая высококачественная легированная сталь, изготавливаемая из марок легированной стали по ГОСТ 1542—42, ГОСТ 2672—44, ГОСТ 4543—48 и др.

Основными сортами листовой и полосовой стали, применяемыми в холодной штамповке, являются:

1) сталь тонколистовая обыкновенного качества различных марок по ГОСТ 380—50;

2) сталь тонколистовая качественная различных марок по ГОСТ 1050—41;

3) сталь тонколистовая легированная по ГОСТ 1542—42;

4) сталь листовая по ГОСТ 2672—44;

5) стальная лента холодной прокатки по ГОСТ В-1050—41;

6) декапированная сталь марок по ГОСТ 380—50;

7) жечь (белая и черная) по ГОСТ 380—50;

8) нержавеющая хромистая и хромоникелевая сталь по ГОСТ 4986—49;

9) электротехническая сталь по ГОСТ 802—42;

10) сталь типа Армо по ОСТ 10006—38.

Ниже приводятся механические свойства и некоторые технические характеристики основных сортов листовой стали.

Тонколистовая сталь обыкновенного качества (ГОСТ 501—41) поставляется по химическому составу марок М Ст. 0 — М Ст. 5 и Б Ст. 0 — Б Ст. 3 по ГОСТ 380—50, группа В, с дополнительным испытанием на холодный загиб на 180° по ОСТ 1683.

Марка стали

Диаметр оправки

М Ст. 0	$d = 2S$
М Ст. 2	$d = 0$
М Ст. 3	$d = 0,5S$
М Ст. 4	$d = 2S$
М Ст. 5	$d = 3S$

По требованию потребителя листы мартеновской стали толщиной 2 и 3 мм могут поставляться с гарантированными механическими свойствами по табл. 202.

Таблица 202

Механические свойства тонколистовой стали обыкновенного качества (по ГОСТ 501—41)

Марка стали	Предел прочности при толщине листа 3 и 2 мм в кг/мм ²	Относительное удлинение δ_{10} в % при толщине листа	
		3 мм	2 мм
Ст. 2	34—42	21	20
Ст. 3	38—47	17	16
Ст. 4	42—52	15	14
Ст. 5	50—62	11	10

В табл. 203 приведены номинальные размеры и допускаемые отклонения тонколистовой стали обыкновенного качества (по ГОСТ 3680—47).

Таблица 203

Номинальные размеры и допускаемые отклонения тонколистовой стали
обыкновенного качества в мм
(по ГОСТ 3690—47)

Размер листа в мм			Допускаемые отклонения по толщине в мм (±)	
толщина	ширина	длина	повышенная точность	обычная точность
0,9	600—800	1200—1600	0,08	0,1
1,0			0,09	0,12
1,1	710—1000	1420—2000	0,09	0,12
1,2			0,11	0,13
1,3			0,11	0,13
1,4			0,12	0,15
1,50	710—1250	1420—2500	0,12	0,15
1,75			0,14	0,16
2,00			0,15	0,18
2,25			0,16	0,19
2,50			0,17	0,20
2,75			0,18	0,22
3,00	710—1400	1420—2800	0,18	0,22
3,25			0,20	0,25
3,50			0,20	0,25
3,75			0,22	0,30

Допускаемые отклонения по ширине: для листов шириной до 800 мм + 6 мм, свыше 800 мм + 10 мм.
Допускаемые отклонения по длине: для листов длиной до 1500 мм + 10 мм, свыше 1500 мм + 15 мм.
Нормы коробоватости правленых листов — не выше 6 мм на 1 пог. м.

В табл. 204 приведены нормы испытаний на глубину выдавливания для жести и декапированной стали.

В табл. 205 даны номинальные размеры и допускаемые отклонения по толщине белой и черной жести.

В табл. 206 приведены механические свойства тонколистовой качественной стали.

В табл. 207 приведены нормы испытаний на глубину выдавливания для тонколистовой качественной стали.

В табл. 208 приведены допускаемые отклонения по толщине тонколистовой качественной стали.

В табл. 209 приведены номинальные размеры и допускаемые отклонения по толщине листовой стали (железа) типа Армко.

В табл. 210—215 приведены данные по низкоуглеродистой стальной ленте холодной прокатки, широко применяемой в холодноштамповочном производстве.

Таблица 204

Нормы испытаний на глубину выдавливания для жести и декапированной стали

Материал	Толщина листа в мм	Глубина выдавливания в мм (не менее)	
		Группа I	Группа II
Жесть белая (ГОСТ 5344-50)	0,21-0,27	5,5	
	0,24-0,30	5,7	
	0,27-0,33	6,0	
	0,30-0,40	6,5	
	0,36-0,48	6,7	
Жесть черная по- лированная (ГОСТ 1127-47)	0,18-0,24	6,5	5,0
	0,21-0,27	6,7	5,5
	0,24-0,30	7,0	5,7
	0,27-0,33	7,5	6,0
	0,31-0,39	8,0	6,5
	0,38-0,46	8,6	6,7
	0,45-0,55	8,7	7,0
Сталь декапирован- ная (ГОСТ 1386-47)	0,25	6,9	5,7
	0,30-0,35	7,2	6,2
	0,40-0,45	7,5	6,5
	0,50-0,55	8,0	6,9
	0,60-0,65	8,5	7,2
	0,70-0,75	8,9	7,5
	0,80	9,3	7,8
	0,90	9,6	8,2
	1,00	9,9	8,6
	1,15	10,2	8,8
	1,25	10,4	9,0
	1,50	11,0	9,2
	1,75	11,4	9,5
2,00	11,8	9,9	

Таблица 205

Номинальные размеры и допускаемые отклонения по толщине белой и черной жести

Вид жести	Условное обозначение толщины (номер)	Предельная толщина листов в любом месте листа в мм	Наибольшая разность толщины в разных точках одного листа в мм	
			обычная точность	повышенная точность
Белая	24	0,21-0,27	0,06	0,04
	27	0,24-0,30	0,06	0,04
	30	0,27-0,33	0,06	0,04
	35	0,30-0,40	0,08	0,08
	42	0,36-0,48	0,08	0,08

Продолжение табл. 205

Вид жести	Условное обозначение толщины (номер)	Предельная толщина листов в любом месте листа в мм	Наибольшая разность толщины в разных точках одного листа в мм	
			обычная точность	повышенная точность
Черная полпро- ванная	22	0,18—0,24	0,06	0,04
	25	0,21—0,27	0,06	0,04
	28	0,24—0,30	0,07	0,05
	31	0,27—0,33	0,07	0,05
	35	0,31—0,39	0,08	0,06
	42	0,38—0,46	0,08	0,06
	50	0,45—0,55	0,10	0,08

Таблица 206

Механические свойства тонколистовой качественной стали

Группа стали	Марка стали	Механические свойства			
		предел прочности при растяжении в кг/мм ²	удлинение δ_{10} в % при толщине		
			< 1,5 мм	1,5—2, ⁽¹⁾ мм	> 2,0 мм
			не менее		
Углеродистая конструкционная горяче- и холоднокатанная толщиной до 4 мм (ГОСТ 914—47)	05	≥23	26	28	30
	08 кп	28—38	26	28	30
	08; 10 кп	28—42	24	26	27
	15 кп	32—45	23	25	26
	20	35—50	22	23	24
	25	40—55	21	22	23
	30	45—60	19	20	21
	35	50—65	16	17	18
	40	52—67	15	16	17
	45	55—70	13	14	15
	50	55—75	11	12	13
Углеродистая и легированная горяче- и холоднокатанная толщиной до 4 мм (ГОСТ 2672—44)	20	35—50	24	24	24
	10Г2	40—58	22	22	22
	25ХГСА	50—70	18	18	18
	30ХГСА	55—75	16	16	16
Титл Армко для весьма глубокой штамповки (ОСТ 10006—38)	А	≥23	26	28	30

Примечание. Листы стали марок 05, 08 кп и 10 кп толщиной до 1 мм включительно испытываются только на глубину выдавливания.

Таблица 207

Нормы испытаний на глубину выдавливания для тонколистовой качественной стали в мм

Толщина листа в мм	Сталь углеродистая конструкционная горяче- и холоднокатанная толщиной до 4 мм (ГОСТ 914—47)				Сталь углеродистая и легированная горяче- и холоднокатанная (ГОСТ 2672—44)				Сталь типа Армо для глубокой штамповки (ГОСТ 10006—38)
	Марки и штампуемость стали				Марки стали				
	05 08 08кп	} (ВГ)	08 08кп 10кп	} (Г)	10кп(Н)	15 н 20(ВГ)	20	10ГА	
0,5	9,0		8,4		8,0	7,5	7,5	7,3	7,0
0,6	9,4	8,9	8,5	8,0	8,0	7,7	7,4	7,2	9,4
0,7	9,7	9,2	8,9	8,3	8,3	8,0	7,6	7,5	9,7
0,8	10,0	9,5	9,3	8,7	8,7	8,5	7,8	7,7	10,0
0,9	10,3	9,9	9,6	8,9	8,9	8,8	8,0	8,0	10,3
1,0	10,5	10,1	9,9	9,0	9,0	9,0	8,2	8,2	10,5
1,1	10,8	10,4	10,2	—	—	—	—	—	10,8
1,2	11,0	10,6	10,4	—	—	—	—	—	11,0
1,3	11,2	10,8	10,6	—	—	—	—	—	11,2
1,4	11,3	11,0	10,8	—	—	—	—	—	11,3
1,5	11,5	11,2	11,0	—	—	—	—	—	11,5
1,6	11,6	11,4	11,2	—	—	—	—	—	11,6
1,7	11,8	11,6	11,4	—	—	—	—	—	11,8
1,8	11,9	11,7	11,5	—	—	—	—	—	11,9
1,9	12,0	11,8	11,7	—	—	—	—	—	12,0
2,0	12,1	11,9	11,8	—	—	—	—	—	12,1

Примечание. Для стали марки 15 кп, 20 и 25 производится также испытание загибом на 180° через оправку диаметром $d = 0$ при толщине листов до 2 мм и $d = S$ (толщина листа) при толщине выше 2 мм.

В табл. 210 дана классификация стальной холоднокатанной ленты по механическим свойствам.

В табл. 211 приведены минимальные значения при испытании на глубину вытяжки для стальной ленты.

В табл. 212—214 приведены размеры и отклонения ленты по ширине.

В табл. 215 приведены размеры, а в табл. 216 — предельные отклонения стальной холоднокатанной ленты по толщине.

В табл. 217 даны механические свойства стальной холоднокатанной ленты конструкционной стали (по ГОСТ 2284—43).

В табл. 218 приведены допускаемые отклонения по ширине, а в табл. 220 — по толщине ленты конструкционной стали.

В табл. 219 приведен сортамент ленты конструкционной стали по толщине и ширине.

Таблица 208

Допускаемые отклонения для листов тонколистовой качественной стали
(по ГОСТ 3680—47)

Толщина листов в мм	Допускаемые отклонения (±) по толщине в мм при степени точности		
	высокая	повышенная	обычная
0,2—0,5	0,04	0,05	0,07
0,6	0,05	0,06	0,08
0,7	0,06	0,07	0,09
0,8—0,9	0,06	0,08	0,10
1,0—1,1	0,07	0,09	0,12
1,2—1,3	0,09	0,11	0,13
1,4—1,5	0,11	0,12	0,15
1,75	0,12	0,14	0,16
2,0	0,13	0,15	0,17
2,25	0,14	0,16	0,18
2,5	0,15	0,17	0,20
2,75—3,0	0,16	0,18	0,22
3,25—3,5	0,18	0,20	0,25
3,75—4,0	0,20	0,22	0,30

Допускаемые отклонения по ширине: при ширине до 800 мм +6 мм, свыше 800 мм +10 мм (для листов непрерывной прокатки: горячекатаных +20 мм, холоднокатаных толщиной до 2 мм +10 мм).
Допускаемые отклонения по длине: при длине до 1500 мм +10 мм, свыше 1500 мм +15 мм (для листов непрерывной прокатки при длине до 1500 мм +15 мм, свыше 1500 мм +25 мм).

Таблица 209

Номинальные размеры и допускаемые отклонения по толщине листовых
стали типа Армко (ОСТ 10006—38)

Толщина листа в мм	Отклонения (±) по толщине в мм			Толщина листа в мм	Отклонения (±) по толщине в мм		
	степень точности				степень точности		
	первая	вторая	третья		первая	вторая	третья
0,5—0,6	0,05	0,06	0,08	1,7—1,9	0,13	0,15	0,17
0,6—0,7	0,06	0,07	0,09	1,9—2,2	0,14	0,16	0,18
0,7—0,9	0,06	0,08	0,10	2,2—2,5	0,15	0,17	0,20
0,9—1,1	0,07	0,09	0,12	2,5—3,0	0,16	0,18	0,22
1,1—1,3	0,09	0,11	0,13	3,0—3,5	0,18	0,20	0,25
1,3—1,5	0,11	0,12	0,15	3,5—4,0	0,20	0,22	0,30
1,5—1,7	0,12	0,14	0,16				

Допускаемые отклонения по длине ±10 мм, по ширине ±6 мм.

Таблица 210

Классификация стальной низкоуглеродистой холоднокатанной ленты по механическим свойствам (по ГОСТ 503—41)

Группа ленты по твердости	Условное обозначение	Предел прочности σ_b в кг/мм ²	Относительное удлинение δ в % не менее
Особо мягкая	ОМ	28—40	30
Мягкая	М	33—45	20
Полумягкая	ПМ	38—50	10
Пониженной твердости	ПТ	42—55	4
Твердая	Т	50—80	—

Таблица 211

Минимальные значения при испытании на глубину выдавливания для стальной низкоуглеродистой холоднокатанной ленты в мм

Толщина ленты в мм	Группа ленты по твердости				Толщина ленты в мм	Группа ленты по твердости			
	ОМ		М			ОМ		М	
	ширина ленты		ширина ленты			ширина ленты		ширина ленты	
	свыше 70 мм	30—70 мм	свыше 70 мм	30—70 мм		свыше 70 мм	30—70 мм	свыше 70 мм	30—70 мм
0,20	7,5	5,2	6,8	4,2	0,80	9,6	6,9	8,7	5,9
0,25	7,7	5,3	7,0	4,3	0,90	9,8	7,1	9,0	6,1
0,30	8,0	5,5	7,2	4,5	1,00	10,0	7,3	9,2	6,2
0,35	8,2	5,7	7,4	4,7	1,20	10,5	7,7	9,6	6,7
0,40	8,5	5,9	7,7	4,8	1,40	10,9	8,1	10,0	7,1
0,45	8,6	6,1	7,8	5,0	1,60	11,1	8,5	10,4	7,4
0,50	8,8	6,2	7,9	5,1	1,80	11,5	8,9	10,7	7,8
0,60	9,1	6,4	8,2	5,4	2,00	11,7	9,2	10,9	8,1
0,70	9,4	6,6	8,5	5,6					

Примечание. Лента толщиной менее 0,2 мм и более 2 мм, шириной менее 30 мм, а также ленты групп ПМ, ПТ и Т на глубину выдавливания не испытываются.

Таблица 212

Размеры стальной низкоуглеродистой холоднокатанной ленты по ширине в мм

4	11	18	30	46	70	93	125	160	195	230	280
5	12	19	32	50	73	96	130	165	200	235	290
6	13	20	34	53	76	100	135	170	205	240	300
7	14	22	36	56	80	105	140	175	210	245	
8	15	24	38	60	83	110	145	180	215	250	
9	16	26	40	63	86	115	150	185	220	260	
10	17	28	43	66	90	120	155	190	225	270	

Таблица 216

Допускаемые отклонения стальной низкоуглеродистой холоднокатанной ленты по толщине в мм

Толщина ленты	Для ленты нормальной точности Н	Для ленты повышенной точности ВТ и В	Толщина ленты	Для ленты нормальной точности Н	Для ленты повышенной точности ВТ и В
0,05—0,08	—0,015	—0,01	1,00—1,35	—0,09	—0,06
0,10—0,15	—0,02	—0,015	1,40—1,75	—0,11	—0,08
0,18—0,25	—0,03	—0,02	1,80—2,30	—0,13	—0,10
0,28—0,40	—0,04	—0,03	2,35—3,00	—0,16	—0,12
0,45—0,70	—0,05	—0,04	Свыше 3,00	—0,20	—0,16
0,75—0,95	—0,07	—0,05			

Таблица 217

Механические свойства стальной холоднокатанной ленты конструкционной стали

Марка стали	Лента нагартованная		Лента отожженная	
	Предел прочности при растяжении σ_b в кг/мм ²	Относительное удлинение δ_{10} в % (не менее)	Предел прочности при растяжении σ_b в кг/мм ²	Относительное удлинение δ_{10} в % (не менее)
15	45—80	3	32—50	22
20	50—85	2	32—55	20
25	55—90	2	35—60	18
30	65—95	2	40—60	16
35	65—95	2	40—65	16
40	65—100	2	45—70	15
45	70—105	1,5	45—70	15
50	75—110	1,5	45—75	13
55	75—110	1,5	45—75	12
60	75—115	1,0	45—75	12
65	75—115	1,0	45—75	10
70	75—115	1,0	45—75	10

Таблица 218

Допускаемые отклонения по ширине ленты конструкционной стали в мм.
Лента обрезная

Толщина ленты в мм	Точность изготовления ленты	
	нормальная	повышенная
0,1—0,5	—0,3	—0,2
0,55—1,0	—0,4	—0,3
Свыше 1,0	—0,6	—0,4

Допускаемые отклонения по ширине необрезной ленты шириной до $50 \begin{smallmatrix} +2,0 \\ -1,0 \end{smallmatrix}$ мм, свыше $50 \begin{smallmatrix} +3,0 \\ -2,0 \end{smallmatrix}$ мм.

Таблица 219

Сортамент ленты конструкционной стали в мм

Толщина ленты	Ширина ленты
0,1—0,18	6—40
0,20	6—80
0,22—0,28	15—80
0,30—0,50	15—85
0,55	20—85
0,6—0,3	20—90

Лента изготавливается по толщине в мм: 0,10; 0,12; 0,15; 0,18; 0,20; 0,25; 0,28; 0,30—1,95 (через каждые 0,05 мм); 2,3—3,0 (через каждые 0,1 мм).

Лента изготавливается по ширине в мм: 6; 8; 10; 12; 14; 15; 16; 17; 18; 20; 22; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 34; 35; 36; 38; 40—90 (через каждые 5 мм).

Таблица 220

Допускаемые отклонения по толщине ленты конструкционной стали в мм (—)

Толщина ленты в мм	Точность изготовления ленты	
	нормальная	повышенная
0,10—0,16	0,02	0,015
0,18—0,25	0,03	0,02
0,28—0,40	0,04	0,03
0,45—0,70	0,05	0,04
0,75—0,95	0,07	0,05
1,00—1,35	0,09	0,06
1,40—1,75	0,11	0,08
1,80—2,30	0,13	0,10
2,40—3,00	0,16	0,12

Таблица 221

Размеры и допускаемые отклонения по толщине ленты нержавеющей стали в мм (—)

Толщина ленты в мм	Полумягкая, нагартованная		Мягкая	
	При ширине ленты в мм			
	до 400	свыше 400	до 400	свыше 400
0,10; 0,12; 0,15	0,03	—	0,04	—
0,20; 0,25; 0,30 0,35; 0,40; 0,45	0,04	—	0,06	—
0,50; 0,55; 0,60; 0,65	0,06	0,08	0,08	0,10
0,70; 0,75; 0,80; 0,90	0,07	0,10	0,09	0,12
1,0; 1,1; 1,2	0,09	0,12	0,11	0,15
1,3; 1,5	0,12	0,16	0,14	0,18
1,65; 1,80	0,16	0,18	0,18	0,20
2,00	0,20	0,20	0,20	0,22

Таблица 222

 Механические свойства ленты нержавеющей стали
 (ГОСТ 4986—49)

Марка стали	Состояние поставки	Предел прочности σ_b в кг/мм ²	Относительные удлинения δ_{10} в %		Термическая обработка
			не менее		
ГОСТ 5582—50	заводская				
1X18 2X18 3X18	Ж1 Ж2 Ж3	40	21		Отжиг
		50	20		
		50	21		
0X18H9	Я0 Полумягкая	54	45		Закалка с 1050—1080° в воде Без термообработки
		75—95	25		
1X18H9	Я1 Мягкая Полумягкая Нагартованная Особо нагартованная	54	35		Закалка с 1080—1180° в воде Без термообработки То же
		80	20		
		100	13		
		115	8		
2X18H9	Я2 Мягкая Полумягкая Нагартованная Особо нагартованная	58	35		Закалка с 1120—1150° в воде или на воздухе Без термообработки То же
		80	20		
		100	13		
		115	8		
1X18H9T	Я1T Мягкая	4	40		Закалка с 1050—1100° в воде или на воздухе
1X18H9M	Я1M0 Мягкая Нагартованная	4	40		Закалка с 1080—1130° в воде Без термообработки
		1/0	13		
X18H11B	Я11B Мягкая Нагартованная	54	40		Закалка с 1080—1130° в воде или на воздухе Без термообработки
		1/0	13		
X13H4Г9	ЭИ100 Мягкая Полумягкая Нагартованная Особо нагартованная	60	40		Закалка с 1120—1150° в воде Без термообработки То же
		80	20		
		100	15		
		115	8		
X23H13	ЭИ417 Мягкая	85	45		Закалка с 1100—1150° в воде или на воздухе

Таблица 223

Допускаемые отклонения по ширине обрезной ленты нержавеющей стали в мм (—)

Толщина ленты в мм	При ширине ленты в мм		
	до 100	100—300	свыше 300
От 0,10 до 0,50	—0,3	—0,5	—0,6
Свыше 0,5 до 1,0	—0,4	—0,6	—0,8
Свыше 1,0	—0,6	—0,8	—1,0

Таблица 224

Допускаемые отклонения по толщине лент из цветных металлов и сплавов в мм

Толщина в мм	Допускаемые отклонения по толщине лент при ширине				Толщина в мм	Допускаемые отклонения по толщине лент при ширине			
	от 10 до 300 мм		свыше 300 до 600 мм			от 10 до 300 мм		свыше 300 до 600 мм	
	нормальная точность	повышенная точность	нормальная точность	повышенная точность		нормальная точность	повышенная точность	нормальная точность	повышенная точность
0,05	—0,01	—	—	—	(0,63)	—0,06	—0,05	—0,08	—0,06
0,06	—0,01	—	—	—	0,67	—0,06	—0,05	—0,08	—0,07
0,07	—0,01	—	—	—	0,71	—0,07	—0,05	—0,08	—0,07
0,08	—0,01	—	—	—	0,75	—0,07	—0,06	—0,08	—0,07
0,09	—0,01	—	—	—	0,80	—0,07	—0,06	—0,09	—0,08
0,10	—0,02	—	—	—	0,85	—0,07	—0,06	—0,09	—0,08
0,12	—0,02	—	—	—	0,90	—0,08	—0,06	—0,10	—0,09
0,15	—0,03	—0,02	—	—	(0,95)	—0,08	—0,06	—0,10	—0,09
0,18	—0,03	—0,02	—	—	1,00	—0,08	—0,06	—0,11	—0,10
0,20	—0,03	—0,02	—	—	1,10	—0,08	—0,06	—0,11	—0,10
0,22	—0,03	—0,02	—	—	1,20	—0,09	—0,06	—0,12	—0,11
0,25	—0,04	—0,03	—	—	1,30	—0,09	—0,07	—0,12	—0,11
0,30	—0,04	—0,03	—	—	1,40	—0,09	—0,07	—0,12	—0,11
0,35	—0,04	—0,03	—	—	1,50	—0,09	—0,08	—0,14	—0,13
0,40	—0,05	—0,04	—	—	1,60	—0,10	—0,08	—0,14	—0,13
0,45	—0,05	—0,04	—	—	1,70	—0,10	—0,08	—0,14	—0,13
0,50	—0,06	—0,04	—0,07	—0,06	1,80	—0,11	—0,10	—0,15	—0,14
(0,53)	—0,06	—0,04	—0,07	—0,06	(1,90)	—0,11	—0,10	—0,15	—0,14
0,56	—0,06	—0,05	—0,08	—0,06	2,00	—0,11	—0,10	—0,15	—0,14
0,60	—0,06	—0,05	—0,08	—0,06					

Примечания: 1. Ленты толщиной от 0,05 до 0,09 мм включительно изготовляются шириной до 175 мм включительно.

2. Ленты толщиной 0,50 мм и более изготовляются шириной от 20 мм.

3. Размеры по толщине, указанные в скобках, не рекомендуются к применению.

В табл. 221 даны размеры и допускаемые отклонения по толщине, а в табл. 223 — по ширине ленты нержавеющей стали (по ГОСТ 4986—49).

В табл. 222 приведены механические свойства лент нержавеющей стали. Лента поставляется шириной от 40 до 600 мм с градацией в 5 мм.

Таблица 225

Допускаемые отклонения по ширине лент из цветных металлов и сплавов в мм

Ширина в мм	Толщина лент в мм	
	до 1	свыше 1
10—175	—0,6	—1,0
176—300	—1,0	—1,5
301—600	—1,5	—2,0

В табл. 224 приведены допускаемые отклонения по толщине холоднокатанных лент из цветных металлов и сплавов (ГОСТ 3718—47).

В табл. 225 приведены допускаемые отклонения по ширине лент из цветных металлов и сплавов.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОСНОВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

2. Указания по технологическому применению

Материал, применяемый для изготовления холодноштампованных деталей, должен соответствовать не только назначению и условиям работы, но и технологическим требованиям, вытекающим из характера и степени производимой деформации.

Технологические свойства металла определяются в основном его механическими свойствами, зависящими в свою очередь от химического состава, структуры и величины зерна, термообработки, степени наклепа.

Для механических и технологических свойств холоднокатанных материалов, применяемых в холодной штамповке, большое значение имеют степень наклепа при холодной прокатке и характер термообработки.

Это наглядно подтверждается механическими свойствами стальной холоднокатаной ленты, приведенными в табл. 210.

Для характеристики технологических свойств материала наибольший интерес представляют показатели пластичности, выраженные величиной относительного сужения поперечного сечения при растяжении ψ , или—еще лучше—равномерным относительным сужением ψ_b , а также соотношением между пределом текучести σ_s и пределом прочности σ_b .

Для большинства металлов чем меньше отношение $\frac{\sigma_s}{\sigma_b}$, тем больше величина ψ_b .

Примерное распределение материалов на различные группы по пластичности и упрочняемости приведено на стр. 164.

Большое влияние на технологические свойства и штампуемость стали имеют: структурная форма углерода (вредное влияние структурно-свободного цемента), величина и форма зерен феррита, состояние поверхности (отсутствие линий сдвига при деформации).

Последнее требование весьма существенно для металлов, подвергаемых глубокой вытяжке, так как вследствие склонности к образованию линий сдвига поверхность изделий получается дефектной и имеет вид так называемой «пельсиновой корки». Иногда поверхностное растрескивание металла является результатом процесса старения при длительном хранении металла после холодной прокатки.

В последнее время для автомобильных кузовов получила применение нестареющая (стабилизированная) сталь, раскисленная алюминием.

Для предупреждения поверхностного растрескивания и образования «пельсиновой корки» тонколистовая сталь подвергается поверхностному наклепу с обжатием около 2% путем холодной прокатки листов на специальных многовалковых станах.

Как показывает опыт, предварительная холодная прокатка листов не только предотвращает появление линий сдвига, но и повышает вытяжные свойства металла (понижает σ_s и σ_b и повышает δ), что пока не находит соответствующего объяснения.

В отношении структуры и величины зерна к тонколистовой стали для глубокой вытяжки предъявляются требования: небольшой величины и равномерности зерен (для стали толщиной до 2 мм — 26—37 μ , для стали толщиной свыше 3 мм — 37—52 μ при соотношении осей зерен до 1,4—1,5), отсутствия полосчатой структуры, структурно-свободного цементита, неметаллических включений и т. п.

В табл. 226 приведены примеры технологического применения листовой стали и соответствующие им механические характеристики [66].

В табл. 227 приведены требования, предъявляемые к листовой стали для основных деталей автомобильного производства (ГАЗ).

Таблица 226

Примеры технологического применения листовой стали и механические характеристики

Применение	Предел прочности σ_b в кг/мм ² (не более)	Относительное удлинение δ в % (не менее)	Твердость R_b (не более)	Глубина выдавливания в мм (не менее)
Вырубка плоских деталей	65	1—5	84—96	6—7
Вырубка, простая гибка под углом 90° поперек волокон с большим радиусом закругления ($r > 2S$)	50	4—14	75—85	7—8
Неглубокая вытяжка и формовка. Гибка на 180° поперек волокон или на 90° вдоль волокон с радиусом закругления $r \geq 0,5S$	42	13—27	64—74	8—9
Глубокая вытяжка (допустимы линии сдвига). Гибка на 180° во всех направлениях с радиусом закругления $r < 0,5S$	37	24—36	52—64	9—10
Глубокая вытяжка (с незначительными линиями сдвига). Гибка на 180° во всех направлениях с радиусом закругления $r < 0,5S$	33	33—45	38—52	10—12

Таблица 227

Основные требования к листовой стали для деталей автомобиля

Применение	Отношение $\frac{\sigma_s}{\sigma_b}$	Относительное удлинение δ_{10} в %	Твердость R_b	Глубина вдавливания
Детали кузова, требующие глубокой вытяжки (передняя панель, крылья и т. п.)	$\leq 0,6$	≥ 50	≤ 38	Выше ГОСТ на 0,7—1,0, мм
Детали кузова, не требующие глубокой вытяжки (двери и т. п.)	0,65	45	40	Выше ГОСТ на 0,5—0,7, мм
Детали глубокой вытяжки, допускающие небольшие дефекты поверхности	0,70	40	40	По ГОСТ

3. Определение механических и технологических свойств листового металла

Из всех методов определения механических свойств металла наилучшие результаты дает испытание на растяжение, которое позволяет определить такие характеристики сопротивления деформации, как предел текучести, предел прочности, истинное сопротивление разрыву (σ_s ; σ_b ; $\sigma_{ист}$) и показатели пластичности — относительное удлинение и относительное поперечное сужение (δ и ψ). Зависимость между напряжением и деформацией наиболее правильно выражается диаграммой истинных напряжений в координатах: истинные напряжения — относительное поперечное сужение ($\sigma_{ист} - \psi$).

Диаграмма истинных напряжений для стали 10 представлена на фиг. 62. Относительное сужение поперечного сечения ψ является наиболее правильным и точным показателем пластичности при большой величине деформаций, так как ψ не зависит от длины образца как δ_5 или δ_{10} и наилучшим образом характеризует область сосредоточенных деформаций (при растяжении — после образования шейки), в которой обычно заканчиваются пластические деформации при холодной штамповке.

Однако испытание на растяжение тонких листовых металлов значительно труднее испытания круглых образцов, а результаты испытания менее точны, ввиду того, что в тонких плоских образцах значительной ширины: 1) меняется характер разрушения образца с искажением размеров и формы шейки по сравнению с круглыми образцами; 2) затруднен точный обмер шейки вследствие искажения ее формы и характера разрыва; 3) получается значительное расхождение между результатами испытания круглых и плоских образцов.

В результате этого испытание на растяжение тонкого листового металла зачастую дает недостаточно точные значения $\sigma_{ист}$ и ψ , являющиеся наиболее важными характеристиками пластической деформации.

Поэтому оценку механических (вытяжных) свойств листового металла производят комплексно:

- 1) по результатам механических испытаний;
- 2) по структуре и величине зерна;
- 3) по дополнительной оценке — отсутствию линий сдвига на поверхности деформированного образца.

Вследствие трудностей испытания на растяжение тонколистовых металлов, был предложен метод определения механических характеристик тонких листовых материалов путем вырезки круглой тонкой пластинки между пуансоном и матрицей и последующего пересчета показателей [212].

Недостатком данного метода является практическая невозможность получить при вырезке деформации чистого среза, так как при наличии даже минимального зазора между пуансоном и матрицей неизбежны деформации изгиба и растяжения материала, а при отсутствии зазора — деформации вдавливания пуансона в металл.

Автором установлено, что показатель наибольшей пластичности металла при растяжении может быть выражен не только через относительное сужение ψ , но также и через численно равное ему n и большее относительное удлинение шейки, отнесенное к окончательной длине:

$$\psi = \epsilon' = \epsilon \frac{dl_0}{dl} \text{ при } dl_0 \rightarrow 0.$$

Предложен также метод определения этой характеристики для тонколистовых металлов путем экстраполирования результатов испытания на растяжение.

Местная пластическая деформация тонколистовых металлов может быть также выражена величиной истинного удлинения или сдвига, подсчитанного по методу накатанных сеток [125].

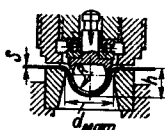
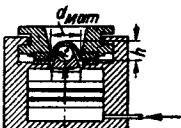
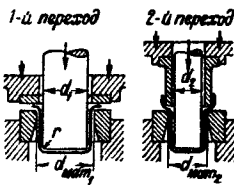
Вследствие трудности точного определения механических свойств тонких листовых металлов испытанием на растяжение получали распространение различные способы технологических испытаний или проб (по ОСТ 1682).

Технологические пробы или испытания предназначены для выявления способности металла подвергаться деформациям, аналогичным тем, которые металл претерпевает при его обработке (штамповке).

Для сравнительной оценки пластичности и вытяжных свойств листовых металлов применяются различные способы технологических испытаний (табл. 228).

Таблица 228

Способы технологических испытаний тонкого листового металла для выявления пластичности и пригодности к глубокой вытяжке

Способ испытания	Прибор	Схема	Показатели испытания
Испытание на глубину выдавливания	Ручного механического действия		Глубина лунки в мм в момент разрыва
	Гидравлического действия		
Испытание на вытяжку цилиндрического колпачка	ЦНИИТМАШ и др.		Предельная степень вытяжки $K = \frac{D}{d_1}$

Наиболее распространенным методом технологического испытания тонких листовых металлов является испытание на глубину выдавливания, утвержденное ГОСТ как основной вид испытаний для ряда тонколистовых металлов: жести, декапированной стали, стальной холоднокатанной ленты, тонколистовой качественной стали и др.

Это испытание заключается в выдавливании шарообразным пуансоном зажатого между матрицей и прижимом испытуемого образца и определении глубины лунки в момент разрыва материала.

Глубина выдавленной лунки служит характеристикой пластичности металла и способности его к вытяжке. Одновременно рассматриваются форма разрыва и поверхность материала в вершине выдавки.

Хороший доброкачественный металл должен давать:

1) глубину вытяжки не ниже норм, указанных в соответствующих стандартах (табл. 229).

2) разрыв колпачка по окружности, в противном случае разрыв указывает на полосчатую структуру или наличие дефектов прокатки;

3) чистовую гладкую поверхность колпачка, что характеризует мелкозернистую структуру металла.

Шероховатая поверхность колпачка свидетельствует о крупнозернистой структуре.

Таблица 229

Глубина выдавливания в мм

Наименование материала	Толщина материала в мм									
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Латунь для глубокой вытяжки	12,8	13,5	13,8	14,2	14,3	14,4	14,5	14,6	14,7	14,7
Латунь обычного качества	11,3	12,2	12,7	13,0	13,3	13,5	13,7	13,8	14,1	14,3
Медь листовая	9,6	10,5	11,1	11,4	11,8	12,1	12,3	12,6	12,8	13,0
Стальная лента для глубокой вытяжки	8,6	9,5	10,1	10,6	11,0	11,4	11,8	12,1	12,3	12,6
Алюминий листовой	7,6	8,7	9,2	9,5	9,9	10,2	10,7	11,1	11,2	11,7
Сталь листовая для глубокой вытяжки	7,3	8,3	8,9	9,5	10,1	10,6	10,9	11,3	11,7	12,2
Сталь декапированная	6,6	7,8	8,6	9,2	9,7	10,2	10,6	11,1	11,4	11,8
Жесть белая	6,2	7,5	8,3	8,9	9,5	9,9	10,3	10,8	11,2	11,6
Цинк	5,2	7,5	7,3	7,8	8,1	8,3	8,4	8,5	8,6	8,6

В зависимости от ширины материала при испытании на глубину выдавливания применяют различные размеры образцов, а также пуансонов и матриц (табл. 230).

Таблица 230

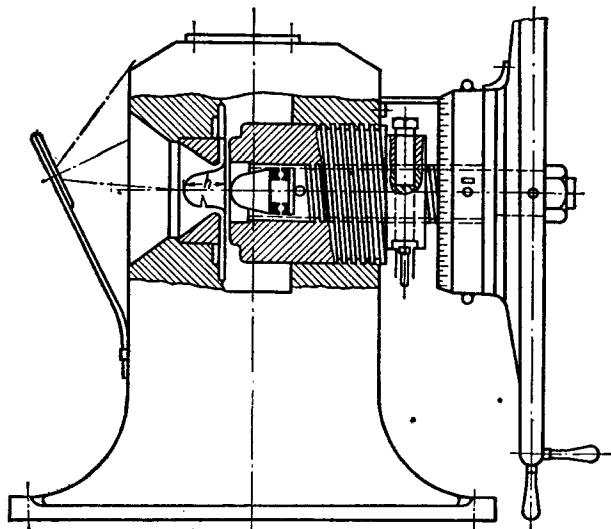
Размеры пуансонов, матрицы и образцов для испытания на глубину выдавливания в мм

Материал	Размер образца	Диаметр пуансона	Диаметр матрицы
Лист и лента шириной свыше 70 мм	Полоса шириной 70 мм или заготовка 70 × 70 мм	20	27
Лента шириной от 30 до 70 мм	Полоса шириной 30 мм или заготовка 30 × 30 мм	14	17

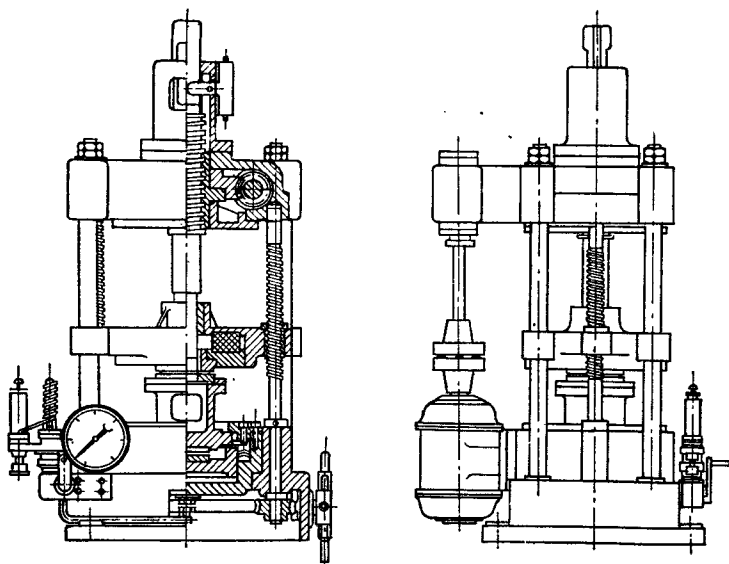
Ручной прибор для испытания на глубину выдавливания изображен на фиг. 317.

Штурвал, расположенный справа, служит для прижима заготовки к вытяжному кольцу и для последующей вытяжки. Зажим образца производится наружным шпинделем, внутри которого помещен второй резьбовой шпиндель, служащий для вытягивания лунки. Разъединение и соединение шпинделей производится посредством винта.

Штурвал снабжен барабаном с микрометрической шкалой, по которой определяется глубина лунки с точностью до одной сотой доли миллиметра. С противоположной стороны прибора укреплено зеркальце для наблюдения за возникновением разрыва образца, после чего должно быть прекращено дальнейшее выдавливание.

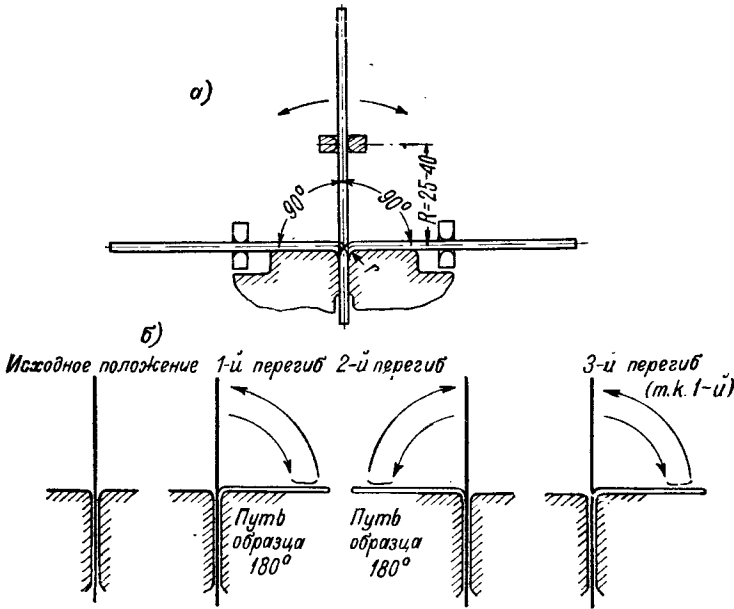


Фиг. 317. Прибор для испытания на глубину выдавливания.



Фиг. 318. Прибор ЦНИИТМАШ для испытания на вытяжку колпачков.

Гидравлический прибор производит такое же испытание на глубину лунки, но отличается тем, что действует гидравлическим давлением на поршень с наконечником и, кроме того, указывает рабочее давление в любой момент вытяжки.



Фиг. 319. Испытание (проба) на перегиб:

а — схема испытания; б — последовательность перегибов.

Выдавливание лунки не совсем соответствует условиям вытяжки в штампах, так как при испытании на этом приборе деформация происходит, главным образом, за счет растяжения металла, в то время как при вытяжке в штампах имеют место радиальное растяжение и тангенциальное сжатие.

Более правильные результаты дает испытание на вытяжку цилиндрического колпачка, наиболее соответствующее условиям операции вытяжки в штампах.

Испытание заключается в пробных вытяжках цилиндрических колпачков из круглых заготовок, измерении давления и определении предельной степени вытяжки

$K = \frac{n}{d}$, при которой произойдет разрыв колпачка. Определение предельного диаметра заготовки и предельной степени вытяжки может быть произведено путем интерполяции по результатам испытания трех образцов, если известен предел прочности металла из испытаний на растяжение [218].

На фиг. 318 показана конструкция прибора для испытания листового металла на вытяжку колпачков, разработанная ЦНИИТМАШ.

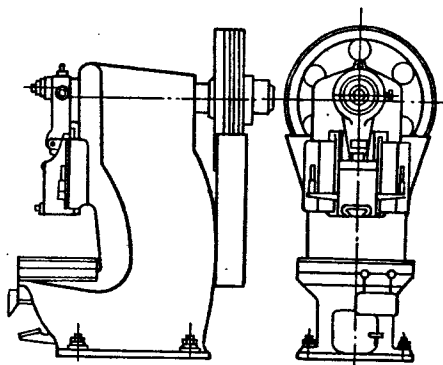
Из других способов технологических испытаний применяется испытание на отбортовку отверстия, а также «проба на перегиб» (ГОСТ 1688 и ГОСТ 1579—42), состоящая в повторных изгибах полоски листового металла, зажатой в губках тисков. Изгиб производится на 90° попеременно, то в правую, то в левую сторону (фиг. 319) до определенного числа перегибов, указанного в технических условиях.

Радиус закругления губок принимается: 2, 4, 6, 8 и 10 мм. Признаком годности образца, выдержавшего испытание, является отсутствие излома, надрывов, трещин и расслоений.

Рекомендуется производить испытание до полного разрушения образца с определением соответствующего числа перегибов.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЕССОВ



Фиг. 1. Пресс с неподвижным столом.

Таблица 1

Техническая характеристика одностоечных кривошипных прессов с неподвижным столом (по ГОСТ 870-51)

Основные параметры		Номинальное усилие пресса в т												
		63	10	16	25	(31,5)	40	(50)	63	80	100	125	160	200
Ход ползуна в мм	Постоянный: наибольший	46	50	56	64	68	72	80	84	92	100	110	120	130
	наименьший	28	30	34	40	42	44	50	52	56	50	66	72	80
	Регулируемый: наибольший	46	50	56	64	68	72	80	84	92	100	110	120	130
	наименьший	10	10	12	16	16	16	20	20	20	20	22	24	30
Число ходов ползуна в минуту	{ прессы быстроходные ¹ не менее	170	145	120	105	105	90	90	80	80	75	75	70	70
	{ прессы тихоходные не менее	—	—	—	—	55	45	45	40	40	38	38	37	35
Регулировка длины шатуна в мм		30	35	45	55	60	65	70	80	90	100	100	120	120
Наибольшее расстояние между столом и ползуном в его нижнем положении при наибольшем ходе в мм		170	185	200	220	240	260	280	300	320	340	360	390	420

¹ Термин „быстроходный“ в данном случае применен в качестве сравнительной характеристики, а не в абсолютном значении, так как существуют более быстроходные прессы. (Астор)

Продолжение табл. 2

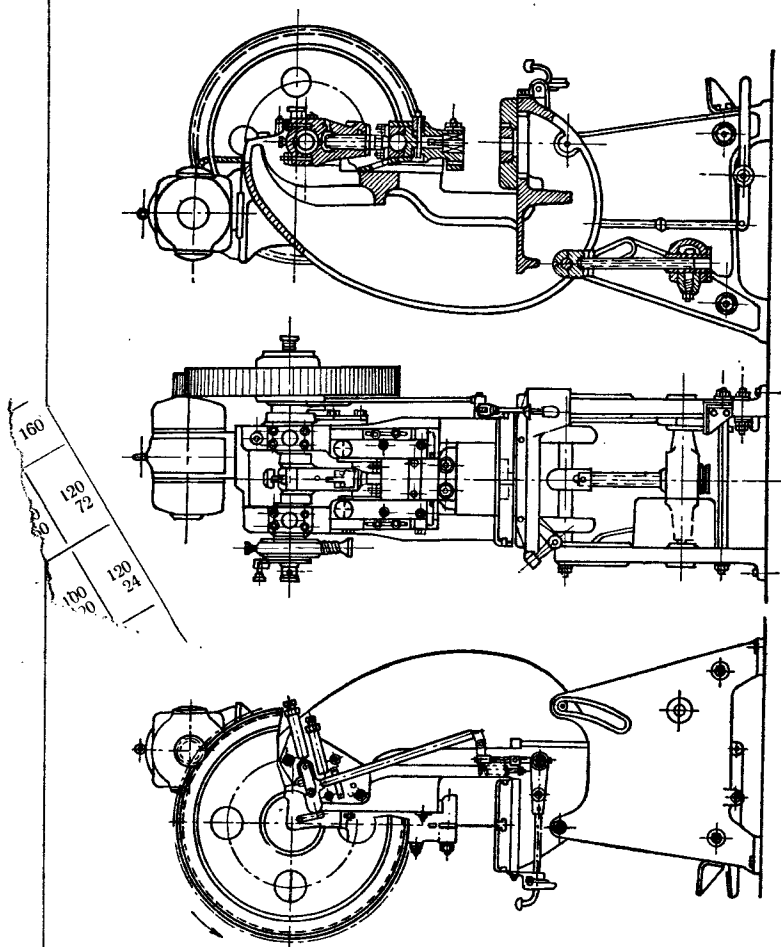
Основные параметры		Номинальное усилие пресса в т				
		25	40	63	100	160
Размеры стола в мм	длина	480	600	720	840	960
	ширина	330	410	490	570	655
Размеры отверстия в столе в мм	ширина	160	200	240	280	320
	длина	240	300	360	420	480
	диаметр	210	260	310	360	420
Размеры отверстия в ползуне для крепления штампа в мм	диаметр	40	50	50	60	75
	глубина	60	70	70	75	85
Расстояние от оси ползуна до станины (вылет) в мм		180	220	260	300	350
Расстояние от оси ползуна до плоскости крепления стола в станине в мм		170	210	250	290	335
Толщина подштамповой плиты в мм		50	65	80	100	125

Примечания: 1. По особому заказу допускается изготовление прессов:

- а) с постоянным ходом;
- б) быстроходных с усилением 125 т и более;
- в) с уменьшенными размерами отверстия в столе;
- г) с увеличенными столами, размерами 1000 × 1500 мм, для прессов с номинальными усилиями 100, 125, 160 и 200 т;
- д) с механизмами автоматических подач и пневматическими подушками.

2. Размеры подштамповой плиты в плане принимаются равными размерам стола для прессов с неподвижным столом.

3. Нормы точности на прессы — по ГОСТ 5658—51.

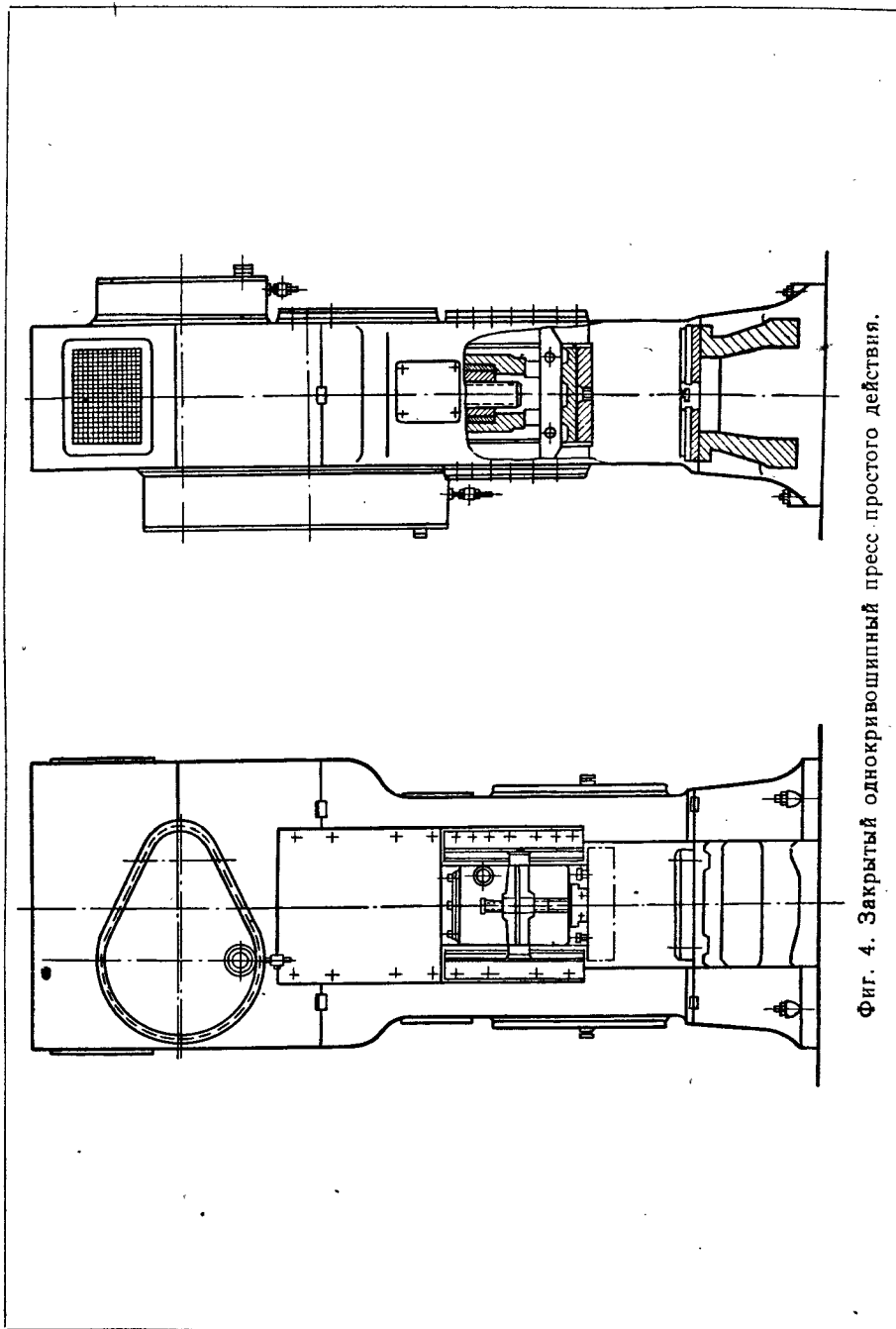


Фиг. 3. Кривошипный наклоняемый пресс 10—15 т.

Таблица 3

Техническая характеристика кривошипных наклоняемых прессов (по ГОСТ 4392-48)

Основные параметры	Номинальное усилие пресса в т									
	6,3	10	16	25	40	63	80	100	125	160
Нормальный ход ползуна в мм	35	45	55	65	80	100	115	130	145	160
Число ходов ползуна в минуту	Прессы:									
	170	145	120	105	90	80	80	80	75	—
Регулировка расстояния между столом и ползуном в мм	90	75	65	55	45	40	40	38	38	37
	30	35	45	55	65	80	90	100	110	120
Размеры отверстия в ползуне для крепления штампа в мм	30	30	40	40	50	50	60	60	60	75
	55	55	60	60	70	70	75	75	75	85
Расстояние от оси ползуна до станины в мм	110	130	160	200	250	310	340	380	430	480
Наибольшее расстояние между столом и ползуном в его нижнем положении при нормальном ходе в мм	150	180	220	270	330	400	440	480	520	570
Расстояние от стола до направляющих в мм	200	230	280	340	420	510	570	630	690	760
Расстояние между стойками станины в свету в мм	150	180	220	270	340	420	470	530	590	660
Размеры стола в мм	310	370	450	560	700	860	970	1080	1210	1360
	200	240	300	370	460	570	640	710	790	900
Размеры отверстия в столе в мм	110	130	160	200	250	310	340	380	430	480
	160	200	240	290	360	450	500	560	620	700
	140	170	210	260	320	400	450	500	550	630
Нормальная толщина подштамповой плиты в мм	30	35	40	50	65	80	90	100	110	125
Угол наклона станины	45°	35°	30°	25°	20°	15°	10°	5°	0°	25°



Фиг. 4. Закрытый однокривошипный пресс простого действия.

Таблица 4

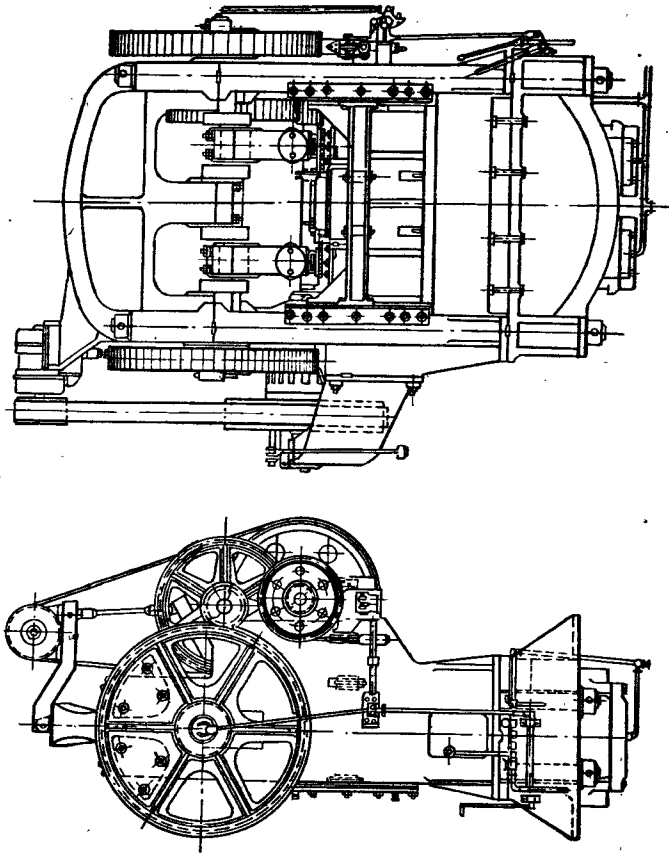
Техническая характеристика закрытых однокрышопиных прессов простого действия (по ГОСТ 4862-49)

Основные параметры	Номинальное усилие пресса в т														
	40	63	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
Ход ползуна в м.м	80	100	130	145	160	170	190	210	230	250	280	310	340	380	430
	180	230	290	320	360	380	420	460	510	560	620	690	770	850	930
Число ходов ползуна в минуту	50	45	40	36	32	30	28	25	23	21	15	13	12	11	10
	—	—	20	18	16	15	14	13	11	10	9	8	7,5	7	6
Наибольшее расстояние между столом и ползуном в его нижнем положении при нормальном ходе в м.м	260	320	400	440	480	520	560	600	650	720	780	850	920	1000	1080
	65	80	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
Регулировка расстояния между столом и ползуном в м.м	430	510	620	670	730	790	850	930	1010	1110	1220	1350	1490	1640	1830
	520	610	740	810	880	950	1020	1120	1210	1330	1460	1500	1790	—	—
Размеры стола в м.м	510	590	690	740	790	840	900	980	1060	1150	1260	1370	1500	1650	1850
	220	280	350	390	430	470	510	560	620	680	760	850	940	1040	1180
Размеры отверстия в столе в м.м	260	340	420	470	520	570	620	670	740	820	910	1020	1130	—	—
	220	280	350	390	430	470	510	560	620	680	760	850	940	1040	1180
Ширина ползуна в м.м не менее	290	360	460	510	560	610	670	730	810	900	990	1110	1230	1370	1540
	320	390	490	540	590	650	710	770	850	910	1040	1150	1270	1410	1580
Расстояние между направляющими в м.м	430	510	640	700	760	820	890	980	1070	1170	1290	1320	1600	—	—
	50	50	60	60	75	75	90	90	110	110	130	130	150	100	180
Размеры отверстия в ползуне для крепежной штампы в м.м	70	70	75	75	85	85	95	95	115	115	125	125	140	150	180
	270	330	410	450	490	530	570	610	670	740	800	870	940	1020	1100
Расстояние от стола до направляющих в м.м	65	80	90	95	105	110	115	120	130	140	155	170	185	200	220
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Нормальная толщина подштамповой плиты в м.м	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечания: 1. По особому заказу допускается изготовление прессов:

- а) с ходом ползуна меньшим нормального или большим увеличенного;
- б) с увеличенными размерами стола;
- в) с уменьшенными размерами отверстий в столе;
- г) с номинальными усилиями свыше 1600 т при условии выбора величин усилий по 1-му ряду нормализованных рядов по ОСТ 3350 редакции 1935 г.;
- д) с пневматическими или гидropневматическими подушками.

2. В случае необходимости конструкции прессов должны предусматривать возможность установки механизмов автоматической подачи.

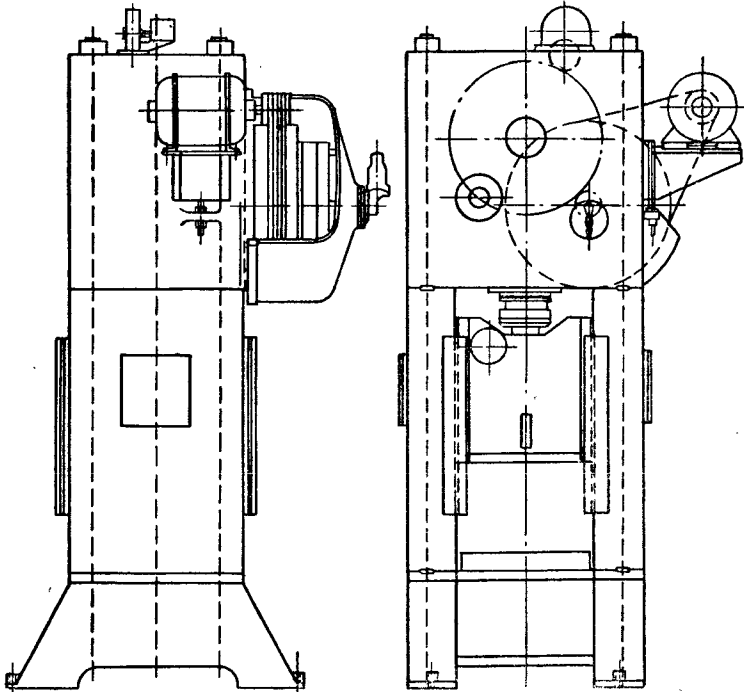


Фиг. 5. Кривошипный двустоечный, двухшатунный пресс.

Таблица 5

Техническая характеристика кривошипных двухшатуновых прессов [127]

Основные параметры	Номинальное усилие пресса в т						
	110	110	150	150	200	300	450
Длина хода ползуна в мм	230	150	300	400	500	600	380
Число ходов ползуна в минуту	37	37	22	17	14	25	10,5
Размер регулирования длины шатуна в мм	90	90	200	90	610	50	152
Расстояние между направляющими в мм	820	1100	2010	1380	1700	—	2226
Размеры стола в мм	920×920	840×1220	1170×2160	1220×1540	1360×1830	700×1000	1270×2225
Размеры отверстий в столе в мм	700×700	540×500	710×800	900×1320	700×750	—	820×840
Расстояние от стола до ползуна в его нижнем положении при минимальной длине шатуна в мм	450	380	815	590	855	490	775
Размеры ползуна в мм	610×780	610×1080	940×1995	565×1370	1000×1680	700×1000	762×2020
Мощность электродвигателя в квт	9,7	9,7	16,5	11,8	22,1	24,5	30
Давление пневматической подушки в т	17,5	—	29,6	25	—	—	55
Ход поршня пневматической подушки в мм	115	—	150	200	175	—	190
Габарит в плане в мм	2150×2735	2150×3035	2570×3400	2400×2900	2950×3200	2350×3000	3215×4640
Наибольшая высота над полом в мм	3920	3800	5400	4650	5840	3150	6600
Вес в т	10,5	11	34,2	27	35,7	30	73,2



Фиг. 6. Двустоечный однокривошипный шестерне-эксцентровый пресс.

Таблица 6

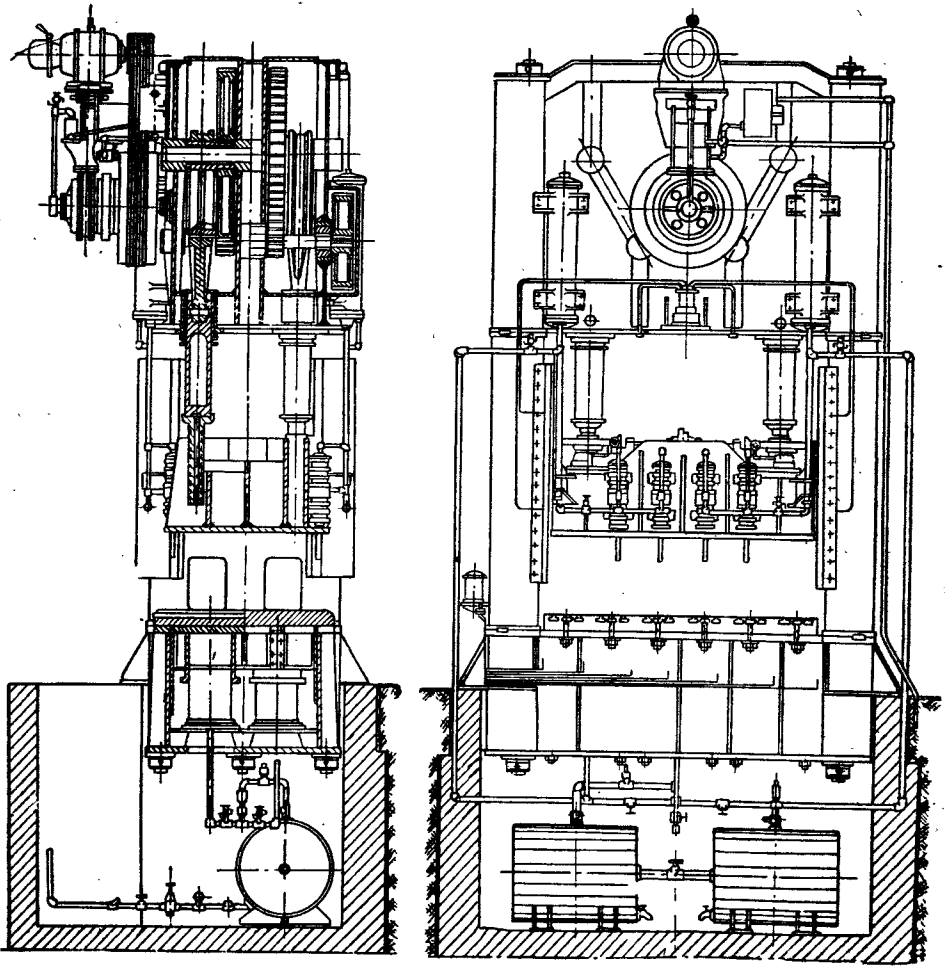
Техническая характеристика двустоечных кривошипных
(шестерне-эксцентровых) прессов [227]

Основные параметры	Номинальное усилие пресса в т									
	90	135	180	270	450	640	900	1800	2700	4500
Расстояние между стойками в свету в мм	560—915	660—915	710—965	760—1070	915—1270	1070—1470	1220—1525	1675	1830	2140
Размеры стола в мм: спереди назад	710	810	915	1015	1220	1370	1525	1675	1830	2140
справа налево	560—915	660—915	710—965	760—1070	915—1270	1070—1470	1220—1525	1675	1830	2140
Размеры (максимального) отверстия в столе в мм: спереди назад	455	560	610	710	860	965	1120	1220	1370	1525
справа налево	380—735	480—735	535—785	585—890	735—1090	890—1295	1015—1320	1450	2600	1900
Размеры ползуна в мм: спереди назад	455	560	610	710	860	965	1120	1220	1370	1525
справа налево	430—785	530—785	580—840	635—940	785—1145	940—1345	1070—1370	1500	1650	1950
Ход ползуна в мм	250—400	300—400	400—500	400—500	500—660	560—760	700—860		900	
Регулировка расстояния от стола до ползуна в мм	200	250	300	350	400					
Число ходов ползуна в минуту	16—45	15—40	13—35	12—35	8—20	7—16	7—13	5—9	5—7	3—5
Мощность электродвигателя в л. с.	7,5	10	20	25	40	50	60	100	125	200

Таблица 7

Техническая характеристика двустоечных двухкривошипных (шестерне-эксцентрикковых) прессов [227]

Основные параметры	Номинальное усилие пресса в т								
	90	135	180	270	450	920	1800	2700	4500
Расстояние между стойками в свету в мм	915—2740	1220—3660	1220—4570	1525—5200	1830—5200	2140—5800	2740—7600	3050—8200	3350—8850
Размеры стола в мм:									
спереди назад	760—1320	810—1525	915—1525	1070—1830	1370—1830	1525—1830	1525—1830	1525—1830	1830—2140
справа налево	915—2740	1220—3660	1220—4570	1525—5200	1830—5200	2140—5800	2740—7600	3050—8200	3350—8850
Размеры отверстия в столе в мм:									
спереди назад	510—1070	560—1270	610—1220	765—1525	1015—1475	1120—1425	1070—1375	1015—1325	1220—1525
справа налево	735—2500	1040—3480	1040—4400	1350—5000	1625—4975	1930—5600	2460—7300	2700—7900	2920—8400
Размеры ползуна в мм:									
спереди назад	560—1320	610—1525	660—1525	810—1830	1070—1830	1220—1830	1220—1830	1220—1830	1525—2140
справа налево	785—2680	1090—3530	1090—4440	1400—5050	1680—5050	1980—5650	2510—7400	2800—7950	3050—8520
Ход ползуна в мм	200—300	300—400	300—450	300—500	350—600	450—760	600—760	760	760
Регулировка расстояния от стола до ползуна в мм	100—300	100—460	150—610	150—610	200—610	200—610	300—610	300—610	300—610
Число ходов ползуна в минуту	16—45	15—40	14—38	12—35	8—15	6—11	5—8	4—7	3—5
Мощность электродвигателя в л. с.	7,5—10	10—15	20—25	25—30	40—50	60—75	100—125	125—150	150—200



Фиг. 7. Четырехкривошипный шестерне-эксцентрикый пресс.

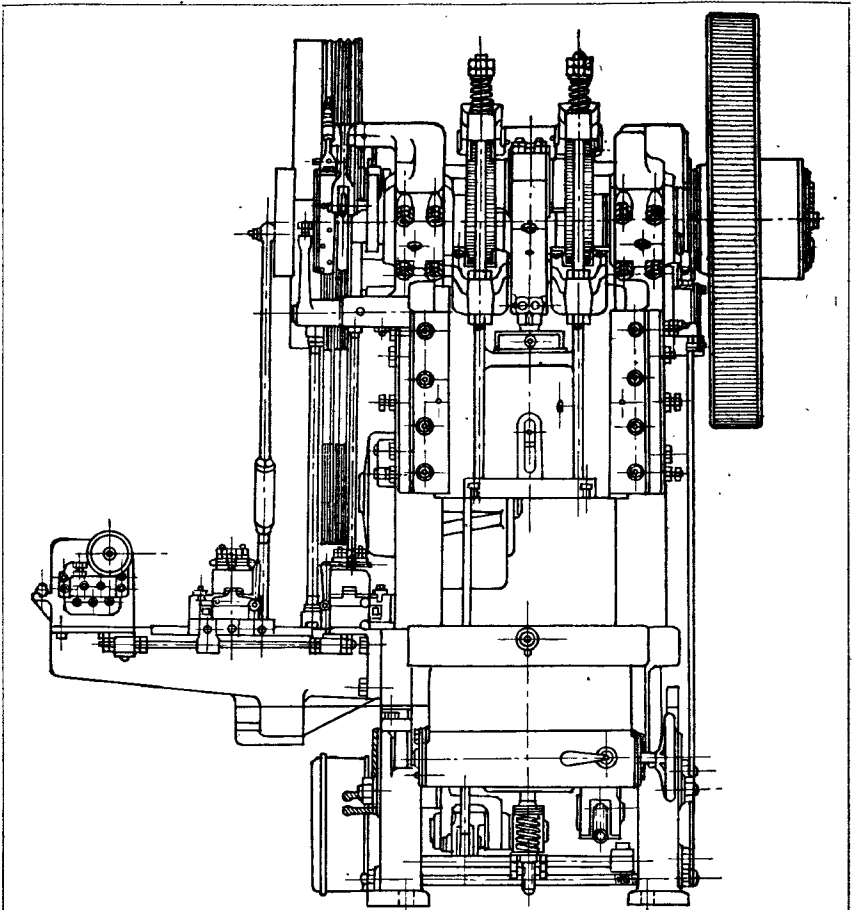
Таблица 8

Техническая характеристика двустоечных четырехкривошипных (шестерне-эксцентриковых) прессов [227]

Основные параметры	Номинальное усилие пресса в т			
	180	270	360	450
Расстояние между стойками в свету в мм	1680—4870	1830—5175	2130—5800	2440—6400
Размеры стола в мм:				
спереди назад	1525—2440	1525—2440	1525—2440	1525—2740
справа налево	1680—4870	1830—5175	2130—5800	2440—6400
Размеры отверстия в столе в мм:				
спереди назад	1220—2140	1220—2140	1170—2080	1170—2390
справа налево	1500—4690	1650—5000	1960—5610	2240—6200
Размеры ползуна в мм:				
спереди назад	1375—2440	1375—2440	1375—2440	1375—2740
справа налево	1550—4750	1700—5050	2000—5660	2290—6250
Ход ползуна в мм	350—500	400—600	500—600	560—660
Регулировка расстояния от стола до ползуна в мм	150—600	150—600	200—600	200—600
Число ходов ползуна в минуту	14—38	12—35	9—18	8—15
Мощность электродвигателя в л. с.	20—25	25—30	25—30	40—50

Продолжение табл. 8

Основные параметры	Номинальное усилие пресса в т				
	640	900	1800	2700	4500
Расстояние между стойками в свету в мм	2740—7000	3050—7600	3960—9450	4260—10060	4570—10700
Размеры стола в мм:					
спереди назад	1830—2740	1830—2740	1830—2740	1830—2740	2140—2740
справа налево	2740—7000	3050—7600	3960—9450	4260—10060	4570—10700
Размеры отверстия в столе в мм:					
спереди назад	1425—2340	1425—2340	1380—2290	1325—2240	1525—2140
справа налево	2540—6800	2840—7400	3680—9160	3930—9720	4130—10300
Размеры ползуна в мм:					
спереди назад	1680—2740	1680—2740	1680—2740	1680—2740	1985—2740
справа налево	2590—6850	2890—7460	3730—9220	4000—9800	4260—10400
Ход ползуна в мм	600—760	660—760	760	760	760
Регулировка расстояния от стола до ползуна в мм	250—600	250—600	300—600	300—600	300—600
Число ходов ползуна в минуту	7—12	6—11	5—8	4—7	3—5
Мощность электродвигателя в л. с.	50—60	60—75	100—125	125—150	150—200

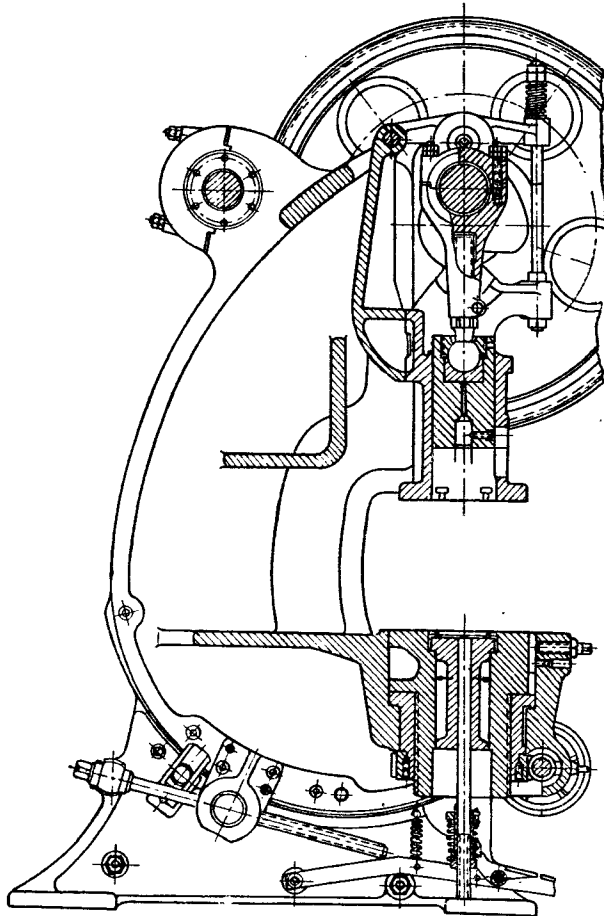


Фиг. 8. Кулачковый пресс двойного действия.

Таблица 9

Техническая характеристика кулачкового пресса двойного действия (ЧМЗ) [128]

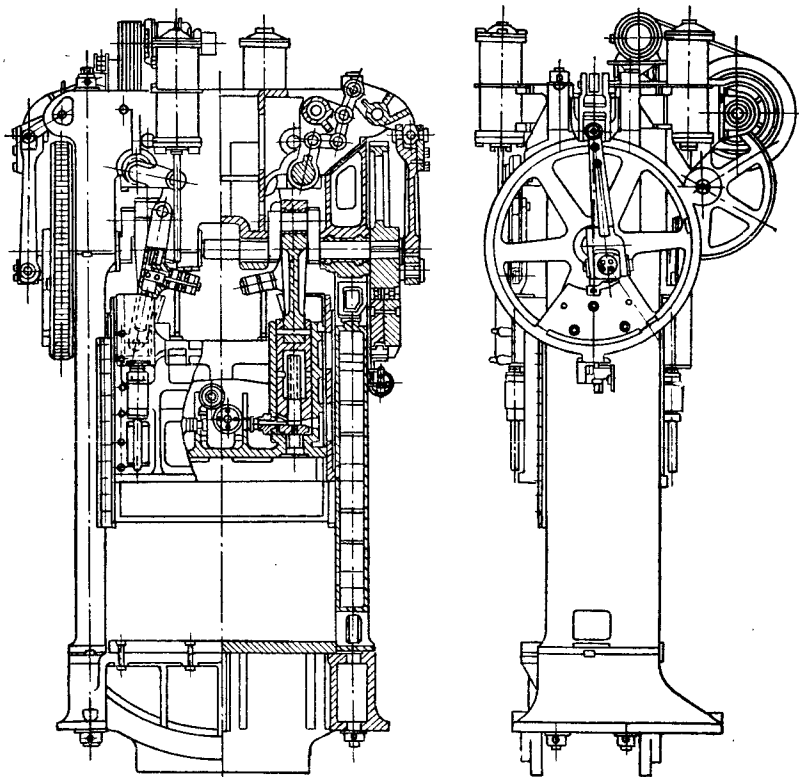
Давление ползуна вытяжки в т	30
Давление ползуна прижима в т	20
Число ходов в минуту	60
Ход ползуна вытяжки в мм	200
Ход ползуна прижима в мм	100
Размер регулирования длины шатуна в мм	75
Размер регулирования высоты стола в мм	50
Ход нижнего выталкивателя в мм	100
Диаметр стола в мм	400
Диаметр отверстия в вытяжном ползуне для крепления пуансона в мм	50
Размер Т-образных пазов в ползуне прижима и столе	под болт М-16
Вылет оси ползунунов от станины в мм	250
Наклон станины в мм	250



Фиг. 8а. Кулачковый пресс двойного действия (разрез).

Продолжение табл. 9

Электродвигатель привода	тип	МА 200 2/6
	мощность в квт	11,8
Габаритные размеры	об/мин.	1000
	высота в мм	2414
	ширина в мм	2143
	длина в мм	1960
Автоматическая подача ленты — механизм клещевого типа с правильным валком		
	Максимальная ширина ленты в мм	200
	Максимальная толщина ленты в мм	2
	Максимальная подача ленты в мм	200

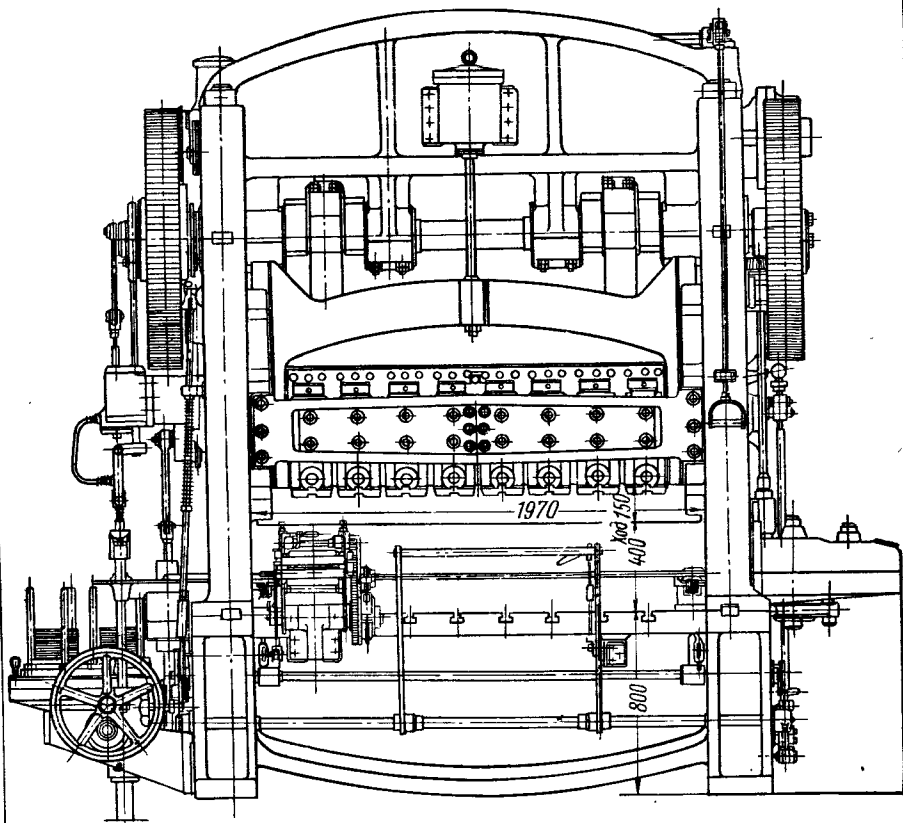


Фиг. 9. Коленно-рычажный пресс двойного действия.

Таблица 10

Техническая характеристика коленно-рычажных прессов двойного действия [128]

Номинальное давление пресса в <i>т</i>	250	450
Давление вытяжного ползуна в <i>т</i>	250	450
Давление прижимного ползуна в <i>т</i>	75	150
Расстояние между стойками в <i>мм</i>	2320	2000
Ход вытяжного ползуна в <i>мм</i>	630	660
Ход прижимного ползуна в <i>мм</i>	430	450
Размер регулирования вытяжного ползуна в <i>мм</i>	500	320
Размер регулирования прижимного ползуна в <i>мм</i>	500	280
Глубина вытяжки (максимальная) в <i>мм</i>	—	320
Площадь рабочего стола (подштамповой плиты) в <i>мм</i>	1550×2500	1950×1700
Расстояние от стола (без подштамповой плиты) до прижимного ползуна в его нижнем положении в <i>мм</i>	1400	1050
То же для вытяжного ползуна в <i>мм</i>	1450	1100
Толщина подштамповой плиты в <i>мм</i>	—	200
Наибольший диаметр вытяжного пуансона в <i>мм</i>	—	850
Наибольшая толщина материала в <i>мм</i>	—	4
Число рабочих ходов ползуна в минуту	8	6
Размеры пресса в плане в <i>мм</i>	1850×3370	4000×4200
Давление воздуха в сети в <i>ат</i>	—	5—6

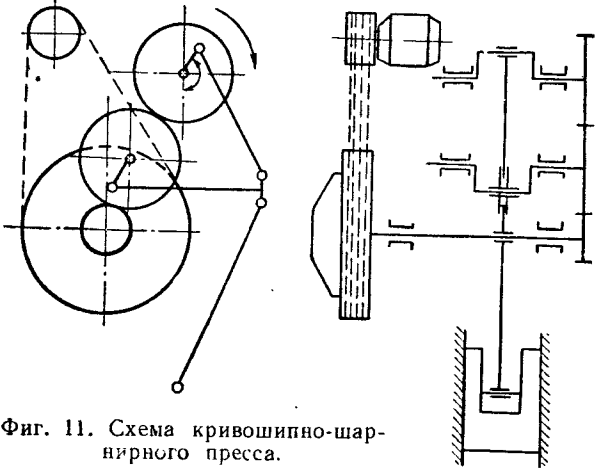


Фиг. 10. Восьмишпindelный пресс-автомат.

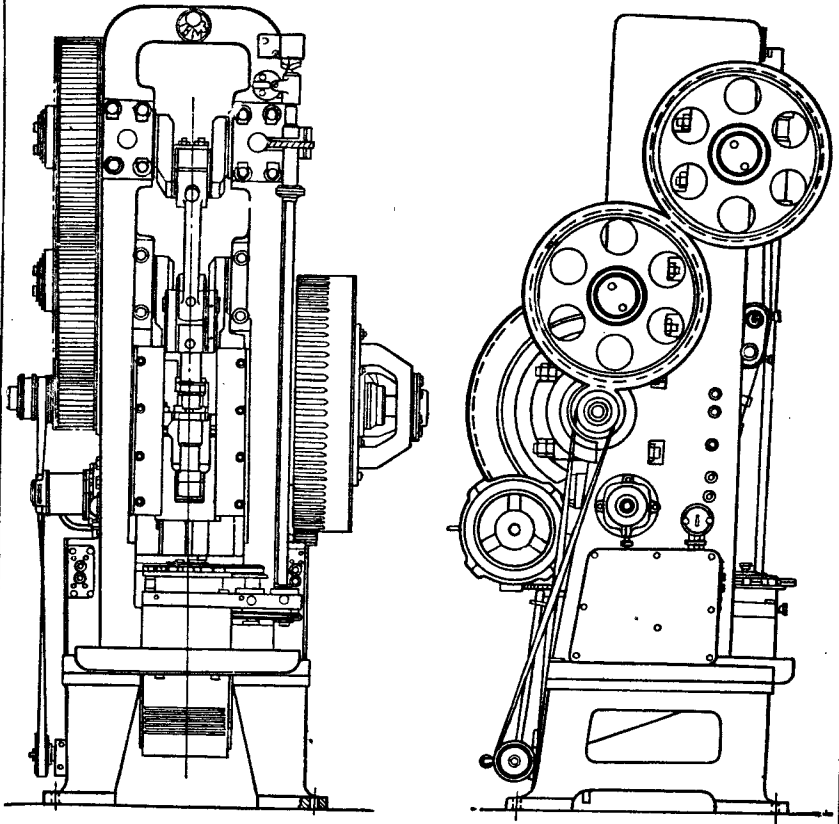
Таблица 11

Техническая характеристика восьмишпindelного пресса-автомата [128]

Максимальное давление в т	120	
Количество шпindelей	8	
Число ходов в минуту	19	
Ход ползуна в мм	150	
Расстояние от стола до низа ползуна в нижнем его положении в мм	400	
Расстояние между центрами шпindelей в мм	210	
Максимальная ширина штампуемой ленты в мм	200	
Расстояние между стойками в мм	1970	
Размеры стола в мм {	700	
ширина	1970	
длина	180	
Размер отверстия в столе в мм	30	
Размер регулирования пуансона в мм	9,7	
Мощность электродвигателя МА-203 1/16 в квт	1000	
Число оборотов двигателя в минуту	3435	
Габаритные размеры в мм {	высота	2280
	ширина	3885
	длина	21,18
Общий вес в т		



Фиг. 11. Схема кривошипно-шарнирного пресса.

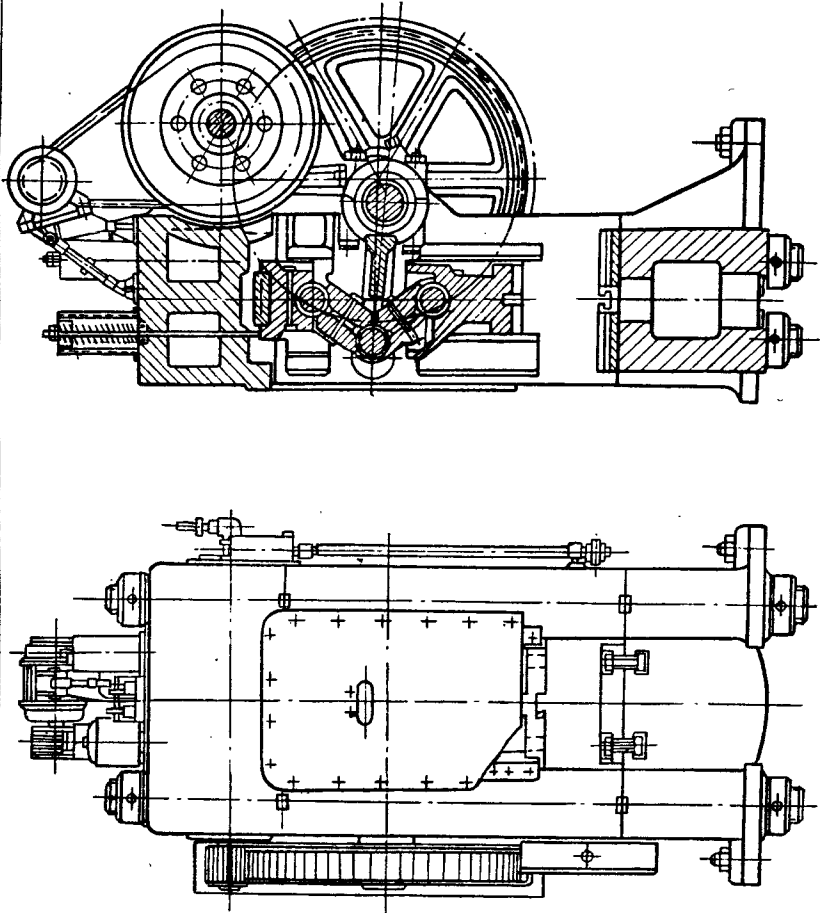


Фиг. 12. Кривошипно-шарнирный пресс Борисова.

Таблица 12

Техническая характеристика кривошипно-шарнирных прессов [128]

Основные параметры	Марки прессов				
	КШ-300	КШ-320	КШ-425А	КШ-460	
Давление в т	30	25	25	20	
Ход ползуна в мм	300	320	425	460	
Число ходов ползуна в минуту	90	60	60	50	
Размер регулирования длины шатуна в мм	40	40	40	40	
Закрытая высота в мм	300	300	300	300	
Размеры нижней площади ползуна в мм	{ длина . . . ширина	100	100	100	100
		230	230	230	230
Размеры стола в мм	{ длина . . . ширина . . .	490	490	490	490
		310	310	310	310
Расстояние от стола до направляющих в мм	315	315	315	315	
Размеры отверстий в ползуне для крепления штампа в мм	{ квадратные . . . круглые	1М 39×3	1М 39×3	1М 39×3	1М 39×3
		∅40	∅40	∅40	∅40
Размеры отверстий в столе в мм	∅150	∅150	∅150	∅150	
Размеры съемной плиты в мм	{ длина . . . ширина . . .	490	490	490	490
		310	310	310	310
Толщина плиты в мм	50	50	50	50	
Диаметр отверстий в съемной плите в мм	32	32	32	32	
Характеристика электродвигателя	{ тип	МА-202 2/4	МА-202 2/4	МА-202 2/4	МА-202 1/6
	{ мощность в квт . . .	17,0	17,0	17,0	25,5
	{ число об/мин.	1460	1460	1460	980
Габаритные размеры в мм	{ длина . . . ширина . . .	1300	1300	1300	1440
		1420	1420	1420	1420
Вес пресса в кг	4550	4550	4550	5100	

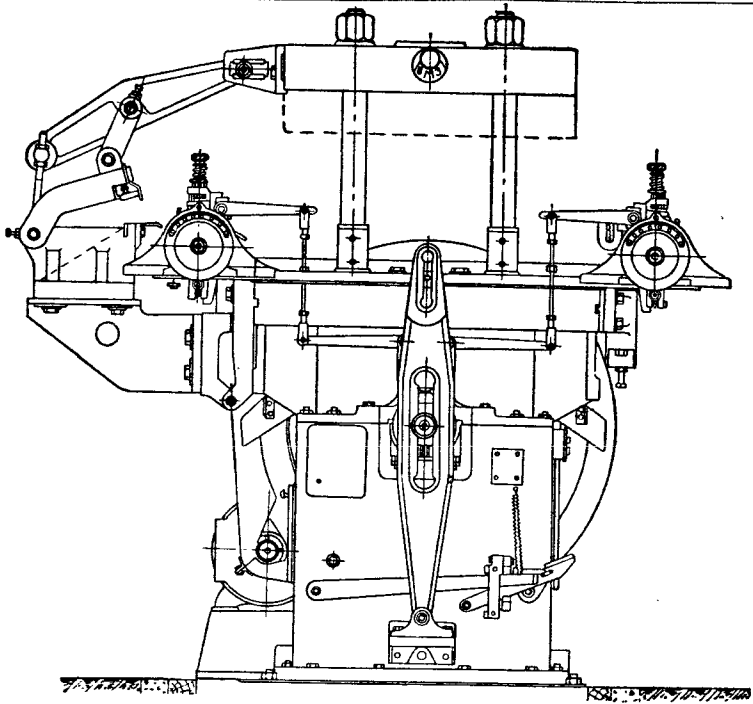


Фиг. 13. Чекалочный пресс.

Таблица 13

Техническая характеристика чекачных кривошипно-коленчатых прессов (по ГОСТ 5884—50)

Основные параметры		Номинальное усилие пресса в кг												
		63	100	160	250	400	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Ход ползуна в мм	нормальный увеличенный	40 90	40 100	45 110	50 120	55 130	60 150	65 160	70 170	80 180	80 190	80 200	90 220	100 250
Число ходов ползуна в минуту	прессы с повышенным числом ходов, не менее	95	90	80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	прессы с нормальным числом ходов, не менее	50	50	50	45	40	35	33	31	29	27	27	25	20
Наибольшее расстояние между столом и ползуном в его нижнем положении при нормальном ходе в мм	нормальное	270	290	320	360	410	470	500	540	580	620	660	700	760
	увеличенное	—	—	—	—	520	590	630	670	710	770	830	880	950
Регулировка расстояния между столом и ползуном в мм		-15										20		
Размеры стола в мм	слева налево	310	370	440	540	660	790	860	930	1010	1120	1300	1400	1500
	нормальные	390	460	550	680	830	990	1070	1160	1260	1400	1550	1700	1900
	увеличенные	310	370	440	540	660	790	860	930	1010	1120	1300	1400	1500
	спереди назад	390	460	550	680	830	990	1070	1160	1260	1400	1550	1700	1900
Размеры отверстий в столе в мм	нормальная, не менее	30	40	50	60	70	90	90	110	110	130	130	130	140
	увеличенная, не менее	160	200	250	320	400	490	530	580	640	710	790	870	960
Ширина ползуна в мм	нормальная, не менее	—	—	—	480	600	730	800	830	960	1070	1130	1300	1450
	увеличенная, не менее	210	260	320	410	510	610	670	730	800	880	1040	1100	1170
Расстояние между направляющими в мм	нормальное, не менее	290	350	430	550	680	830	880	960	1050	1160	1300	1400	1570
	увеличенное, не менее	30	—	40	—	—	50	—	—	60	—	—	—	70
Размеры пазов в ползуне для крепления штампа в мм	влево от оси пресса	45	—	55	—	—	75	—	—	95	—	—	100	—
	вправо от оси пресса	25	—	30	—	—	40	—	—	5	—	—	8	—
	высота	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Расстояние от стола до направляющих в мм	нормальное	280	300	330	370	420	490	520	560	600	640	680	720	780
	увеличенное	—	—	—	—	580	610	650	690	730	790	850	900	970
Нормальная толщина подштамповой плиты в мм	—	70	80	90	100	120	140	150	165	180	195	210	230	260

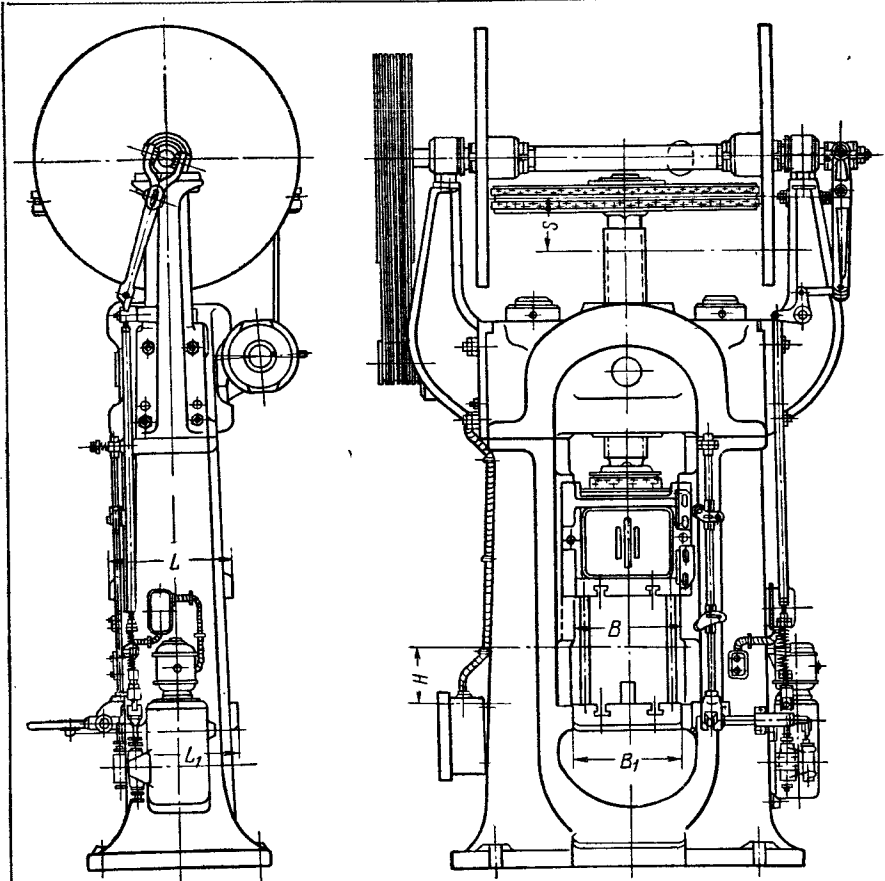


Фиг. 14. Штамповочный пресс-автомат с нижним ходом.

Таблица 14

Техническая характеристика прессов-автоматов с нижним ходом

Давление пресса в конце хода в <i>т</i> . . .	10	25	50	75	100	150
Длина хода ползуна в <i>мм</i>	25	38	50	75	75	75
Размер регулирования длины ползуна в <i>мм</i>	38	50	50	75	75	75
Минимальная длина ползуна в <i>мм</i> . . .	175	250	345	400	400	400
Площадь стола в <i>мм</i>	130×130	170×170	330×330	380×380	350×350	350×350
Площадь ползуна в <i>мм</i>	150×150	200×200	370×370	430×430	410×410	400×400
Отверстие в столе в <i>мм</i>	100×125	130×175	200×325	250×400	250×400	250×400
Число ходов в минуту	350	250	150	125	125	120
Максимальная ширина металла (ленточная подача) в <i>мм</i>	125	170	320	320	320	320
Величина подачи материала (в <i>мм</i>) около	100	170	215	200	200	200
Мощность электродвигателя в <i>л. с.</i> . . .	2	3	7,5	15	20	30

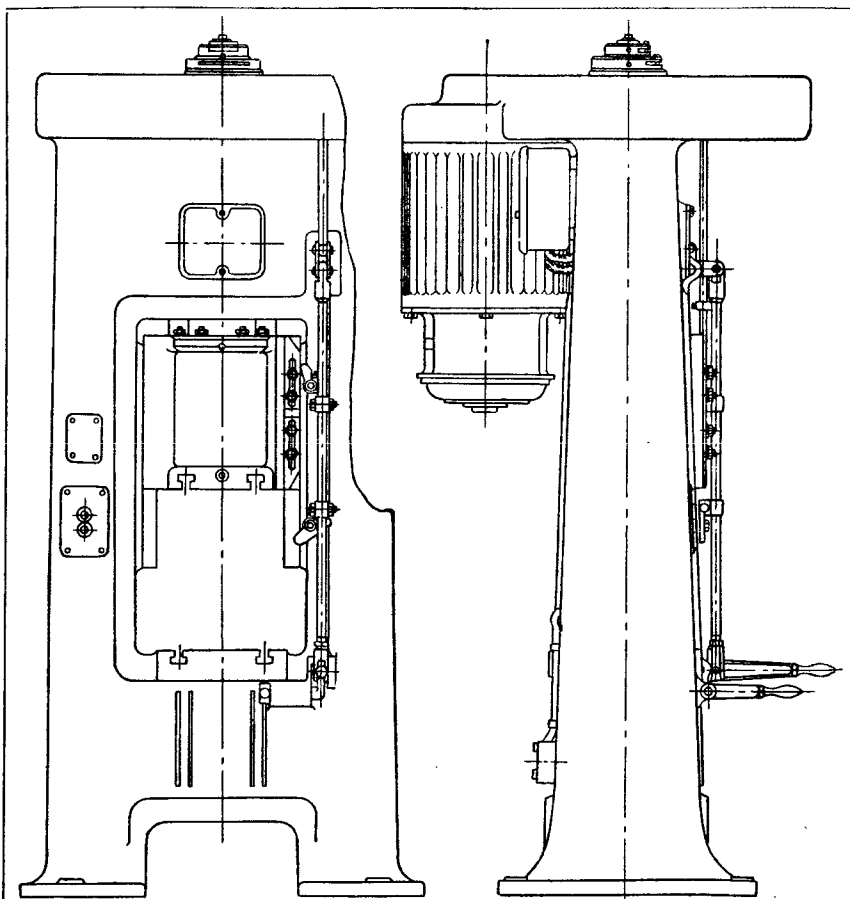


Фиг. 15. Фрикционный винтовой пресс.

Таблица 15

Техническая характеристика винтовых фрикционных прессов (по ГОСТ 713—49)

Основные параметры		Номинальное давление пресса в т						
		40	63	100	160	250	400	630
Кинетическая энергия частей в конце хода (при наибольшем ходе) в кгм, не менее	прессы с повышенным числом ходов	80	160	320	640	1280	2560	5120
	прессы с нормальным числом ходов	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ход ползуна (наибольший) в мм		240	270	310	360	420	500	600
Число ходов ползуна в минуту (при наибольшем ходе), не менее	прессы с повышенным числом ходов	39	34	30	26	23	20	17
	прессы с нормальным числом ходов	25	22	19	17	15	13	11
Расстояние между направляющими в свету в мм, не менее		310	350	400	460	530	670	740
Размер ползуна в мм		320	350	390	440	500	570	660
Размер стола в мм	спереди назад	410	450	500	560	650	750	880
	справа налево	360	400	450	510	580	670	790
Наименьшее расстояние между столом и ползуном в его крайнем нижнем положении (при наибольшем ходе) в мм		170	190	220	260	300	360	430



Фиг. 16. Фрикционный бездисковый пресс.

Таблица 16

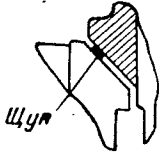
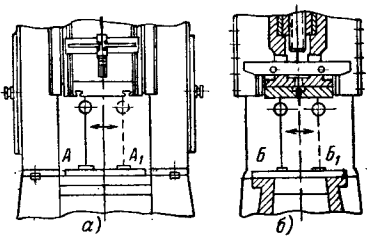
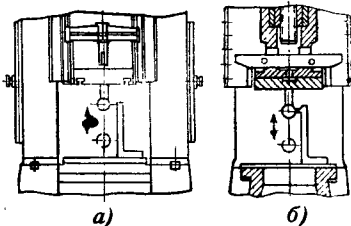
Техническая характеристика фрикционных бездисковых прессов [128]

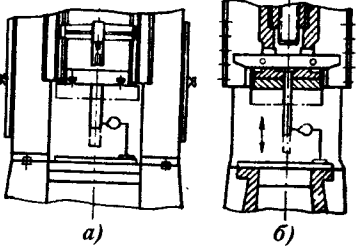
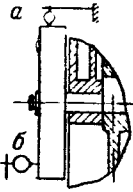
Номинальное давление в <i>т</i>	60	100
Максимальный ход ползуна в <i>мм</i>	225	300
Число полных ходов ползуна в минуту	28	18
Наибольшее расстояние между столом и ползуном в <i>мм</i>	425	500
Расстояние от нижнего края направляющей до стола в <i>мм</i>	240	240
Расстояние между направляющими в <i>мм</i>	340	480
Расстояние между стойками в <i>мм</i>	440	540
Диаметр шпинделя в <i>мм</i>	120	145
Размеры стола в <i>мм</i>	длина	400
	ширина	340
Размеры ползуна в <i>мм</i>	длина	350
	ширина	322
Мощность электродвигателя (ФАД 42/4, $n = 1445$ об/мин.) в <i>квт</i>	5,8	5,8

Таблица 17

НОРМЫ ТОЧНОСТИ

Прессы однокривошипные закрытые простого действия (по ГОСТ 4745—49)

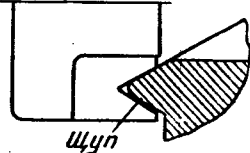
Что проверяется	Нормы точности по техническим условиям	Эскизы																				
Плоскостность поверхности стола	0,08 на длине 1000 мм (допускается только вогнутость)	—																				
Плоскостность нижней поверхности ползуна	0,08 на длине 1000 мм (допускается только вогнутость)	—																				
Зазоры между направляющими ползуна и станины	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Расстояние между направляющими в мм</th> <th colspan="2">Допуск в мм</th> </tr> <tr> <th>наим.</th> <th>наиб.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>До 360</td> <td>0,05</td> <td>0,09</td> </tr> <tr> <td>361—500</td> <td>0,06</td> <td>0,12</td> </tr> <tr> <td>501—750</td> <td>0,08</td> <td>0,16</td> </tr> <tr> <td>751—1000</td> <td>0,10</td> <td>0,20</td> </tr> <tr> <td>Свыше 1000</td> <td>0,15</td> <td>0,25</td> </tr> </tbody> </table> <p>(на обе стороны)</p>	Расстояние между направляющими в мм	Допуск в мм		наим.	наиб.	До 360	0,05	0,09	361—500	0,06	0,12	501—750	0,08	0,16	751—1000	0,10	0,20	Свыше 1000	0,15	0,25	
Расстояние между направляющими в мм	Допуск в мм																					
	наим.	наиб.																				
До 360	0,05	0,09																				
361—500	0,06	0,12																				
501—750	0,08	0,16																				
751—1000	0,10	0,20																				
Свыше 1000	0,15	0,25																				
Параллельность поверхности стола нижней плоскости ползуна	0,04 на длине 300 мм																					
Перпендикулярность хода ползуна плоскости стола	0,04 на длине 150 мм																					

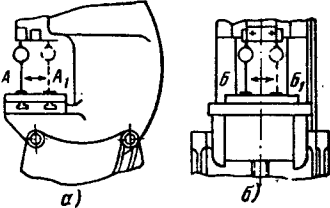
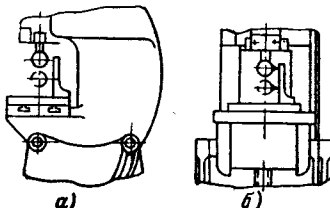
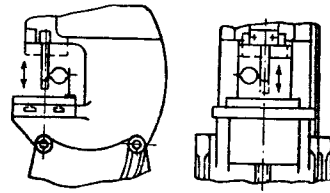
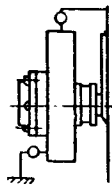
Что проверяется	Нормы точности по техническим условиям	Эскизы														
Параллельность оси отверстия ползуна ходу ползуна	0,05 на длине 200 мм	 <p style="text-align: center;">а) б)</p>														
Биеие маховика при вращении	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th data-bbox="290 547 386 627" rowspan="2">При диаметре маховика в мм</th> <th colspan="2" data-bbox="391 547 535 579">Допуск в мм</th> </tr> <tr> <th data-bbox="391 587 450 627">а</th> <th data-bbox="455 587 535 627">б</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="290 635 386 699">До 1000</td> <td data-bbox="391 635 450 699">0,1</td> <td data-bbox="455 635 535 699">0,2</td> </tr> <tr> <td data-bbox="290 707 386 754">1000—2000</td> <td data-bbox="391 707 450 754">0,15</td> <td data-bbox="455 707 535 754">0,3</td> </tr> <tr> <td data-bbox="290 762 386 802">Свыше 2000</td> <td data-bbox="391 762 450 802">0,2</td> <td data-bbox="455 762 535 802">0,4</td> </tr> </tbody> </table>	При диаметре маховика в мм	Допуск в мм		а	б	До 1000	0,1	0,2	1000—2000	0,15	0,3	Свыше 2000	0,2	0,4	
	При диаметре маховика в мм		Допуск в мм													
		а	б													
	До 1000	0,1	0,2													
1000—2000	0,15	0,3														
Свыше 2000	0,2	0,4														

НОРМЫ ТОЧНОСТИ

Таблица 18

Прессы однокривошипные открытые наклоняемые простого действия
(по ГОСТ 4744—49)

Что проверяется	Нормы точности по техническим условиям	Эскизы																	
Плоскость поверхности стола	0,08 на длине 1000 мм (допускается только вогнутость)	—																	
Плоскость нижней поверхности ползуна	0,08 на длине 1000 мм (допускается только вогнутость)	—																	
Зазоры между направляющими ползуна и станины	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th data-bbox="317 1222 450 1302" rowspan="2">Расстояние между направляющими в мм</th> <th colspan="2" data-bbox="455 1222 599 1254">Допуск в мм</th> </tr> <tr> <th data-bbox="455 1262 524 1302">наим.</th> <th data-bbox="529 1262 599 1302">наиб.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="317 1310 450 1334">До 260</td> <td data-bbox="455 1310 524 1334">0,04</td> <td data-bbox="529 1310 599 1334">0,08</td> </tr> <tr> <td data-bbox="317 1334 450 1358">261—360</td> <td data-bbox="455 1334 524 1358">0,05</td> <td data-bbox="529 1334 599 1358">0,09</td> </tr> <tr> <td data-bbox="317 1358 450 1382">361—500</td> <td data-bbox="455 1358 524 1382">0,06</td> <td data-bbox="529 1358 599 1382">0,12</td> </tr> <tr> <td data-bbox="317 1382 450 1406">Свыше 500</td> <td data-bbox="455 1382 524 1406">0,08</td> <td data-bbox="529 1382 599 1406">0,16</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">(на обе стороны)</p>	Расстояние между направляющими в мм	Допуск в мм		наим.	наиб.	До 260	0,04	0,08	261—360	0,05	0,09	361—500	0,06	0,12	Свыше 500	0,08	0,16	
	Расстояние между направляющими в мм		Допуск в мм																
		наим.	наиб.																
	До 260	0,04	0,08																
	261—360	0,05	0,09																
361—500	0,06	0,12																	
Свыше 500	0,08	0,16																	

Что проверяется	Нормы точности по техническим условиям	Эскизы											
<p>Параллельность поверхности стола нижней плоскости ползуна</p>	<p>а) 0,04 на длине 300 мм (отклонение передней кромки ползуна допускается только вниз); б) 0,03 на длине 300 мм</p>												
<p>Перпендикулярность хода ползуна плоскости стола</p>	<p>а) 0,04 на длине 150 мм (отклонение допускается только в сторону станины) б) 0,03 на длине 150 мм</p>												
<p>Параллельность оси отверстия ползуна ходу ползуна</p>	<p>а) 0,03 на длине 150 мм (отклонение нижнего конца оправки допускается только в сторону станины) б) 0,03 на длине 150 мм</p>												
<p>Биеение маховика при вращении</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">При диаметре маховика в мм</th> <th colspan="2">Допуск в мм</th> </tr> <tr> <th>а</th> <th>б</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>До 1000</td> <td>0,1</td> <td>0,2</td> </tr> <tr> <td>Свыше 1000</td> <td>0,15</td> <td>0,3</td> </tr> </tbody> </table>	При диаметре маховика в мм	Допуск в мм		а	б	До 1000	0,1	0,2	Свыше 1000	0,15	0,3	
При диаметре маховика в мм	Допуск в мм												
	а	б											
До 1000	0,1	0,2											
Свыше 1000	0,15	0,3											

ПРИЛОЖЕНИЕ II

СПРАВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ

Степени, квадратные корни, длины окружности, площади круга

Таблица 19

n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
0	0	0,0000	0,000	0,0000	51	2601	7,1414	160,22	2 042,82
1	1	1,0000	3,142	0,7854	52	2704	7,2111	163,36	2 123,72
2	4	1,4142	6,283	3,1416	53	2809	7,2801	166,50	2 206,18
3	9	1,7321	9,425	7,0686	54	2916	7,3485	169,65	2 290,22
4	16	2,0000	12,57	12,566	55	3025	7,4162	172,79	2 375,83
5	25	2,2361	15,71	19,635					
6	36	2,4495	18,85	28,274	56	3136	7,4833	175,93	2 463,01
7	49	2,6458	21,99	38,485	57	3249	7,5498	179,07	2 551,76
8	64	2,8284	25,13	50,266	58	3364	7,6158	182,21	2 642,08
9	81	3,0000	28,27	63,617	59	3481	7,6811	185,35	2 733,97
10	100	3,1623	31,42	78,540	60	3600	7,7460	188,50	2 827,43
11	121	3,3166	34,56	95,033	61	3721	7,8102	191,64	2 922,47
12	144	3,4641	37,70	113,10	62	3844	7,8740	194,78	3 019,07
13	169	3,6056	40,84	132,73	63	3969	7,9373	197,92	3 117,25
14	196	3,7417	43,98	153,94	64	4096	8,0000	201,06	3 216,99
15	225	3,8730	47,12	176,72	65	4225	8,0623	204,20	3 318,31
16	256	4,0000	50,27	201,06	66	4356	8,1240	207,35	3 421,19
17	289	4,1231	53,41	226,98	67	4489	8,1854	210,49	3 525,65
18	324	4,2426	56,55	254,47	68	4624	8,2462	213,63	3 631,68
19	361	4,3589	59,69	283,53	69	4761	8,3066	216,77	3 739,28
20	400	4,4721	62,83	314,16	70	4900	8,3666	219,91	3 848,45
21	441	4,5826	65,97	346,36	71	5041	8,4261	223,05	3 959,19
22	484	4,6904	69,12	380,13	72	5184	8,4853	226,19	4 071,50
23	529	4,7958	72,26	415,48	73	5329	8,5440	229,34	4 185,39
24	576	4,8990	75,40	452,39	74	5476	8,6023	232,48	4 300,84
25	625	5,0000	78,54	490,87	75	5625	8,6603	235,62	4 417,86
26	676	5,0990	81,68	530,93	76	5776	8,7178	238,76	4 536,46
27	729	5,1962	84,82	572,55	77	5929	8,7750	241,90	4 656,63
28	784	5,2915	87,97	615,75	78	6084	8,8318	245,04	4 778,36
29	841	5,3852	91,11	660,52	79	6241	8,8882	248,19	4 901,67
30	900	5,4772	94,25	706,86	80	6400	8,9443	251,33	5 026,55
31	961	5,5678	97,39	754,77	81	6561	9,0000	254,47	5 153,00
32	1024	5,6569	100,53	804,25	82	6724	9,0554	257,61	5 281,02
33	1089	5,7446	103,67	855,30	83	6889	9,1104	260,75	5 410,61
34	1156	5,8310	106,81	907,92	84	7056	9,1652	263,89	5 541,77
35	1225	5,9161	109,95	962,11	85	7225	9,2195	267,04	5 674,50
36	1296	6,0000	113,09	1 017,88	86	7396	9,2736	270,18	5 808,30
37	1369	6,0928	116,24	1 075,21	87	7569	9,3274	273,32	5 944,68
38	1444	6,1644	119,38	1 134,11	88	7744	9,3808	276,46	6 082,12
39	1521	6,2450	122,52	1 194,59	89	7921	9,4340	279,60	6 221,14
40	1600	6,3246	125,66	1 256,64	90	8100	9,4868	282,74	6 361,73
41	1681	6,4031	128,81	1 320,25	91	8281	9,5394	285,88	6 503,83
42	1764	6,4807	131,95	1 385,44	92	8464	9,5917	289,03	6 647,61
43	1849	6,5574	135,09	1 452,20	93	8649	9,6437	292,17	6 792,91
44	1936	6,6332	138,23	1 520,53	94	8836	9,6954	295,31	6 939,78
45	2025	6,7082	141,37	1 590,43	95	9025	9,7468	298,45	7 088,22
46	2116	6,7823	144,51	1 661,90	96	9216	9,7980	301,59	7 238,23
47	2209	6,8557	147,65	1 734,94	97	9409	9,8489	304,73	7 389,81
48	2304	6,9282	150,80	1 809,56	98	9604	9,8995	307,88	7 542,96
49	2401	7,0000	153,94	1 885,74	99	9801	9,9499	311,02	7 697,69
50	2500	7,0711	157,08	1 963,50	100	10000	10,0000	314,16	7 853,98

Продолжение табл. 19

n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
101	10 201	10,0499	317,30	8 011,85	156	24 336	12,4900	490,09	19 113,4
102	10 404	10,0995	320,44	8 171,28	157	24 649	12,5300	493,23	19 359,3
103	10 609	10,1489	323,58	8 332,29	158	24 964	12,5698	496,37	19 606,7
104	10 816	10,1980	326,73	8 494,87	159	25 281	12,6095	499,51	19 855,7
105	11 025	10,2470	329,87	8 659,01	160	25 600	12,6491	502,65	20 106,2
106	11 236	10,2956	333,01	8 824,73	161	25 921	12,6886	505,80	20 358,3
107	11 449	10,3441	336,15	8 992,02	162	26 244	12,7279	508,94	20 612,0
108	11 664	10,3923	339,29	9 160,88	163	26 569	12,7671	512,08	20 867,2
109	11 881	10,4403	342,43	9 331,32	164	26 896	12,8062	515,22	21 124,1
110	12 100	10,4881	345,58	9 503,32	165	27 225	12,8452	518,36	21 382,5
111	12 321	10,5357	348,72	9 676,89	166	27 556	12,8841	521,50	21 642,4
112	12 544	10,5830	351,86	9 852,03	167	27 889	12,9228	524,65	21 904,0
113	12 769	10,6301	355,00	10 028,7	168	28 224	12,9615	527,79	22 167,1
114	12 996	10,6771	358,14	10 207,0	169	28 561	13,0000	530,93	22 431,8
115	13 225	10,7238	361,28	10 386,9	170	28 900	13,0384	534,07	22 698,0
116	13 456	10,7703	364,42	10 568,3	171	29 241	13,0767	537,21	22 965,8
117	13 689	10,8167	367,57	10 751,3	172	29 584	13,1149	540,35	23 235,2
118	13 924	10,8628	370,71	10 935,9	173	29 929	13,1529	543,50	23 506,2
119	14 161	10,9087	373,85	11 122,0	174	30 276	13,1909	546,64	23 778,7
120	14 400	10,9545	376,99	11 309,7	175	30 625	13,2288	549,78	24 052,8
121	14 641	11,0000	380,13	11 499,0	176	30 976	13,2665	552,92	24 328,5
122	14 884	11,0454	383,27	11 689,9	177	31 329	13,3041	556,06	24 605,7
123	15 129	11,0905	386,42	11 882,3	178	31 684	13,3417	559,20	24 884,6
124	15 376	11,1355	389,56	12 076,3	179	32 041	13,3791	562,35	25 164,9
125	15 625	11,1803	392,70	12 271,8	180	32 400	13,4164	565,49	25 446,9
126	15 876	11,2250	395,84	12 469,0	181	32 761	13,4536	568,63	25 730,4
127	16 129	11,2694	398,98	12 667,7	182	33 124	13,4907	571,77	26 015,5
128	16 384	11,3137	402,12	12 868,0	183	33 489	13,5277	574,91	26 302,4
129	16 641	11,3578	405,27	13 069,8	184	33 856	13,5647	578,05	26 590,2
130	16 900	11,4018	408,41	13 273,2	185	34 225	13,6015	581,19	26 880,3
131	17 161	11,4455	411,55	13 478,2	186	34 596	13,6382	584,34	27 171,6
132	17 424	11,4891	414,69	13 684,8	187	34 969	13,6748	587,48	27 464,6
133	17 689	11,5326	417,83	13 892,9	188	35 344	13,7113	590,62	27 759,1
134	17 956	11,5758	420,97	14 102,6	189	35 721	13,7477	593,76	28 055,2
135	18 225	11,6190	424,12	14 318,9	190	36 100	13,7840	596,90	28 352,9
136	18 496	11,6619	427,26	14 526,7	191	36 481	13,8203	600,04	28 652,1
137	18 769	11,7047	430,40	14 741,1	192	36 864	13,8564	603,19	28 952,9
138	19 044	11,7473	433,54	14 957,1	193	37 249	13,8924	606,33	29 255,3
139	19 321	11,7898	436,68	15 174,7	194	37 636	13,9284	609,47	29 559,2
140	19 600	11,8322	439,82	15 393,8	195	38 025	13,9642	612,61	29 864,8
141	19 881	11,8743	442,96	15 614,5	196	38 416	14,0000	615,75	30 171,9
142	20 164	11,9164	446,11	15 836,8	197	38 809	14,0357	618,89	30 480,5
143	20 449	11,9583	449,25	16 060,6	198	39 204	14,0712	622,04	30 790,7
144	20 736	12,0000	452,39	16 286,0	199	39 601	14,1067	625,18	31 102,6
145	21 025	12,0416	455,53	16 513,0	200	40 000	14,1421	628,32	31 415,9
146	21 316	12,0830	458,67	16 741,5	201	40 401	14,1774	631,46	31 730,9
147	21 609	12,1244	461,81	16 971,7	202	40 804	14,2127	634,60	32 047,4
148	21 904	12,1655	464,96	17 203,4	203	41 209	14,2478	637,74	32 365,5
149	22 201	12,2066	468,10	17 436,6	204	41 616	14,2829	640,88	32 685,1
150	22 500	12,2474	471,24	17 671,5	205	42 025	14,3178	644,03	33 006,4
151	22 801	12,2882	474,38	17 907,9	206	42 436	14,3527	647,17	33 329,2
152	23 104	12,3288	477,52	18 145,8	207	42 849	14,3875	650,31	33 653,5
153	23 409	12,3693	480,66	18 385,4	208	43 264	14,4222	653,45	33 979,5
154	23 716	12,4097	483,81	18 626,5	209	43 681	14,4568	656,59	34 307,0
155	24 025	12,4499	486,95	18 869,2	210	44 100	14,4914	659,73	34 636,1

n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
211	44 521	14,5258	662,88	34 966,7	266	70 756	16,3095	835,66	55 571,6
212	44 944	14,5602	666,02	35 298,9	267	71 289	16,3401	838,81	55 990,2
213	45 369	14,5945	669,16	35 632,7	268	71 824	16,3707	841,95	56 410,4
214	45 796	14,6287	672,30	35 968,1	269	72 361	16,4012	845,09	56 832,2
215	46 225	14,6629	675,44	36 305,0	270	72 900	16,4317	848,23	57 255,5
216	46 656	14,6969	678,58	36 643,5	271	73 441	16,4621	851,37	57 680,4
217	47 089	14,7309	681,73	36 983,6	272	73 984	16,4924	854,51	58 106,9
218	47 524	14,7648	684,87	37 325,3	273	74 529	16,5227	857,65	58 534,9
219	47 961	14,7986	688,01	37 668,5	274	75 076	16,5529	860,80	58 964,6
220	48 400	14,8324	691,15	38 013,3	275	75 625	16,5831	863,94	59 395,7
221	48 841	14,8661	694,29	38 359,6	276	76 176	16,6132	867,08	59 828,5
222	49 284	14,8997	697,43	38 707,6	277	76 729	16,6433	870,22	60 262,8
223	49 729	14,9332	700,58	39 057,1	278	77 284	16,6733	873,36	60 698,7
224	50 176	14,9666	703,72	39 408,1	279	77 841	16,7033	876,50	61 136,2
225	50 625	15,0000	706,86	39 760,8	280	78 400	16,7332	879,65	61 575,2
226	51 076	15,0333	710,00	40 115,0	281	78 961	16,7631	882,79	62 015,8
227	51 529	15,0665	713,14	40 470,8	282	79 524	16,7929	885,93	62 458,0
228	51 984	15,0997	716,28	40 828,1	283	80 089	16,8226	889,07	62 901,8
229	52 441	15,1327	719,42	41 187,1	284	80 656	16,8523	892,21	63 347,1
230	52 900	15,1658	722,57	41 547,6	285	81 225	16,8819	895,35	63 794,0
231	53 361	15,1987	725,71	41 909,6	286	81 796	16,9115	898,50	64 242,4
232	53 824	15,2315	728,85	42 273,3	287	82 369	16,9411	901,64	64 692,5
233	54 289	15,2643	731,99	42 638,5	288	82 944	16,9706	904,78	65 144,1
234	54 756	15,2971	735,13	43 005,3	289	83 521	17,0000	907,92	65 597,2
235	55 225	15,3297	738,27	43 373,6	290	84 100	17,0294	911,06	66 052,0
236	55 696	15,3623	741,42	43 743,5	291	84 681	17,0587	914,20	66 508,3
237	56 169	15,3948	744,56	44 115,0	292	85 264	17,0880	917,36	66 966,2
238	56 644	15,4272	747,70	44 488,1	293	85 849	17,1172	920,49	67 425,6
239	57 121	15,4596	750,84	44 862,7	294	86 436	17,1464	923,63	67 886,7
240	57 600	15,4919	753,98	45 238,9	295	87 025	17,1756	926,77	68 349,3
241	58 081	15,5242	757,12	45 616,7	296	87 616	17,2047	929,91	68 813,4
242	58 564	15,5563	760,27	45 996,1	297	88 209	17,2337	933,05	69 279,2
243	59 049	15,5885	763,41	46 377,0	298	88 804	17,2627	936,19	69 746,5
244	59 536	15,6205	766,55	46 759,5	299	89 401	17,2916	939,34	70 215,4
245	60 025	15,6525	769,69	47 143,5	300	90 000	17,3205	942,48	70 685,8
246	60 516	15,6844	772,83	47 529,2	301	90 601	17,3494	945,62	71 157,9
247	61 009	15,7162	775,97	47 916,4	302	91 204	17,3781	948,76	71 631,5
248	61 504	15,7480	779,11	48 305,1	303	91 809	17,4069	951,90	72 106,6
249	62 001	15,7797	782,25	48 695,5	304	92 416	17,4356	955,04	72 583,4
250	62 500	15,8114	785,40	49 087,4	305	93 025	17,4642	958,19	73 061,7
251	63 001	15,8430	788,54	49 480,9	306	93 636	17,4929	961,33	73 541,5
252	63 504	15,8745	791,68	49 875,9	307	94 249	17,5214	964,47	74 023,0
253	64 009	15,9060	794,82	50 272,6	308	94 864	17,5499	967,61	74 506,0
254	64 516	15,9374	797,96	50 670,7	309	95 481	17,5784	970,75	74 990,6
255	65 025	15,9687	801,11	51 070,5	310	96 100	17,6068	973,89	75 476,8
256	65 536	16,0000	804,25	51 471,9	311	96 721	17,6352	977,04	75 964,5
257	66 049	16,0312	807,39	51 874,8	312	97 344	17,6635	980,18	76 453,8
258	66 564	16,0624	810,53	52 279,2	313	97 969	17,6918	983,32	76 944,7
259	67 081	16,0935	813,67	52 685,3	314	98 596	17,7200	986,46	77 437,1
260	67 600	16,1245	816,81	53 092,9	315	99 225	17,7482	989,60	77 931,1
261	68 121	16,1555	819,96	53 502,1	316	99 856	17,7764	992,74	78 426,7
262	68 644	16,1864	823,10	53 912,9	317	100 489	17,8045	995,88	78 923,9
263	69 169	16,2173	826,24	54 325,2	318	101 124	17,8326	999,03	79 422,6
264	69 696	16,2481	829,38	54 739,1	319	101 761	17,8606	1002,2	79 922,9
265	70 225	16,2788	832,52	55 154,6	320	102 400	17,8885	1005,3	80 424,8

Продолжение табл. 19

n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
321	103 041	17,9165	1008,5	80 928,2	376	141 376	19,3907	1181,2	111 036
322	103 684	17,9444	1011,6	81 433,2	377	142 129	19,4165	1184,4	111 628
323	104 329	17,9722	1014,7	81 939,8	378	142 884	19,4422	1187,5	112 221
324	104 976	18,0000	1017,9	82 448,0	379	143 641	19,4679	1190,7	112 815
325	105 625	18,0278	1021,0	82 957,7	380	144 400	19,4936	1193,8	113 411
326	106 276	18,0555	1024,2	83 469,0	381	145 161	19,5192	1196,9	114 009
327	106 929	18,0831	1027,3	83 981,8	382	145 924	19,5448	1200,1	114 608
328	107 584	18,1108	1030,4	84 496,3	383	146 689	19,5704	1203,2	115 209
329	108 241	18,1384	1033,6	85 012,3	384	147 456	19,5959	1206,4	115 812
330	108 900	18,1659	1036,7	85 529,9	385	148 225	19,6214	1209,5	116 416
331	109 561	18,1934	1039,9	86 049,0	386	148 996	19,6469	1212,7	117 021
332	110 224	18,2209	1043,0	86 569,7	387	149 769	19,6723	1215,8	117 628
333	110 889	18,2483	1046,2	87 092,0	388	150 544	19,6977	1218,9	118 237
334	111 556	18,2757	1049,3	87 615,9	389	151 321	19,7231	1222,1	118 847
335	112 225	18,3030	1052,4	88 141,3	390	152 100	19,7484	1225,2	119 459
336	112 896	18,3303	1055,6	88 668,3	391	152 881	19,7737	1228,4	120 072
337	113 569	18,3576	1058,7	89 196,9	392	153 664	19,7990	1231,5	120 687
338	114 244	18,3848	1061,9	89 727,0	393	154 449	19,8242	1234,6	121 304
339	114 921	18,4120	1065,0	90 258,7	394	155 236	19,8494	1237,8	121 921
340	115 600	18,4391	1068,1	90 792,0	395	156 025	19,8746	1240,9	122 542
341	116 281	18,4662	1071,3	91 326,9	396	156 816	19,8997	1244,1	123 163
342	116 964	18,4932	1074,4	91 863,3	397	157 609	19,9249	1247,2	123 786
343	117 649	18,5203	1077,6	92 401,3	398	158 404	19,9499	1250,4	124 410
344	118 336	18,5472	1080,7	92 940,9	399	159 201	19,9750	1253,5	125 036
345	119 025	18,5742	1083,8	93 482,0	400	160 000	20,0000	1256,6	125 664
346	119 716	18,6011	1087,0	94 024,7	401	160 801	20,0250	1259,8	126 293
347	120 409	18,6279	1090,1	94 569,0	402	161 604	20,0499	1262,9	126 923
348	121 104	18,6548	1093,3	95 114,9	403	162 409	20,0749	1266,1	127 556
349	121 801	18,6815	1096,4	95 662,3	404	163 216	20,0998	1269,2	128 190
350	122 500	18,7083	1099,6	96 211,3	405	164 025	20,1246	1272,3	128 825
351	123 201	18,7350	1102,7	96 761,8	406	164 836	20,1494	1275,5	129 462
352	123 904	18,7617	1105,8	97 314,0	407	165 649	20,1742	1278,6	130 100
353	124 609	18,7883	1109,0	97 867,7	408	166 464	20,1990	1281,8	130 741
354	125 316	18,8149	1112,1	98 423,0	409	167 281	20,2237	1284,9	131 382
355	126 025	18,8414	1115,3	98 979,8	410	168 100	20,2485	1288,1	132 025
356	126 736	18,8680	1118,4	99 538,2	411	168 921	20,2731	1291,2	132 670
357	127 449	18,8944	1121,5	100 098	412	169 744	20,2978	1294,3	133 317
358	128 164	18,9209	1124,7	100 660	413	170 569	20,3224	1297,5	133 965
359	128 881	18,9473	1127,8	101 223	414	171 396	20,3470	1300,6	134 614
360	129 600	18,9737	1131,0	101 788	415	172 225	20,3715	1303,8	135 265
361	130 321	19,0000	1134,1	102 354	416	173 056	20,3961	1306,9	135 918
362	131 044	19,0263	1137,3	102 922	417	173 889	20,4206	1310,0	136 572
363	131 769	19,0526	1140,4	103 491	418	174 724	20,4450	1313,2	137 228
364	132 496	19,0788	1143,5	104 062	419	175 561	20,4695	1316,3	137 885
365	133 225	19,1050	1146,7	104 635	420	176 400	20,4939	1319,5	138 544
366	133 956	19,1311	1149,8	105 209	421	177 241	20,5183	1322,6	139 205
367	134 689	19,1572	1153,0	105 785	422	178 084	20,5426	1325,8	139 867
368	135 424	19,1833	1156,1	106 362	423	178 929	20,5670	1328,9	140 531
369	136 161	19,2094	1159,2	106 941	424	179 776	20,5913	1332,0	141 196
370	136 900	19,2354	1162,4	107 521	425	180 625	20,6155	1335,2	141 863
371	137 641	19,2614	1165,5	108 103	426	181 476	20,6398	1338,3	142 531
372	138 384	19,2873	1168,7	108 687	427	182 329	20,6640	1341,5	143 201
373	139 129	19,3132	1171,8	109 272	428	183 184	20,6882	1344,6	143 872
374	139 876	19,3391	1175,0	109 858	429	184 041	20,7123	1347,7	144 545
375	140 625	19,3649	1178,1	110 447	430	184 900	20,7364	1350,9	145 220

n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
431	185 761	20,7605	1354,0	145 896	486	236 196	22,0454	1526,8	185 508
432	186 624	20,7846	1357,2	146 574	487	237 169	22,0631	1530,0	186 272
433	187 489	20,8087	1360,3	147 254	488	238 144	22,0907	1533,1	187 038
434	188 356	20,8327	1363,5	147 934	489	239 121	22,1133	1536,2	187 805
435	189 225	20,8567	1366,6	148 617	490	240 100	22,1359	1539,4	188 574
436	190 096	20,8806	1369,7	149 301	491	241 081	22,1585	1542,5	189 345
437	190 969	20,9045	1372,9	149 987	492	242 064	22,1811	1545,7	190 117
438	191 844	20,9284	1376,0	150 674	493	243 049	22,2036	1548,8	190 890
439	192 721	20,9523	1379,2	151 363	494	244 036	22,2261	1551,9	191 665
440	193 600	20,9762	1382,3	152 053	495	245 025	22,2486	1555,1	192 442
441	194 481	21,0000	1385,4	152 745	496	246 016	22,2711	1558,2	193 221
442	195 364	21,0238	1388,6	153 439	497	247 009	22,2935	1561,4	194 000
443	196 249	21,0476	1391,7	154 134	498	248 004	22,3159	1564,5	194 782
444	197 136	21,0713	1394,9	154 830	499	249 001	22,3383	1567,7	195 565
445	198 025	21,0950	1398,0	155 528	500	250 000	22,3607	1570,8	196 350
446	198 916	21,1187	1401,2	156 228	501	251 001	22,3830	1573,9	197 136
447	199 809	21,1424	1404,3	156 930	502	252 004	22,4054	1577,1	197 923
448	200 704	21,1660	1407,4	157 633	503	253 009	22,4277	1580,2	198 713
449	201 601	21,1896	1410,6	158 337	504	254 016	22,4499	1583,4	199 504
450	202 500	21,2132	1413,7	159 043	505	255 025	22,4722	1586,5	200 296
451	203 401	21,2368	1416,9	159 751	506	256 036	22,4944	1589,6	201 090
452	204 304	21,2603	1420,0	160 460	507	257 049	22,5167	1592,8	201 886
453	205 209	21,2838	1423,1	161 171	508	258 064	22,5389	1595,9	202 683
454	206 116	21,3073	1426,3	161 883	509	259 081	22,5610	1599,1	203 482
455	207 025	21,3307	1429,4	162 597	510	260 100	22,5832	1602,2	204 282
456	207 936	21,3542	1432,6	163 313	511	261 121	22,6053	1605,4	205 084
457	208 849	21,3776	1435,7	164 030	512	262 144	22,6274	1608,5	205 887
458	209 764	21,4009	1438,8	164 748	513	263 169	22,6495	1611,6	206 692
459	210 681	21,4243	1442,0	165 468	514	264 196	22,6716	1614,8	207 499
460	211 600	21,4476	1445,1	166 190	515	265 225	22,6936	1617,9	208 307
461	212 521	21,4709	1448,3	166 914	516	266 256	22,7156	1621,1	209 117
462	213 444	21,4942	1451,4	167 639	517	267 289	22,7376	1624,2	209 928
463	214 369	21,5174	1454,6	168 365	518	268 324	22,7596	1627,3	210 741
464	215 296	21,5407	1457,7	169 093	519	269 361	22,7816	1630,5	211 556
465	216 225	21,5639	1460,8	169 823	520	270 400	22,8035	1633,6	212 372
466	217 156	21,5870	1464,0	170 554	521	271 441	22,8254	1636,8	213 189
467	218 089	21,6102	1467,1	171 287	522	272 484	22,8473	1639,9	214 008
468	219 024	21,6333	1470,3	172 021	523	273 529	22,8692	1643,1	214 829
469	219 961	21,6564	1473,4	172 757	524	274 576	22,8910	1646,2	215 651
470	220 900	21,6795	1476,5	173 494	525	275 625	22,9129	1649,3	216 475
471	221 841	21,7025	1479,7	174 234	526	276 676	22,9347	1652,5	217 301
472	222 784	21,7256	1482,8	174 974	527	277 729	22,9565	1655,6	218 128
473	223 729	21,7486	1486,0	175 716	528	278 784	22,9783	1658,8	218 956
474	224 676	21,7715	1489,1	176 460	529	279 841	23,0000	1661,9	219 787
475	225 625	21,7945	1492,3	177 205	530	280 900	23,0217	1665,0	220 618
476	226 576	21,8174	1495,4	177 952	531	281 961	23,0434	1668,2	221 452
477	227 529	21,8403	1498,5	178 701	532	283 024	23,0651	1671,3	222 287
478	228 484	21,8632	1501,7	179 451	533	284 089	23,0868	1674,5	223 123
479	229 441	21,8861	1504,8	180 203	534	285 156	23,1084	1677,6	223 961
480	230 400	21,9089	1508,0	180 956	535	286 225	23,1301	1680,8	224 801
481	231 361	21,9317	1511,1	181 711	536	287 296	23,1517	1683,9	225 642
482	232 324	21,9545	1514,2	182 467	537	288 369	23,1733	1687,0	226 484
483	233 289	21,9773	1517,4	183 225	538	289 444	23,1948	1690,2	227 329
484	234 256	22,0000	1520,5	183 984	539	290 521	23,2164	1693,3	228 175
485	235 225	22,0227	1523,7	184 745	540	291 600	23,2379	1696,5	229 022

Продолжение табл. 19

n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
541	292 681	23,2594	1699,6	229 871	596	355 216	24,4131	1872,4	278 986
542	293 764	23,2809	1702,7	230 722	597	356 409	24,4336	1875,5	279 923
543	294 849	23,3024	1705,9	231 574	598	357 604	24,4540	1878,7	280 862
544	295 936	23,3238	1709,0	232 428	599	358 801	24,4745	1881,8	281 802
545	297 025	23,3452	1712,2	233 283	600	360 000	24,4949	1885,0	282 743
546	298 116	23,3666	1715,3	234 140	601	361 201	24,5153	1888,1	283 687
547	299 209	23,3880	1718,5	234 998	602	362 404	24,5357	1891,2	284 631
548	300 304	23,4094	1721,6	235 858	603	363 609	24,5561	1894,4	285 578
549	301 401	23,4307	1724,7	236 720	604	364 816	24,5764	1897,5	286 526
550	302 500	23,4521	1727,9	237 583	605	366 025	24,5967	1900,7	287 475
551	303 601	23,4734	1731,0	238 448	606	367 236	24,6171	1903,8	288 426
552	304 704	23,4947	1734,2	239 314	607	368 449	24,6374	1906,9	289 379
553	305 809	23,5160	1737,3	240 182	608	369 664	24,6577	1910,1	290 333
554	306 916	23,5372	1740,4	241 051	609	370 881	24,6779	1913,2	291 289
555	308 025	23,5584	1743,6	241 922	610	372 100	24,6982	1916,4	292 247
556	309 136	23,5797	1746,7	242 795	611	373 321	24,7184	1919,5	293 206
557	310 249	23,6008	1749,9	243 669	612	374 544	24,7386	1922,7	294 166
558	311 364	23,6220	1753,0	244 545	613	375 769	24,7588	1925,8	295 128
559	312 481	23,6432	1756,2	245 422	614	376 996	24,7790	1928,9	296 092
560	313 600	23,6643	1759,3	246 301	615	378 225	24,7992	1932,1	297 057
561	314 721	23,6854	1762,4	247 181	616	379 456	24,8193	1935,2	298 024
562	315 844	23,7065	1765,6	248 063	617	380 689	24,8395	1938,4	298 992
563	316 969	23,7276	1768,7	248 947	618	381 924	24,8596	1941,5	299 962
564	318 096	23,7487	1771,9	249 832	619	383 161	24,8797	1944,7	300 934
565	319 225	23,7697	1775,0	250 719	620	384 400	24,8998	1947,8	301 907
566	320 356	23,7908	1778,1	251 607	621	385 641	24,9199	1950,9	302 882
567	321 489	23,8118	1781,3	252 497	622	386 884	24,9399	1954,1	303 858
568	322 624	23,8328	1784,4	253 388	623	388 129	24,9600	1957,2	304 836
569	323 761	23,8537	1787,6	254 281	624	389 376	24,9800	1960,4	305 815
570	324 900	23,8747	1790,7	255 176	625	390 625	25,0000	1963,5	306 796
571	326 041	23,8956	1793,9	256 072	626	391 876	25,0200	1966,6	307 779
572	327 184	23,9165	1797,0	256 970	627	393 129	25,0400	1969,8	308 763
573	328 329	23,9374	1800,1	257 869	628	394 384	25,0599	1972,9	309 748
574	329 476	23,9583	1803,3	258 770	629	395 641	25,0799	1976,1	310 736
575	330 625	23,9792	1806,4	259 672	630	396 900	25,0998	1979,2	311 725
576	331 776	24,0000	1809,6	260 576	631	398 161	25,1197	1982,3	312 715
577	332 929	24,0208	1812,7	261 482	632	399 424	25,1396	1985,5	313 707
578	334 084	24,0416	1815,8	262 389	633	400 689	25,1595	1988,6	314 700
579	335 241	24,0624	1819,0	263 298	634	401 956	25,1794	1991,8	315 696
580	336 400	24,0832	1822,1	264 208	635	403 225	25,1992	1994,9	316 692
581	337 561	24,1039	1825,3	265 120	636	404 496	25,2190	1998,1	317 690
582	338 724	24,1247	1828,4	266 033	637	405 769	25,2389	2001,2	318 690
583	339 889	24,1454	1831,6	266 948	638	407 044	25,2587	2004,3	319 692
584	341 056	24,1661	1834,7	267 865	639	408 321	25,2784	2007,5	320 695
585	342 225	24,1868	1837,8	268 783	640	409 600	25,2982	2010,6	321 699
586	343 396	24,2074	1841,0	269 701	641	410 881	25,3180	2013,8	322 705
587	344 569	24,2281	1844,1	270 624	642	412 164	25,3377	2016,9	323 713
588	345 744	24,2487	1847,3	271 547	643	413 449	25,3574	2020,0	324 722
589	346 921	24,2693	1850,4	272 471	644	414 736	25,3772	2023,2	325 733
590	348 100	24,2899	1853,5	273 397	645	416 025	25,3969	2026,3	326 745
591	349 281	24,3106	1856,7	274 325	646	417 316	25,4165	2029,5	327 759
592	350 464	24,3311	1859,8	275 254	647	418 609	25,4362	2032,6	328 775
593	351 649	24,3516	1863,0	276 184	648	419 904	25,4558	2035,8	329 792
594	352 836	24,3721	1866,1	277 117	649	421 205	25,4755	2038,9	330 810
595	354 025	24,3926	1869,2	278 051	650	422 500	25,4951	2042,0	331 831

n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
651	423 801	25,5147	2045,2	332 853	706	498 436	26,5707	2218,0	391 471
652	425 104	25,5343	2048,3	333 876	707	499 849	26,5895	2221,1	392 580
653	426 409	25,5539	2051,5	334 901	708	501 264	26,6083	2224,2	393 692
654	427 716	25,5734	2054,6	335 927	709	502 681	26,6271	2227,4	394 805
655	429 025	25,5930	2057,7	336 955	710	504 100	26,6458	2230,5	395 919
656	430 336	25,6125	2060,9	337 985	711	505 521	26,6646	2233,7	397 035
657	431 649	26,6320	2064,0	339 016	712	506 944	26,6833	2236,8	398 153
658	432 964	25,6515	2067,2	340 049	713	508 369	26,7021	2240,0	399 272
659	434 281	25,6710	2070,3	341 084	714	509 796	26,7208	2243,1	400 393
660	435 600	25,6905	2073,5	342 119	715	511 225	26,7395	2246,2	401 515
661	436 921	25,7099	2076,6	343 157	716	512 656	26,7582	2249,4	402 639
662	438 244	26,7294	2079,7	344 196	717	514 089	26,7769	2252,5	403 765
663	439 569	25,7488	2082,9	345 237	718	515 524	26,7955	2255,7	404 892
664	440 896	25,7682	2086,0	346 279	719	516 961	26,8142	2258,8	406 020
665	442 225	25,7876	2089,2	347 323	720	518 400	26,8328	2261,9	407 150
666	443 556	25,8070	2092,3	348 368	721	519 841	26,8514	2265,1	408 282
667	444 889	25,8263	2095,4	349 415	722	521 284	26,8701	2268,2	409 415
668	446 224	25,8457	2098,6	350 464	723	522 729	26,8887	2271,4	410 550
669	447 561	25,8650	2101,7	351 514	724	524 176	26,9072	2274,5	411 687
670	448 900	25,8844	2104,9	352 565	725	525 625	26,9258	2277,7	412 825
671	450 241	25,9037	2108,0	353 618	726	527 076	26,9444	2280,8	413 965
672	451 584	25,9230	2111,2	354 673	727	528 529	26,9629	2283,9	415 108
673	452 929	25,9422	2114,4	355 730	728	529 984	26,9815	2287,1	416 248
674	454 276	25,9615	2117,4	356 788	729	531 441	27,0000	2290,2	417 393
675	455 625	25,9808	2120,6	357 847	730	532 900	27,0185	2293,4	418 539
676	456 976	26,0000	2123,7	358 908	731	534 361	27,0370	2296,5	419 686
677	458 329	26,0192	2126,9	359 971	732	535 824	27,0555	2299,6	420 835
678	459 684	26,0384	2130,0	361 035	733	537 289	27,0740	2302,8	421 986
679	461 041	26,0576	2133,1	362 101	734	538 756	27,0924	2305,9	423 138
680	462 400	26,0768	2136,3	363 168	735	540 225	27,1109	2309,1	424 293
681	463 761	26,0960	2139,4	364 237	736	541 696	27,1293	2312,2	425 447
682	465 124	26,1151	2142,6	365 308	737	543 169	27,1477	2315,4	426 604
683	466 489	26,1343	2145,7	366 380	738	544 644	27,1662	2318,5	427 762
684	467 856	26,1534	2148,8	367 453	739	546 121	27,1845	2321,6	428 922
685	469 225	26,1725	2152,0	368 528	740	547 600	27,2029	2324,8	430 084
686	470 595	26,1916	2155,1	369 605	741	549 081	27,2213	2327,9	431 247
687	471 969	26,2107	2158,3	370 684	742	550 564	27,2397	2331,1	432 412
688	473 344	26,2298	2161,4	371 764	743	552 049	27,2580	2334,2	433 578
689	474 721	26,2488	2164,6	372 845	744	553 536	27,2764	2337,3	434 746
690	476 100	26,2679	2167,7	373 928	745	555 025	27,2947	2340,5	435 916
691	477 481	26,2869	2170,8	375 013	746	556 516	27,3130	2343,6	437 087
692	478 864	26,3059	2174,0	376 099	747	558 009	27,3313	2346,8	438 259
693	480 249	26,3249	2177,1	377 187	748	559 504	27,3496	2349,9	439 433
694	481 636	26,3439	2180,3	378 276	749	561 001	27,3679	2353,1	440 609
695	483 025	26,3629	2183,4	379 367	750	562 500	27,3861	2356,2	441 786
696	484 416	26,3818	2186,5	380 459	751	564 001	27,4044	2359,3	442 965
697	485 809	26,4008	2189,7	381 553	752	565 504	27,4226	2362,5	444 146
698	487 204	26,4197	2192,8	382 649	753	567 009	27,4408	2365,6	445 328
699	488 601	26,4386	2196,0	383 746	754	568 516	27,4591	2368,8	446 511
700	490 000	26,4575	2199,1	384 845	755	570 025	27,4773	2371,9	447 697
701	491 401	26,4764	2202,3	385 945	756	571 536	27,4955	2375,0	448 883
702	492 804	26,4953	2205,4	387 047	757	573 049	27,5136	2378,2	450 072
703	494 209	26,5144	2208,5	388 151	758	574 564	27,5318	2381,3	451 262
704	495 616	26,5330	2211,7	389 256	759	576 081	27,5500	2384,5	452 453
705	497 025	26,5518	2214,8	390 363	760	577 600	27,5681	2387,6	453 646

Продолжение табл. 19

n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
761	579 121	27,5862	2390,8	454 841	821	674 041	28,6531	2579,2	529 391
762	580 644	27,6043	2393,9	456 037	822	675 684	28,6705	2582,4	530 681
763	582 169	27,6225	2397,0	457 234	823	677 329	28,6880	2585,5	531 973
764	583 696	27,6405	2400,2	458 434	824	678 976	28,7054	2588,7	533 267
765	585 225	27,6586	2403,3	459 635	825	680 625	28,7228	2591,8	534 562
766	586 756	27,6767	2406,5	460 837	826	682 276	28,7402	2595,0	535 858
767	588 289	27,6948	2409,6	462 041	827	683 929	28,7576	2598,1	537 157
768	589 824	27,7128	2412,7	463 247	828	685 584	28,7750	2601,2	538 456
769	591 361	27,7308	2415,9	464 454	829	687 241	28,7924	2604,4	539 758
770	592 900	27,7489	2419,0	465 663	830	688 900	28,8097	2607,5	541 061
771	594 441	27,7669	2422,2	466 873	831	690 561	28,8271	2610,7	542 365
772	596 984	27,7849	2425,3	468 085	832	692 224	28,8444	2613,8	543 671
773	599 529	27,8029	2428,5	469 298	833	693 889	28,8617	2616,9	544 979
774	599 076	27,8209	2431,6	470 513	834	695 556	28,8791	2620,1	546 288
775	600 625	27,8388	2434,7	471 730	835	697 225	28,8964	2623,2	547 599
776	602 176	27,8568	2437,9	472 948	836	698 896	28,9137	2626,4	548 912
777	603 729	27,8747	2441,0	474 168	837	700 569	28,9310	2629,5	550 226
778	605 284	27,8927	2444,2	475 389	838	702 244	28,9482	2632,7	551 541
779	606 841	27,9106	2447,3	476 612	839	703 921	28,9655	2635,8	552 858
780	608 400	27,9285	2450,4	477 836	840	705 600	28,9828	2638,9	554 177
781	609 961	27,9464	2453,6	479 062	841	707 281	29,0000	2642,1	555 497
782	611 524	27,9643	2456,7	480 290	842	708 964	29,0172	2645,2	556 819
783	613 089	27,9821	2459,9	481 519	843	710 649	29,0345	2648,4	558 142
784	614 656	28,0000	2463,0	482 750	844	712 336	29,0517	2651,5	559 467
785	616 225	28,0179	2466,2	483 982	845	714 025	29,0689	2654,6	560 794
786	617 796	28,0357	2469,3	485 216	846	715 716	29,0861	2657,8	562 122
787	619 369	28,0535	2472,4	486 451	847	717 409	29,1033	2660,9	563 452
788	620 944	28,0713	2475,6	487 688	848	719 104	29,1204	2664,1	564 783
789	622 521	28,0891	2478,7	488 927	849	720 801	29,1376	2667,2	566 116
790	624 100	28,1069	2481,9	490 167	850	722 500	29,1548	2670,4	567 450
791	625 681	28,1247	2485,0	491 409	851	724 201	29,1719	2673,5	568 786
792	627 264	28,1425	2488,1	492 652	852	725 904	29,1890	2676,6	570 124
793	628 849	28,1603	2491,3	493 897	853	727 609	29,2062	2679,8	571 463
794	630 436	28,1780	2494,4	495 143	854	729 316	29,2233	2682,9	572 803
795	632 025	28,1957	2497,6	496 391	855	731 025	29,2404	2686,1	574 146
796	633 616	28,2135	2500,7	497 641	856	732 736	29,2575	2689,2	575 490
797	635 209	28,2312	2503,8	498 892	857	734 449	29,2746	2692,3	576 835
798	636 804	28,2489	2507,0	500 145	858	736 164	29,2916	2695,5	578 182
799	638 401	28,2666	2510,1	501 399	859	737 881	29,3087	2698,6	579 530
800	640 000	28,2843	2513,3	502 655	860	739 600	29,3258	2701,8	580 880
801	641 601	28,3019	2516,4	503 912	861	741 321	29,3428	2704,9	582 232
802	643 204	28,3196	2519,6	506 171	862	743 044	29,3598	2708,1	583 585
803	644 809	28,3373	2522,7	506 432	863	744 769	29,3769	2711,2	584 940
804	646 416	28,3549	2525,8	507 694	864	746 496	29,3939	2714,3	586 297
805	648 025	28,3725	2529,0	508 958	865	748 225	29,4109	2717,5	587 655
806	649 636	28,3901	2532,1	510 223	866	749 956	29,4279	2720,6	589 014
807	651 249	28,4077	2535,3	511 490	867	751 689	29,4449	2723,8	590 375
808	652 864	28,4253	2538,4	512 758	868	753 424	29,4618	2726,9	591 738
809	654 481	28,4429	2541,5	514 028	869	755 161	29,4788	2730,0	593 102
810	656 100	28,4605	2544,7	515 300	870	756 900	29,4958	2733,2	594 468
811	657 721	28,4781	2547,8	516 573	871	758 641	29,5127	2736,3	595 835
812	659 344	28,4956	2551,0	517 848	872	760 384	29,5296	2739,5	597 204
813	660 969	28,5132	2554,1	519 124	873	762 129	29,5466	2742,6	598 575
814	662 596	28,5307	2557,3	520 402	874	763 876	29,5635	2745,8	599 947
815	664 225	28,5482	2560,4	521 681	875	765 625	29,5804	2748,9	601 320
816	665 856	28,5657	2563,5	522 962	876	767 376	29,5973	2752,0	602 696
817	667 489	28,5832	2566,7	524 245	877	769 129	29,6142	2755,2	604 073
818	669 124	28,6007	2569,8	525 529	878	770 884	29,6311	2758,3	605 451
819	670 761	28,6182	2573,0	526 814	879	772 641	29,6479	2761,5	606 831
820	672 400	28,6356	2576,1	528 102	880	774 400	29,6648	2764,6	608 212

n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	n^2	\sqrt{n}	πn	$\frac{\pi n^2}{4}$
881	776 161	29,6816	2767,7	609 595	941	885 481	30,6757	2956,2	695 455
882	777 924	29,6985	2770,9	610 980	942	887 364	30,6920	2959,4	696 934
883	779 689	29,7153	2774,0	612 366	943	889 249	30,7083	2962,5	698 415
884	781 456	29,7321	2777,2	613 754	944	891 136	30,7246	2965,7	699 897
885	783 225	29,7489	2780,3	615 143	945	893 025	30,7409	2968,8	701 380
886	784 996	29,7658	2783,5	616 534	946	894 916	30,7571	2971,9	702 865
887	786 769	29,7825	2786,6	617 927	947	896 809	30,7734	2975,1	704 352
888	788 544	29,7993	2789,7	619 321	948	898 704	30,7896	2978,2	705 840
889	790 321	29,8161	2792,9	620 717	949	900 601	30,8058	2981,4	707 330
890	792 100	29,8329	2796,0	622 114	950	902 500	30,8221	2984,5	708 822
891	793 881	29,8496	2799,2	623 513	951	904 401	30,8383	2987,7	710 315
892	795 664	29,8664	2802,3	624 913	952	906 304	30,8545	2990,8	711 809
893	797 449	29,8831	2805,4	626 315	953	908 209	30,8707	2993,9	713 306
894	799 236	29,8998	2808,6	627 718	954	910 116	30,8869	2997,1	714 803
895	801 025	29,9166	2811,7	629 124	955	912 025	30,9031	3000,2	716 303
896	802 816	29,9333	2814,9	630 530	956	913 936	30,9192	3003,4	717 804
897	804 609	29,9500	2818,0	631 938	957	915 849	30,9354	3006,5	719 306
898	806 404	29,9666	2821,2	633 348	958	917 764	30,9516	3009,6	720 810
899	808 201	29,9833	2824,3	634 760	959	919 681	30,9677	3012,8	722 316
900	810 000	30,0000	2827,4	636 173	960	921 600	30,9839	3016,9	723 823
901	811 801	30,0167	2830,6	637 587	961	923 521	31,0000	3019,1	725 332
902	813 604	30,0333	2833,7	639 003	962	925 444	31,0161	3022,2	726 842
903	815 409	30,0500	2836,9	640 421	963	927 369	31,0322	3025,4	728 354
904	817 216	30,0666	2840,0	641 840	964	929 296	31,0483	3028,5	729 867
905	819 025	30,0832	2843,1	643 261	965	931 225	31,0644	3031,6	731 382
906	820 836	30,0998	2846,3	644 683	966	933 156	31,0805	3034,8	732 899
907	822 649	30,1164	2849,4	646 107	967	935 089	31,0966	3037,9	734 417
908	824 464	30,1330	2852,6	647 533	968	937 024	31,1127	3041,1	735 937
909	826 281	30,1496	2855,7	648 960	969	938 961	31,1288	3044,2	737 458
910	828 100	30,1662	2858,8	650 388	970	940 900	31,1448	3047,3	738 981
911	829 921	30,1828	2862,0	651 818	971	942 841	31,1609	3050,5	740 506
912	831 744	30,1993	2865,1	653 250	972	944 784	31,1769	3053,6	742 032
913	833 569	30,2159	2868,3	654 684	973	946 729	31,1929	3056,8	743 559
914	835 396	30,2324	2871,4	656 118	974	948 676	31,2090	3059,9	745 088
915	837 225	30,2490	2874,6	657 555	975	950 625	31,2250	3063,1	746 619
916	839 056	30,2655	2877,7	658 993	976	952 576	31,2410	3066,2	748 151
917	840 889	30,2820	2880,8	660 433	977	954 529	31,2570	3069,3	749 685
918	842 724	30,2985	2884,0	661 874	978	956 484	31,2730	3072,5	751 221
919	844 561	30,3150	2887,1	663 317	979	958 441	31,2890	3075,6	752 758
920	846 400	30,3315	2890,3	664 761	980	960 400	31,3050	3078,8	754 296
921	848 241	30,3480	2893,4	666 207	981	962 361	31,3209	3081,9	755 837
922	850 084	30,3645	2896,5	667 654	982	964 324	31,3369	3085,0	757 378
923	851 929	30,3809	2899,7	669 103	983	966 289	31,3528	3088,2	758 922
924	853 776	30,3974	2902,8	670 554	984	968 256	31,3688	3091,3	760 466
925	855 625	30,4138	2906,0	672 006	985	970 225	31,3847	3094,5	762 013
926	857 476	30,4302	2909,1	673 460	986	972 196	31,4006	3097,6	763 561
927	859 329	30,4467	2912,3	674 915	987	974 169	31,4166	3100,8	765 111
928	861 184	30,4631	2915,4	676 372	988	976 144	31,4325	3103,9	766 662
929	863 041	30,4795	2918,5	677 831	989	978 121	31,4484	3107,0	768 214
930	864 900	30,4959	2921,7	679 291	990	980 100	31,4643	3110,2	769 769
931	866 761	30,5123	2924,8	680 752	991	982 081	31,4802	3113,3	771 325
932	868 624	30,5287	2928,0	682 216	992	984 064	31,4960	3116,5	772 882
933	870 489	30,5450	2931,1	683 680	993	986 049	31,5119	3119,6	774 441
934	872 356	30,5614	2934,2	685 147	994	988 036	31,5278	3122,7	776 002
935	874 225	30,5778	2937,4	686 615	995	990 025	31,5436	3125,9	777 564
936	876 096	30,5941	2940,5	688 084	996	992 016	31,5595	3129,0	779 123
937	877 969	30,6105	2943,7	689 555	997	994 009	31,5753	3132,2	780 693
938	879 844	30,6268	2946,8	691 028	998	996 004	31,5911	3135,3	782 260
939	881 721	30,6431	2950,0	692 502	999	998 001	31,6070	3138,5	783 828
940	883 600	30,6594	2953,1	693 978	1000	1000 000	31,6228	3141,6	785 400

Таблица 20

НАТУРАЛЬНЫЕ ЛОГАРИФМЫ
 Основание натуральных логарифмов $e = 2,71828$

N	$\ln N$	N	$\ln N$	N	$\ln N$	N	$\ln N$	N	$\ln N$
1,00	0,0000	2,25	0,8109	3,50	1,2528	4,75	1,5581	6,00	1,7918
1,05	0,0488	2,30	0,8329	3,55	1,2669	4,80	1,5686	6,10	1,8083
1,10	0,0953	2,35	0,8544	3,60	1,2809	4,85	1,5790	6,20	1,8245
1,15	0,1398	2,40	0,8755	3,65	1,2947	4,90	1,5892	6,30	1,8405
1,20	0,1823	2,45	0,8961	3,70	1,3083	4,95	1,5994	6,40	1,8563
1,25	0,2231	2,50	0,9163	3,75	1,3218	5,00	1,6094	6,50	1,8718
1,30	0,2624	2,55	0,9361	3,80	1,3350	5,05	1,6194	6,60	1,8871
1,35	0,3001	2,60	0,9555	3,85	1,3481	5,10	1,6292	6,70	1,9021
1,40	0,3365	2,65	0,9746	3,90	1,3610	5,15	1,6390	6,80	1,9169
1,45	0,3716	2,70	0,9933	3,95	1,3737	5,20	1,6487	6,90	1,9315
1,50	0,4055	2,75	1,0116	4,00	1,3863	5,25	1,6582	7,00	1,9459
1,55	0,4383	2,80	1,0296	4,05	1,3987	5,30	1,6677	7,20	1,9741
1,60	0,4700	2,85	1,0473	4,10	1,4110	5,35	1,6771	7,40	2,0015
1,65	0,5008	2,90	1,0647	4,15	1,4231	5,40	1,6864	7,60	2,0281
1,70	0,5306	2,95	1,0818	4,20	1,4351	5,45	1,6956	7,80	2,0541
1,75	0,5596	3,00	1,0986	4,25	1,4469	5,50	1,7047	8,00	2,0794
1,80	0,5878	3,05	1,1151	4,30	1,4586	5,55	1,7138	8,20	2,1041
1,85	0,6152	3,10	1,1314	4,35	1,4701	5,60	1,7228	8,40	2,1282
1,90	0,6419	3,15	1,1474	4,40	1,4816	5,65	1,7317	8,60	2,1518
1,95	0,6678	3,20	1,1632	4,45	1,4929	5,70	1,7405	8,80	2,1748
2,00	0,6931	3,25	1,1787	4,50	1,5041	5,75	1,7492	9,00	2,1972
2,05	0,7178	3,30	1,1939	4,55	1,5151	5,80	1,7579	9,25	2,2246
2,10	0,7419	3,35	1,2090	4,60	1,5261	5,85	1,7664	9,50	2,2513
2,15	0,7655	3,40	1,2238	4,65	1,5369	5,90	1,7750	9,75	2,2773
2,20	0,7885	3,45	1,2384	4,70	1,5476	5,95	1,7834	10,00	2,3026

Таблица 21

КРУГОВЫЕ (ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИЕ) ФУНКЦИИ

I. ГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ И ЗНАКИ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

Углы между	sin	cos	tg	ctg
0—90°	+	+	+	+
90—180°	+	-	-	-
180—270°	-	-	+	+
270—360°	-	+	-	-

II. ЗНАЧЕНИЯ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

	0°	90°	180°	270°	360°	30°	45°	60°
sin	0	1	0	-1	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$
cos	1	0	-1	0	1	$\frac{1}{2}\sqrt{3}$	$\frac{1}{2}\sqrt{2}$	$\frac{1}{2}$
tg	0	$\pm\infty$	0	$\pm\infty$	0	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$	1	$\sqrt{3}$
ctg	$\pm\infty$	0	$\pm\infty$	0	$\pm\infty$	$\sqrt{3}$	1	$\frac{1}{3}\sqrt{3}$

III. ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ НЕКОТОРЫХ УГЛОВ

	$\pm a$	$90^\circ \pm a$	$180^\circ \pm a$	$270^\circ \pm a$	$360^\circ \pm a$
sin	$\pm \sin a$	$+\cos a$	$\mp \sin a$	$-\cos a$	$\sin(\pm a)$
cos	$+\cos a$	$\mp \sin a$	$-\cos a$	$\pm \sin a$	$\cos(\pm a)$
tg	$\pm \operatorname{tg} a$	$\mp \operatorname{ctg} a$	$\pm \operatorname{tg} a$	$\mp \operatorname{ctg} a$	$\operatorname{tg}(\pm a)$
ctg	$\pm \operatorname{ctg} a$	$\mp \operatorname{tg} a$	$\pm \operatorname{ctg} a$	$\mp \operatorname{tg} a$	$\operatorname{ctg}(\pm a)$

IV. ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИМИ ФУНКЦИЯМИ

	sin a	cos a	tg a	ctg a
sin a =	—	$\sqrt{1 - \cos^2 a}$	$\frac{\operatorname{tg} a}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 a}}$	$\frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 a}}$
cos a =	$\sqrt{1 - \sin^2 a}$	—	$\frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 a}}$	$\frac{\operatorname{ctg} a}{\sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 a}}$
tg a =	$\frac{\sin a}{\sqrt{1 - \sin^2 a}}$	$\frac{\sqrt{1 - \cos^2 a}}{\cos a}$	—	$\frac{1}{\operatorname{ctg} a}$
ctg a =	$\frac{\sqrt{1 - \sin^2 a}}{\sin a}$	$\frac{\cos a}{\sqrt{1 - \cos^2 a}}$	$\frac{1}{\operatorname{tg} a}$	—

Таблица 22

Таблицы круговых (тригонометрических) функций

Гра- дусы	Синусы							
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
0	0,0000	0,00291	0,00582	0,00873	0,01164	0,01454	0,01745	89
1	0,01745	0,02036	0,02327	0,02618	0,02908	0,03199	0,03490	88
2	0,03490	0,03781	0,04071	0,04362	0,04653	0,04943	0,05234	87
3	0,05234	0,05524	0,05814	0,06105	0,06395	0,06685	0,06976	86
4	0,06976	0,07266	0,07556	0,07846	0,08136	0,08426	0,08716	85
5	0,08716	0,09005	0,09295	0,09585	0,09874	0,10164	0,10453	84
6	0,10453	0,10742	0,11031	0,11320	0,11609	0,11898	0,12187	83
7	0,12187	0,12476	0,12764	0,13053	0,13341	0,13629	0,13917	82
8	0,13917	0,14205	0,14493	0,14781	0,15069	0,15356	0,15643	81
9	0,15643	0,15931	0,16218	0,16505	0,16792	0,17078	0,17365	80
10	0,17365	0,17651	0,17937	0,18224	0,18509	0,18795	0,19081	79
11	0,19081	0,19366	0,19652	0,19937	0,20222	0,20507	0,20791	78
12	0,20791	0,21076	0,21360	0,21644	0,21928	0,22212	0,22495	77
13	0,22495	0,22778	0,23062	0,23345	0,23627	0,23910	0,24192	76
14	0,24192	0,24474	0,24756	0,25038	0,25320	0,25601	0,25882	75
15	0,25882	0,26163	0,26443	0,26724	0,27004	0,27284	0,27564	74
16	0,27564	0,27843	0,28123	0,28402	0,28680	0,28959	0,29237	73
17	0,29237	0,29515	0,29793	0,30071	0,30348	0,30625	0,30902	72
18	0,30902	0,31178	0,31454	0,31730	0,32006	0,32282	0,32557	71
19	0,32557	0,32832	0,33106	0,33381	0,33655	0,33929	0,34202	70
20	0,34202	0,34475	0,34748	0,35021	0,35293	0,35565	0,35837	69
21	0,35837	0,36108	0,36379	0,36650	0,36921	0,37191	0,37461	68
22	0,37461	0,37730	0,37999	0,38268	0,38537	0,38805	0,39073	67
23	0,39073	0,39341	0,39608	0,39875	0,40141	0,40408	0,40674	66
24	0,40674	0,40939	0,41204	0,41469	0,41734	0,41998	0,42262	65
25	0,42262	0,42525	0,42788	0,43051	0,43313	0,43575	0,43837	64
26	0,43837	0,44098	0,44359	0,44620	0,44880	0,45140	0,45399	63
27	0,45399	0,45658	0,45917	0,46175	0,46433	0,46690	0,46947	62
28	0,46947	0,47204	0,47460	0,47716	0,47971	0,48226	0,48481	61
29	0,48481	0,48735	0,48989	0,49242	0,49495	0,49748	0,50000	60
30	0,50000	0,50252	0,50503	0,50754	0,51004	0,51254	0,51504	59
31	0,51504	0,51753	0,52002	0,52250	0,52498	0,52745	0,52992	58
32	0,52992	0,53238	0,53484	0,53730	0,53975	0,54220	0,54464	57
33	0,54464	0,54708	0,54951	0,55194	0,55436	0,55678	0,55919	56
34	0,55919	0,56160	0,56401	0,56641	0,56880	0,57119	0,57358	55
35	0,57358	0,57596	0,57833	0,58070	0,58307	0,58543	0,58779	54
36	0,58779	0,59014	0,59248	0,59482	0,59716	0,59949	0,60182	53
37	0,60182	0,60414	0,60645	0,60876	0,61107	0,61337	0,61566	52
38	0,61566	0,61795	0,62024	0,62251	0,62479	0,62706	0,62932	51
39	0,62932	0,63158	0,63383	0,63608	0,63832	0,64056	0,64279	50
40	0,64279	0,64501	0,64723	0,64945	0,65166	0,65386	0,65606	49
41	0,65606	0,65825	0,66044	0,66262	0,66480	0,66697	0,66913	48
42	0,66913	0,67129	0,67344	0,67559	0,67773	0,67987	0,68200	47
43	0,68200	0,68412	0,68624	0,68835	0,69046	0,69256	0,69466	46
44	0,69466	0,69675	0,69883	0,70091	0,70298	0,70505	0,70711	45
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	Гра- дусы
	Косинусы							

Гра- дусы	Косинусы							
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
0	1,00000	1,00000	0,99998	0,99996	0,99993	0,99989	0,99985	89
1	0,99985	0,99979	0,99973	0,99966	0,99958	0,99949	0,99939	88
2	0,99939	0,99929	0,99917	0,99905	0,99892	0,99878	0,99863	87
3	0,99863	0,99847	0,99831	0,99813	0,99795	0,99776	0,99756	86
4	0,99756	0,99736	0,99714	0,99692	0,99668	0,99644	0,99619	85
5	0,99619	0,99594	0,99567	0,99540	0,99511	0,99482	0,99452	84
6	0,99452	0,99421	0,99390	0,99357	0,99324	0,99290	0,99255	83
7	0,99255	0,99219	0,99182	0,99144	0,99106	0,99067	0,99027	82
8	0,99027	0,98986	0,98944	0,98902	0,98858	0,98814	0,98769	81
9	0,98760	0,98723	0,98676	0,98629	0,98580	0,98531	0,98481	80
10	0,98481	0,98430	0,98378	0,98325	0,98272	0,98218	0,98163	79
11	0,98163	0,98107	0,98050	0,97992	0,97934	0,97875	0,97815	78
12	0,97815	0,97754	0,97692	0,97630	0,97566	0,97502	0,97437	77
13	0,97437	0,97371	0,97304	0,97237	0,97169	0,97100	0,97030	76
14	0,97030	0,96959	0,96887	0,96815	0,96742	0,96667	0,96593	75
15	0,96593	0,96517	0,96440	0,96363	0,96285	0,96206	0,96126	74
16	0,96126	0,96046	0,95964	0,95882	0,95799	0,95715	0,95630	73
17	0,95630	0,95545	0,95459	0,95372	0,95284	0,95195	0,95106	72
18	0,95106	0,95015	0,94924	0,94832	0,94740	0,94646	0,94552	71
19	0,94552	0,94457	0,94361	0,94264	0,94167	0,94068	0,93969	70
20	0,93969	0,93869	0,93769	0,93667	0,93565	0,93462	0,93358	69
21	0,93358	0,93253	0,93148	0,93042	0,92935	0,92827	0,92718	68
22	0,92718	0,92609	0,92499	0,92388	0,92276	0,92164	0,92050	67
23	0,92050	0,91936	0,91822	0,91706	0,91590	0,91472	0,91355	66
24	0,91355	0,91236	0,91116	0,90996	0,90875	0,90753	0,90631	65
25	0,90631	0,90507	0,90383	0,90259	0,90133	0,90007	0,89879	64
26	0,89879	0,89752	0,89623	0,89493	0,89363	0,89232	0,89101	63
27	0,89101	0,88968	0,88835	0,88701	0,88566	0,88431	0,88295	62
28	0,88295	0,88158	0,88020	0,87882	0,87743	0,87603	0,87462	61
29	0,87462	0,87321	0,87178	0,87036	0,86892	0,86748	0,86603	60
30	0,86603	0,86457	0,86310	0,86163	0,86015	0,85866	0,85717	59
31	0,85717	0,85567	0,85416	0,85264	0,85112	0,84959	0,84805	58
32	0,84805	0,84650	0,84495	0,84339	0,84182	0,84025	0,83867	57
33	0,83867	0,83709	0,83549	0,83389	0,83228	0,83066	0,82904	56
34	0,82904	0,82741	0,82577	0,82413	0,82248	0,82082	0,81915	55
35	0,81915	0,81748	0,81580	0,81412	0,81242	0,81072	0,80902	54
36	0,80902	0,80730	0,80558	0,80386	0,80212	0,80038	0,79864	53
37	0,79864	0,79688	0,79512	0,79335	0,79158	0,78980	0,78801	52
38	0,78801	0,78622	0,78442	0,78261	0,78079	0,77897	0,77715	51
39	0,77715	0,77531	0,77347	0,77162	0,76977	0,76791	0,76604	50
40	0,76604	0,76417	0,76229	0,76041	0,75851	0,75661	0,75471	49
41	0,75471	0,75280	0,75088	0,74896	0,74703	0,74509	0,74314	48
42	0,74314	0,74120	0,73924	0,73728	0,73531	0,73333	0,73135	47
43	0,73135	0,72937	0,72737	0,72537	0,72337	0,72136	0,71934	46
44	0,71934	0,71732	0,71529	0,71325	0,71121	0,70916	0,70711	45
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	Гра- дусы
Синусы								

Продолжение табл. 22

Гра- дусы	Тангенсы							
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
0 ↓	0,0000	0,00291	0,00582	0,00873	0,01164	0,01455	0,01746	89
1 ↓	0,01746	0,02036	0,02328	0,02619	0,02910	0,03201	0,03492	88
2	0,03492	0,03783	0,04075	0,04366	0,04658	0,04949	0,05241	87
3	0,05241	0,05533	0,05824	0,06116	0,06408	0,06700	0,06993	86
4	0,06993	0,07285	0,07578	0,07870	0,08163	0,08456	0,08749	85
5	0,08749	0,09042	0,09335	0,09629	0,09923	0,10216	0,10510	84
6	0,10510	0,10805	0,11099	0,11394	0,11688	0,11983	0,12278	83
7	0,12278	0,12574	0,12869	0,13165	0,13461	0,13758	0,14054	82
8	0,14054	0,14351	0,14648	0,14945	0,15243	0,15540	0,15838	81
9	0,15838	0,16137	0,16435	0,16734	0,17033	0,17333	0,17633	80
10	0,17633	0,17933	0,18233	0,18534	0,18835	0,19136	0,19438	79
11	0,19438	0,19740	0,20042	0,20345	0,20648	0,20952	0,21256	78
12	0,21256	0,21560	0,21864	0,22169	0,22475	0,22781	0,23087	77
13	0,23087	0,23393	0,23700	0,24008	0,24316	0,24624	0,24933	76
14	0,24933	0,25242	0,25552	0,25862	0,26172	0,26483	0,26795	75
15	0,26795	0,27107	0,27419	0,27732	0,28046	0,28360	0,28675	74
16	0,28675	0,28990	0,29305	0,29621	0,29938	0,30255	0,30573	73
17	0,30573	0,30891	0,31210	0,31530	0,31850	0,32171	0,32492	72
18	0,32492	0,32814	0,33136	0,33460	0,33783	0,34108	0,34433	71
19	0,34433	0,34758	0,35085	0,35412	0,35740	0,36068	0,36397	70
20	0,36397	0,36727	0,37057	0,37378	0,37720	0,38053	0,38386	69
21	0,38386	0,38721	0,39055	0,39391	0,39727	0,40065	0,40403	68
22	0,40403	0,40741	0,41081	0,41421	0,41763	0,42105	0,42447	67
23	0,42447	0,42791	0,43136	0,43481	0,43828	0,44173	0,44523	66
24	0,44523	0,44872	0,45222	0,45573	0,45924	0,46277	0,46631	65
25	0,46631	0,46985	0,47341	0,47698	0,48055	0,48414	0,48773	64
26	0,48773	0,49134	0,49495	0,49858	0,50222	0,50587	0,50953	63
27	0,50953	0,51319	0,51688	0,52057	0,52427	0,52793	0,53171	62
28	0,53171	0,53545	0,53920	0,54296	0,54673	0,55051	0,55431	61
29	0,55431	0,55812	0,56194	0,56577	0,56962	0,57348	0,57735	60
30	0,57735	0,58124	0,58513	0,58905	0,59297	0,59691	0,60086	59
31	0,60086	0,60483	0,60881	0,61280	0,61681	0,62083	0,62487	58
32	0,62487	0,62882	0,63299	0,63707	0,64117	0,64528	0,64941	57
33	0,64941	0,65355	0,65771	0,66189	0,66608	0,67028	0,67451	56
34	0,67451	0,67875	0,68301	0,68728	0,69157	0,69588	0,70021	55
35	0,70021	0,70455	0,70891	0,71329	0,71769	0,72211	0,72654	54
36	0,72654	0,73100	0,73547	0,73996	0,74447	0,74900	0,75355	53
37	0,75355	0,75812	0,76272	0,76733	0,77196	0,77661	0,78129	52
38	0,78129	0,78598	0,79070	0,79544	0,80020	0,80498	0,80978	51
39	0,80978	0,81461	0,81946	0,82434	0,82923	0,83415	0,83910	50
40	0,83910	0,84407	0,84906	0,85408	0,85912	0,86419	0,86929	49
41	0,86929	0,87441	0,87955	0,88473	0,88992	0,89515	0,90040	48
42	0,90040	0,90569	0,91099	0,91633	0,92170	0,92709	0,93252	47
43	0,93252	0,93797	0,94345	0,94896	0,95451	0,96008	0,96569	46
44	0,96569	0,97133	0,97700	0,98270	0,98843	0,99420	1,00000	45 ↑
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	Гра- дусы
	Котангенсы							

Гра- дусы	Котангенсы							
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
0 ↓	∞	343,77371	171,88540	114,58865	85,93979	68,75009	57,28996	89
1	57,28996	49,10388	42,96408	38,18846	34,36777	31,24158	28,63625	88
2	28,63625	26,43160	24,54176	22,90377	21,47040	20,20555	19,08114	87
3	19,08114	18,07498	17,16934	16,34986	15,60478	14,92442	14,30067	86
4	14,30067	13,72674	13,19688	12,70621	12,25051	11,82617	11,43005	85
5	11,43005	11,05943	10,71191	10,38540	10,07803	9,78817	9,51436	84
6	9,51436	9,25530	9,00933	8,77689	8,55555	8,34496	8,14435	83
7	8,14435	7,95302	7,77035	7,59575	7,42871	7,26873	7,11537	82
8	7,11537	6,96823	6,82694	6,69116	6,56055	6,43484	6,31375	81
9	6,31375	6,19703	6,08444	5,97576	5,87080	5,76937	5,67128	80
10	5,67128	5,57638	5,48451	5,39552	5,30928	5,22566	5,14455	79
11	5,14455	5,06584	4,98940	4,91516	4,84300	4,77286	4,70463	78
12	4,70463	4,63825	4,57363	4,51071	4,44942	4,38966	4,33148	77
13	4,33148	4,27471	4,21933	4,16530	4,11256	4,06107	4,01078	76
14	4,01078	3,96165	3,91364	3,86671	3,82083	3,77595	3,73205	75
15	3,73205	3,68909	3,64705	3,60588	3,56557	3,52609	3,48741	74
16	3,48741	3,44951	3,41236	3,37594	3,34023	3,30521	3,27085	73
17	3,27085	3,23714	3,20406	3,17159	3,13972	3,10842	3,07768	72
18	3,07768	3,04749	3,01783	2,98869	2,96004	2,93189	2,90421	71
19	2,90421	2,87700	2,85023	2,82391	2,79802	2,77254	2,74748	70
20	2,74748	2,72281	2,69853	2,67462	2,65109	2,62791	2,60509	69
21	2,60509	2,58261	2,56046	2,53865	2,51715	2,49597	2,47509	68
22	2,47509	2,45451	2,43422	2,41421	2,39449	2,37504	2,35585	67
23	2,35585	2,33693	2,31826	2,29984	2,28167	2,26374	2,24604	66
24	2,24604	2,22857	2,21132	2,19430	2,17749	2,16090	2,14451	65
25	2,14451	2,12832	2,11233	2,09654	2,08094	2,06553	2,05030	64
26	2,05030	2,03526	2,02039	2,00569	1,99116	1,97680	1,96261	63
27	1,96261	1,94858	1,93470	1,92098	1,90741	1,89409	1,88073	62
28	1,88073	1,86760	1,85462	1,84177	1,82906	1,81649	1,80405	61
29	1,80405	1,79174	1,77955	1,76749	1,75556	1,74375	1,73205	60
30	1,73205	1,72047	1,70901	1,69766	1,68643	1,67530	1,66428	59
31	1,66428	1,65337	1,64256	1,63185	1,62125	1,61074	1,60033	58
32	1,60033	1,59002	1,57981	1,56969	1,55966	1,54972	1,53987	57
33	1,53987	1,53010	1,52043	1,51084	1,50133	1,49190	1,48256	56
34	1,48256	1,47330	1,46411	1,45501	1,44598	1,43703	1,42815	55
35	1,42815	1,41934	1,41061	1,40195	1,39336	1,38484	1,37638	54
36	1,37638	1,36800	1,35968	1,35142	1,34323	1,33511	1,32704	53
37	1,32704	1,31904	1,31110	1,30323	1,29541	1,28764	1,27994	52
38	1,27994	1,27230	1,26471	1,25717	1,24969	1,24227	1,23490	51
39	1,23490	1,22758	1,22031	1,21310	1,20593	1,19882	1,19175	50
40	1,19175	1,18474	1,17777	1,17085	1,16398	1,15715	1,15037	49
41	1,15037	1,14363	1,13694	1,13029	1,12369	1,11713	1,11061	48
42	1,11061	1,10414	1,09770	1,09131	1,08496	1,07864	1,07237	47
43	1,07237	1,06613	1,05994	1,05378	1,04766	1,04158	1,03553	46
44	1,03553	1,02952	1,02355	1,01761	1,01170	1,00583	1,00000	↑ 45
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	Гра- дусы
	Тангенсы							

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Автоматизация и механизация холодной штамповки	388
Алюминиевые сплавы, механические свойства	33
— — — при нагреве	37
— — — сопротивление срезу	37

Б

Безотходный и малоотходный раскрой материала	266, 267
Блоки штампов, типы	315—318
Боковой нож, ширина срезаемой кромки	265
— — — прижимные полосы	339
Быстросменные пуансоны и матрицы	325

В

Выдавливание холодное	208
— — — детали	211
— — — обрезка	213
— — — способы	208
— — — штампы	212
— — — требуемое усилие	215
— — — течение металла	214
Вырезка (вырубка)	28
— — — величина перемычек	264
— — — глубина вдавливания пуансона	33
— — — допуски на изготовление пуансона и матрицы	353
— — — зазоры между пуансоном и матрицей	41
— — — номинальная ширина полосы	268
— — — раскрой материала	258
— — — резиной	51
Вырезка резиной, наименьшие отверстия	53
— — — удельное давление	53
— — — скосы режущих кромок	38
— — — сопротивление срезу	33
— — — — алюминевых сплавов	33
— — — — неметаллических материалов	36
— — — — металла в нагретом состоянии	36
— — — — черных металлов	34
— — — — цветных металлов	35
— — — — способы уменьшения усилия	38
— — — — усилие	32
— — — — при скошенных режущих кромках	39
— — — — проталкивания	40
— — — — снятия с пуансона	40
Высадка	199
Высадка полая (растяжка)	183
— — — типы штампов	183

Выталкиватели типы	345
Вытяжка	83
— — — без прижима, пределы	143
— — — в ленте, коэффициент вытяжки	127
— — — — определение размеров заготовки	106
— — — гидравлическая	157—159
— — — деталей ступенчатой формы	131
— — — магниевых сплавов	140
— — — резиной	155—156
— — — — деталей с широким фланцем	120
— — — — — глубина вытяжки	121
— — — — — коэффициенты вытяжки	122—123
— — — — — радиусы закруглений	147
— — — — — припуски на обрезку	98
— — — — квадратных и прямоугольных коробок	127
— — — — — коэффициенты вытяжки	129
— — — — — построения заготовки	107—112
— — — — — построение переходов	130
— — — — — конических деталей	133—137
— — — — — сжатым воздухом	193
— — — — — сферических и параболических деталей	132
— — — — — с утонением материала	138
— — — — — зазоры между пуансоном и матрицей	150
— — — — — количество операций, упрощенное определение	125
— — — — — коэффициенты вытяжки	120
— — — — — — в ленте	127
— — — — — напряженно-деформированное состояние	85
— — — — — припуски на обрезку	98
— — — — — процесс	83
— — — — — прямоугольных изделий	127
— — — — — работа и мощность	144
— — — — — радиусы закруглений	147
— — — — — размеры заготовок	92
Вытяжка, размеры заготовок, графоаналитический метод	100—104
— — — — — размеры заготовок для круглых изделий	92—105
— — — — — — для сложных форм	113
— — — — — — для прямоугольных изделий	107—112
— — — — — — для вытяжки в ленте	105
— — — — — — для вытяжки с утонением	116
— — — — — — упрощенные методы определения	99
— — — — — с дополнительным прижимом	147
— — — — — скорость	145
— — — — — сложных форм	113
— — — — — смазка	151
— — — — — — рецептура	152—154
— — — — — — способы	88—91
— — — — — — степень деформации	116—117
— — — — — с утонением стенок	138
— — — — — — степень деформации	138
— — — — — — требуемое усилие	142
— — — — — — удельное давление прижима	144
— — — — — — усилие прижима	144

Г	
Гибка	54
— деформация крайних волокон	64
— длина заготовки	67—70
— заторы	79
— изгибающие моменты	76, 77
— коэффициенты утонения	58
— круглых стержней, деформации	59
— — нейтральный слой	61
— минимальные радиусы	66
— напряженно-деформированное состояние	55
— нейтральный слой	57—63
— профилей	229
— пружинение при свободной гибке	70
— при гибке с калибровкой	71
— углы пружинения	72—73
— с растяжением	74, 75
— профильных заготовок	229
— торцевая шарнирных петель	62
— — нейтральный слой	62
— — длина заготовки	69
— радиусы закруглений	79
— с калибровкой	78
— требуемые усилия, формулы	78
Гидравлический безвакуумляторный пресс	386
Гидравлическая штамповка	157
Гидравлические штампы, типы	159
Д	
Давильные работы	233, 234
Давление кривошипных прессов	282
— фрикционных прессов	282
— удельные вырезки резной	53
— прижима	144
— течения	192
Детали штампов, классификация	312
— и узлы штампов, типы	314
— — блоки, типы	315—318
— — выталкиватели	345
— — допускаемые напряжения	376
— — загрузочные устройства	347
— — крепежные детали	350, 351
— — ловители, типы	337
— — марки материала	264
— — марки стали для пуансонов и матриц	361
— — матрицы вырезные, типы	331
— — вытяжные, типы	332
— — расчет на прочность	374
— — типы рабочих отверстий	329
— — основания, специальные типы	320
— — пакеты	319
— — планки направляющие	339
— — прижимы боковые	339
— — пуансоны быстросменные	325
— — пуансоны вырезные профильные	327
— — — круглые	324
— — — просечные	328
— — — расчет на прочность	375
— — — секционные	328
— — — сменные	326
— — пуансон-матрицы	333
— — — расчет на прочность матрицы	374
— — — нижних плит	372
— — — пуансонов	375
— — — сбрасыватели	348
— — складкодержатели	346
— — съёмники	342, 344
— — упоры, типы	335
— — фиксаторы (трафареты)	338
— — хвостовики, типы	321
Допуски и посадки деталей штампов	354—356
— на изготовление вырезных пуансонов и матриц	358
— — вытяжных пуансонов и матриц	360
Допуски на размеры штампованных деталей	277—280
— при калибровке	205
— при профилировании	229
Ж	
Жесть, нормы испытаний	414
— отклонения	414
З	
Загрузочные устройства, типы	347
Заторы при вырезке	41—43
— при вытяжке	150
— при гибке	79
Закрывающая высота штампа	378
— — пресса	284
Зачистная штамповка, припуски	48
— — способы	47
— — усилие	49
— — отверстий	50
И	
Испытание технологических свойств металла	428
— на вытяжку копчака	429
— на перегиб	431
К	
Калибровка	204
— допуски	205
— припуски и допуски заготовок	206
— способы	205
— требуемое усилие	207
— удельное давление	208
Классификация деталей штампов	312
— комбинированной штамповки	16, 17
— операций холодной штамповки	15
— раскросов	259, 260
— способов чистой вырубкой и пробивки	44
— — зачистной штамповки	47
— прессов	383
— штампов	300—305
— — комбинированных	306—309
— — по эксплуатационным признакам	309—311
— штамповочно-сборочных операций	18
Клеймение	194
Комбинированная штамповка, классификация	16, 17
— — последовательная	17
— — — совмещенная	16
Комбинированные штампы, последовательные, типы	308, 309
— — совмещенные, типы	306—309
Контурный изгиб профилей	229
Коэффициенты вытяжки	120
— деталей с фланцем	122
— — в ленте	127
— — прямоугольной	129
— обжима	186
— отбортовки	173
— утонения при вытяжке	87
— — при гибке	58
— утонения при отбортовке	173

Р

Радиусы гибки минимальные	79
— закруглений при вытяжке	147
Разработка технологических процес- сов	254
— — — выбор пресса	281
— — — раскрой материала	255
— — — количество операций	272—275
— — — точность деталей	276—280
— — — основы нормирования	286—289
— — — Технологическая докумен- тация	292
Раскрой листового материала	255—258
— полосового материала в процессе штамповки	258—263
— безотходный и малотходный	266—267
— — — величина перемычек	264—265
— — — использование отходов	271
— — — определение ширины полосы	268
Расчет на прочность матриц	374
— — — нижних плит	372
— — — пуансонов	375
Регулировка хода пресса	284
— — — закрытой высоты	285
Резина для вырезки	53
— — — формовки и гибки	155
— — — марки и характеристика	365
Резка ножницами	24
— профилированного материала	30
— — — сопротивление срезу	33—37
— — — усилие резания ножницами	27
— — — штампами	32
— — — скошенными кромками	38
Рельефная формовка	169
— — — рифтов	171
— — — требуемое усилие	170

С

Сборка штамповкой, способы	220—222
Сбрасыватели, типы	348
Складкодержатели, типы	346
Скорость вытяжки	145
Смазка при вытяжке	151
— репертура	152—154
Сопротивление срезу	33
— — — алюминиевых сплавов	33
— — — неметаллических материалов	36
— — — металлов в нагретом состоянии	37
— — — цветных металлов	35
— — — черных металлов	34
Сплавы для литых штампов	363
Сталь для деталей штампов	364
— — — для пуансонов и матриц	361
Сталь листовая декапированная	414
— — — нормы испытаний	414
— — — качественная	415
— — — механические свойства	415
— — — нормы испытаний	416
— — — допускаемые отклонения	417
— — — легированная инструменталь- ная	362
— — — обыкновенная	412
— — — механические свойства	412
— — — допускаемые отклонения	413
— — — типа Аржко	417
Стальная лента холодной прокатки (см. ленты)	418
Стойкость штампов	365—369
Съемники, типы	342, 344

Т

Твердость деталей штампов	264
Терминология холодной штамповки	19—23
Техническая характеристика пресса	379, 435
— — — двухстоечных прессов	441

Техническая характеристика двухша- тувных прессов	443
— — — кривошипных наклоняемых прессов	439
— — — — прессов с откидным столом	437
— — — кривошипно-шарнирных прессов	453
— — — кулачковых прессов двойного действия	448
— — — коленно-рычажных прессов	450
— — — прессов автоматов с нижним приводом	456
— — — одностоечных прессов	435
— — — фрикционных прессов	457
— — — бездисковых прессов	458
— — — шестерне-эксцентровых прессов	445
— — — чеканочных прессов	454
— — — четырехшатуновых прессов	447
— — — 8-шпиндельных прессов авто- матов	451
Технологические испытания, методы	428
— — — на вытяжку колпачка	429
— — — на перегиб	431
Технологические требования к кон- струкции деталей	245—248
Технологичность штампованных дета- лей	245
Типовые штампы (см. штампы)	300
Точность, достижимая при вырезке	277
— — — по смещению отверстий	277
— — — изготовления деталей штампов	354
— — — калибровки	191, 205
— — — объемной штамповки	191
— — — полачи, валковой	392
— — — клещевой	393
— — — крючковой	391
— — — штампованных деталей	276
Травление, кислоты	167
Трафареты (фиксаторы)	338

У

Удельное давление резины	53
— — — при объемной штамповке	192
Упоры типовые	335
Упрочнение при вытяжке	164
Упругое пружинение	70
— — — при гибке	70
— — — при гибке с калибровкой	71
Усилие вырезки плоскими кромками	32
— — — скошенными кромками	39
— — — вытяжки	142
— — — гибки	78
— — — калибровки	207
— — — объемной штамповки	192
— — — отбортовки	174
— — — правки	187
— — — прижима	144
— — — проталкивания	40
— — — резания ножницами	27
— — — снятия с пуансова	40
— — — холодного выдавливания	215
— — — чекайки	193

Ф

Фиксаторы (трафареты)	338
Формовка	169
— — — рельефная	169, 170

Х

Хвостовики штампов, типы	152
Холодная пластическая сварка	218, 219
Холодное выдавливание	208

Ц

Цветные металлы и сплавы, ленты	423
— — сопротивление срезу	35
Центр давления штампа	370
— — — графический способ определения	371
— — — аналитический способ определения	372

Ч

Чеканка	193
— требуемое усилие	193
— удельное давление	193
Чистовая вырубка и пробивка	43
Чистота поверхности деталей штампов	354—356

Ш

Шарниры, расчет заготовки	69
-------------------------------------	----

Штамповка в мелкосерийном производстве 292

— по элементам контура	296—299
Штампо-сварные конструкции	252—253
Штампы, закрытая высота	378
— — классификация общая	300—305
— — по эксплуатационному признаку	309—311
— комбинированные, выбор типа	275
— — последовательные, типы	308, 309
— — совмещенные, типы	306—309
— нахождение центра давления	370
— паспорт	380
— порядок проектирования	370
— продолжительность перестановки	289, 290
— расчет на прочность	372
— соединение деталей винтами	349
— — — штифтами	351
— стойкость	365—369
— точность обработки деталей	354, 356
— чистота обработки деталей	354, 356

ЛИТЕРАТУРА

1. Академия наук СССР, Руководство по разработке и упорядочению научно-технической терминологии, АН СССР, 1952, стр. 26—29.
2. Альшевский Л. Е., Тяговые усилия при холодном волочении труб, Metallurgizdat, 1952.
3. Баскаков Е. И., Конструирование и изготовление вырезных штампов, ОНТИ НКТП, 1935.
4. Берман А. Г. и Клопфер Г. Е., Организация штампового хозяйства НКМП, 1937.
5. Богданов В. М. и Яковлев А. Г. Штамповка деталей по элементам в мелкосерийном производстве, Машгиз, 1952.
6. Богословский Г. Г. и др., Руководящие материалы по проектированию штампов для холодной штамповки, Гизместпром, 1940.
7. Вайнштейн Н. Т., Экономия листовой стали по холодной штамповке, ГАЗ им. Молотова, 1951.
8. Виноградов Н. В., Техминимум установщика штампов, Госэнергоиздат, 1946.
9. Волосатов В. А., Безотходная и малоотходная штамповка, Машгиз, 1953.
10. Головин С. М., Накатка резьбы на полых изделиях, Машгиз, 1940.
11. Громова А. Н., Заготовительно-штамповочные работы в самолетостроении, Оборонгиз, 1947.
12. Грюнман К. И., Штамповальное производство, ОНТИ НКТП, 1935.
13. Губкин С. И., Теория обработки металлов давлением, Metallurgizdat, 1947.
14. Давыдов В. И., Гибочные полуавтоматы, Труды Горьковского индустр. инст. им. А. А. Жданова, т. VI, вып. 1, 1948.
15. Демин Е. Н., Изготовление матриц прессформ холодным выдавливанием, Машгиз, 1950.
16. Дин А. М., Горячая листовая штамповка и гибочные работы, Машгиз, 1950.
17. Емельянов М. Ф., Рациональные приемы холодной штамповки, сборн. «Горячая и холодная штамповка», Оборонгиз, 1951.
18. Закс Г., Практическое металловедение, ОНТИ НКТП, 1938.
19. Зворно Б. П., Альбом штампов холодной штамповки, Оргметалл, ОНТИ, 1938.
20. Зворно Б. П., Расчет и конструирование штампов для холодной штамповки, Машгиз, 1949.
21. Зибель Э., Обработка металлов в пластическом состоянии, Metallurgizdat, 1934.
22. Зимин А. И., Винтовой фрикционный пресс, ГНТИ, 1931.
23. Знаменский А. П., Справочник металлста, ГНТИ, т. II, 1933.
24. Золотых В. Н., Электроискровой контактный способ упрочнения металлических поверхностей, Госэнергоиздат, 1951.
25. Зубцов М. Е., Технология холодной штамповки, Машгиз, 1950.
26. Зубцов М. Е., Холодная штамповка, Машгиз, 1941.

27. Идельсон М. И. и Шульман Е. Ф., Многостаночное обслуживание в штамповочных цехах, Гизместпром, 1940.
28. Ильюшин А. А., Пластичность, Гостехиздат, 1948.
29. Кальманович З. М., Штампы для холодной штамповки. Машгиз, 1941.
30. Кальманович З. М., Современные конструкции холодных штампов, Машгиз, 1949.
31. Кальманович З. М. и Норицын И. А., Последовательная вытяжка в ленте, ИТЭИН, 1948.
32. Калюжный В. Т. и др., Неметаллические материалы, их обработка и применение, Оборонгиз, 1949.
33. Камышный Н. И., Механизмы питания автоматических станков, Машгиз, 1951.
34. Канторович Л. В. и Залгаллер В. А., Расчет рационального раскроя промышленных материалов, Лениздат, 1951.
35. Клейман Г. М., Допуски на холодноштампованные детали. Оборонгиз, 1946.
36. Ключников С. И., Точная штамповка, Машгиз, 1949.
37. Коман А. А., Обработка листовой и профильной стали, Судпромгиз, 1950.
38. Кривицкий В. Н. и Саенко А. Н., Холодная штамповка листового материала, КОИЗ, 1936.
39. Кухтаров В. И., Изготовление штампов для холодной штамповки, Машгиз, 1951.
40. Ленский В. С., Упругость и пластичность, Гостехиздат, 1950.
41. Лейкин А. Е., Холодная штамповка, ОНТИ НКТП, 1937.
42. Личадеев Н. Н. и Коровин А. К., Альбом деталей штампов для холодной штамповки, Оргаметалл, 1936.
43. Любвин В. И., Обработка деталей редуцированием, Машгиз, 1949.
44. Малов А. Н., Технология холодной штамповки, Оборонгиз, 1949.
45. Малов А. Н., Холодная штамповка, Машгиз, 1935.
46. Малов А. Н., Производство патронов, Оборонгиз, 1947.
47. Малов А. Н., Автоматическая загрузка металлорежущих станков, Машгиз, 1947.
48. Малов А. Н. и Попов Е. А., Штамповка толстолистового металла, ИТЭИН, 1947.
49. Малявский С. З., Техника безопасности в холоднопрессовых цехах, Машгиз, 1953.
50. Марковец М. П., Диаграммы истинных напряжений и расчет на прочность, Оборонгиз, 1949.
51. Медведюк Н. И., Медник-дюралюмик, Оборонгиз, 1952.
52. Мендлин М. А., Штамповка резиной, Оборонгиз, 1944.
53. Мещерин В. Т., Штамповые детали, Росгизместпром, 1953.
54. Мещерин В. Т., Штампы, Машгиз, 1947.
55. Мещерин В. Т., Листовая штамповка, Атлас схем, Машгиз, 1951.
56. Мещерин В. Т., Справочник по листовой штамповке и штампам, Росгизместпром, 1950.
57. Мисожников В. М. и Гринберг М. Я., Технология холодной высадки металлов, Машгиз, 1950.
58. Мисожников В. М., Холодная высадка металлов, Машгиз, 1933.
59. ММП РСФСР, Типовые нормативы времени на изготовление штампов для холодной штамповки, Гизместпром, 1951.
60. ММП РСФСР, Типовые нормы времени и нормали по жестяничному производству, Гизместпром, 1951.
61. Надаи А., Пластичность, ОНТИ НКТП, 1936.

62. Наркомместпром, Краткое руководство по работе штамповщика, 1936.
63. Недорезов В. Е., Глубокая вытяжка листового металла, Машгиз, 1949.
64. Носаль В. В., Резание металлов на дисковых ножницах, Машгиз, 1950.
65. Поляк С. М., Объемная штамповка в холодном состоянии, Оборонгиз, 1951.
66. Поляк С. М. и Сорокин Б. В., Современные методы холодной штамповки, Машгиз, 1950.
67. Помельцов С. В., Карманный справочник по холодной штамповке, Гизместром, 1941.
68. Прозоров Л. В., Прессование стальных профилей и труб, ЦНИИТМАШ, кн. 41, Машгиз, 1951.
69. Пытьев П. Я., Быстросменные вырубные штампы, Оборонгиз, 1940.
70. Разумихин М. И., Заготовительно-штамповочные работы, Оборонгиз, 1944.
71. Ренне И. П., Статьи по пластическому изгибу, Труды Тульского механического инст., вып. 4 и 5, Оборонгиз, 1950 и 1951.
72. Ровинский Г. А., Контроль качества штампованных деталей, МОНИТОМАШ, 1951.
73. Рогалев И. А., Холодная гибка стальных листов под прессом, Судпромгиз, 1951.
74. Романовский В. П., Справочник по холодной штамповке, Машгиз, 1949.
75. Романовский В. П., Обзор достижений в области холодной штамповки, ЛДНТП, 1952.
76. Романовский В. П., Пути дальнейшего развития холодно-штамповочного производства, Лениздат, 1951.
77. Романовский В. П., Основы рациональной разработки технологических процессов холодной штамповки, Тезисы докладов, ВНИТОКШ, вып. III, Машгиз, 1940.
78. Романовский В. П., Холодная штамповка, Лениздат, 1946.
79. Романовский В. П., Многооперационная последовательная штамповка, Машгиз, 1948.
80. Романовский В. П., Руководящие материалы по холодной штамповке, Оргсудопром, 1946.
81. Романовский В. П., Классификация и терминология холодной штамповки и штампов, ВНИТОКШ, 1940.
82. Романовский В. П., Кальманович З. М., Челов С. Д., Ползиков В. С. и др., Проект общесоюзного классификатора инструмента для холодной обработки давлением (проект ГОСТ, 2-я редакция), 1948.
83. Рубенкова Л. А., Руководство по паспортизации кривошипных прессов, Машгиз, 1951.
84. Савровский Д. С. и Поздеев В. Г., Холодное прессование полых изделий из алюминия методом обратного выдавливания, Новосибиргиз, 1947.
85. Сахненко В. Л., Холодная гибка и правка деталей, Машгиз, 1951.
86. Сборник "Обработка металлов давлением", под ред. И. П. Громова, Metallurgizdat, 1952.
87. Сборник "Экономия металла на каждом изделии", Госнаб СССР, 1952.
88. Сборник "Кузнечно-штамповочное производство", сборн. статей по холодной штамповке (ст. Головина С. М., Рванцева Ф. З., Романовского В. П., Фрейлина А. Я., Шишкова Б. Н.), ВНИТОКШ, Машгиз, 1938.

89. Сборник „Комплексная механизация производственных процессов в машиностроении“, МОНИТОМАШ, вып. 2, Машгиз, 1950.
90. Сборник „Передовой опыт экономии черных металлов“, РИС Госнаба СССР, 1952.
91. Сборник „Машины и технология обработки металлов давлением“, под ред. проф. А. И. Зимины, МВТУ им. Баумана, Машгиз, 1951.
92. Сборник „Новое в области штамповочной технологии“, Станкин имени И. В. Сталина, под ред. В. Т. Мещерина и М. В. Сторожева, Машгиз, 1951.
93. Сборник „Прогрессивная технология кузнечно-штамповочного производства“, ЛОНИТОМАШ, ч. I, кн. 31 (Раздел холодной штамповки), Машгиз, 1952.
94. Сборник „Прогрессивная технология кузнечно-штамповочного производства“ (Раздел холодной штамповки), Машгиз, 1953.
95. Сборник „Из опыта новаторов и стахановцев кузнечных и штамповочных цехов ленинградских заводов“, Машгиз, 1951.
96. Сборник „Ленинградские кузнецы и штамповщики в борьбе за технический прогресс“, Лениздат, 1952.
97. Сборник „Новые исследования в области кузнечной технологии“, ЦНИИТМАШ, кн. 32, Машгиз, 1950.
98. Сборник „Обработка без снятия стружки“, Машгиз, 1951.
99. Селиванкин С. А., Производство ювелирных изделий, Госторгиздат, 1952.
100. Селлин В., Вытяжное производство, ОНТИ НКТП, 1936.
101. Сеферов Г. К., Консон А. С., Холодное штампование, Гизместпром, 1940.
102. Славко К. Н. и Громова А. Н., Холодная штамповка на падающих молотах в самолетостроении, Оборонгиз, 1941.
103. Смирнов В. С., Поперечная прокатка, Машгиз, 1948.
104. Смирнов-Аляев Г. А., Сопротивление материалов пластическим деформациям, Машгиз, 1949.
105. Смирнов-Аляев Г. А. и Вайнтрауб Д. А., Холодная штамповка в приборостроении, Машгиз, 1950.
106. Соболев Ю. М., Конструктивно-технологическая обработка деталей, Молотовгиз, 1952.
107. Соболев Ю. М., Безотходное холодное штампование и метод конструирования деталей, Молотовгиз, 1951.
108. Соколовский В. В., Теория пластичности, Гостехиздат, 1950.
109. Сорокин Б. В., Штампы для облицовочных деталей автомобиля, Машгиз, 1951.
110. Сорокин С. Я., Технология листовой штамповки магниевых сплавов, Оборонгиз, 1951.
111. Сорокин С. Я., Холодная штамповка, Оборонгиз, 1948.
112. Справочные данные по штамповке, Станкин имени И. В. Сталина (Мещерин В. Т., Звороно Б. П. и Томленов А. Д.), 1948.
113. Степанов В. Н., Чеканка штампованных деталей, Оборонгиз, 1946.
114. Степанов В. Н., Штамповщик на приводных прессах, Оборонгиз, 1946.
115. Сторожев М. В., Копылов Н. Н., Справочные листы для расчета кривошипных прессов, ЦНИИТМАШ, 1936.
116. Толкачев А. Л., Безопасные штампы при холодной штамповке, Каталогиздат, 1940.
117. Томаров М. М., Холодная штамповка металла, Оборонгиз, 1940.
118. Томаров М. М., Техника безопасности при холодной штамповке листового металла, Оборонгиз, 1950.

119. Томленов А. Д., Теория пластических деформаций металлов, Машгиз, 1951.
120. Унксов Е. П., Новое в технологии горячей штамповки, Машгиз, 1948.
121. Унксов Е. П., Пластическая деформация при ковке и штамповке, Машгиз, 1939.
122. Фаворский В. Е., Процесс холодной штамповки по методу ударного выдавливания, ЦБТИ МПСС, № 2, 1948.
123. Фаворский В. Е., Холодная штамповка цветных металлов выдавливанием, Машгиз, 1951.
124. Фаткин Ф. М., Штамповка цветных металлов и сплавов, Металлургиздат, 1952.
125. Фридман Я. Б., Механические свойства металлов, Оборонгиз, 1952.
126. Хрусталева М. И. и Шуан Е. Ф., Механизация штамповочных работ, Гизместпром, 1947.
127. Цессарский Б. И., Конструирование и производство штампов, Машгиз, 1951.
128. Шальнев В. Г., Механические прессы, Машгиз, 1946.
129. Шальнев В. Г., Руководство наладчику кривошипных прессов, Машгиз, 1945.
130. Шишков Б. И., Конструкция штампов в часовом производстве, Оборонгиз, 1941.
131. Шофман Л. А., Глубокая вытяжка листовой стали на прессах, Машгиз, 1944.
132. Шофман Л. А. и др., Исследование влияния смазки при глубокой вытяжке листовой стали, ВНИТОКШ, 1940.
133. Шофман Л. А., Автоматизация и механизация штамповальных работ, ИТЭИН, № 19, 1946.
134. Шофман Л. А., Элементы теории холодной штамповки, Машгиз, 1952.
135. НИИМП, Методы повышения стойкости штампов, Гизместпром, 1940.
136. ГИПРОМАШ, Нормирование холодноштамповочных работ на эксцентровых прессах, 1938.
137. ОСТ НКТП 7223/472—7240/489, Детали штампов для холодной штамповки, Стандартгиз, 1935—1941.
138. ОСТ 40181—40188, Блоки, пакеты и детали штампов для холодной штамповки, Оборонгиз, 1940.
139. ОРГАВИАПРОМ, Руководящие материалы по нормированию работ.

Статьи

140. Аркуша П. Н., Метод определения оптимального контура деталей, вырубаемых из листового металла, Вестн. машиностроения, 1951, № 4.
141. Баранов И. Б., Исследование холодной пластической сварки цветных металлов, сборн. ЛОНИТОМАШ, кн. 31, Машгиз, 1952.
143. Байц Д. С., Высокопроизводительные методы штамповки в электромашиностроении, сборн. статей, Машгиз, 1953.
144. Байц Д. С. и Барбот В. И., Опыт применения тарельчатых пружин в штампах для холодной штамповки, Вестн. машиностроения, 1951, № 1.
145. Беликов А. Н., Применение инфракрасных лучей при штамповке изделий из листового магниевого сплава, Вестн. машиностроения, 1953, № 1.
146. Васиин И. М. и Маликов А. Н., Штамповка полых изделий в резине, Автомобильная и тракторная промышленность, № 12, 1950.

147. В а и н т р а у б Д. А., Вытяжка полых изделий конической и полусферической формы, ВИТИН, 1952.
148. В а и н т р а у б Д. А., Технология вытяжки прямоугольных коробок, сборн. ЛОНИТОМАШ, кн. 31, Машгиз, 1952.
149. В о л о д и н Е. А., Электроискровая обработка матриц вырубных штампов, Вестн. машиностроения, 1947, № 11.
150. В о л о с а т о в В. А., Технология безотходной и малоотходной штамповки, сборн. ЛОНИТОМАШ, кн. 31, Машгиз, 1952.
151. Г а р к а в и Я. Н., О распределении напряжений в материале при вырезке и пробивке, Инженерный сборн. Академии наук СССР, т. III, вып. 1, изд. Ак. наук, 1946.
152. Г о л о в и н С. М. и Р в а н ц е в Ф. З., Влияние отдельных факторов при резании штампами, Цветные металлы, 1938, № 1.
153. Г о л у б о в с к и й Ю. Н., Гибка профилированных деталей, сборн. статей, Машгиз, 1953.
154. Г о л ь м а н Л. Д., Теоретические и технологические основы гидравлической вытяжки, сборн. ЛОНИТОМАШ, кн. 31, Машгиз, 1952.
155. Д а г е л а й с к а я Н. А., Освоение штамповки по второму и третьему классам точности, Лениздат, 1951.
156. Д е м и н Е. Н., Холодное выдавливание матриц штампов и пресс-форм, сборн. ЛОНИТОМАШ, кн. 31, Машгиз, 1952.
157. Е м е л ь я н о в М. Ф., Правка листовых деталей, Вестн. машиностроения, 1952, № 4.
158. З в о р о н о Б. П., Методы получения отбортованных отверстий, Вестн. металлопромышленности, 1937, № 12.
159. З в о р о н о Б. П., Методы расчета заготовок для вытяжки прямоугольных изделий, Вестн. машиностроения, 1947, № 6.
160. З в о р о н о Б. П., К вопросу теории вытяжки полых изделий, сборн. статей, Машгиз, 1953.
161. З в о р о н о Б. П., Технологические зависимости для усилия и работы штамповки при операциях вырезки и пробивки, Вестн. машиностроения, 1948, № 11.
162. З у б ц о в М. Е., Повышение стойкости штампов, сборн. ЛОНИТОМАШ, кн. 31, Машгиз, 1952.
163. И с а ч е н к о в Е. И., О проблеме смазки при глубокой вытяжке, Вестн. машиностроения, 1951, № 10.
164. И с а ч е н к о в Е. И., Влияние трения и смазки на утонение материала при глубокой вытяжке, Вестн. машиностроения, 1951, № 1.
165. И с а ч е н к о в Е. И. и П и х т о в н и к о в Р. В., К вопросу влияния скорости деформирования на процесс штамповки деталей из листа, Вестн. машиностроения, 1952, № 5.
166. К л ю ч н и к о в С. И., Холодная ковка в штампах, Вестн. машиностроения, 1948, № 7.
167. К р е ч е т о в а Т. И., Применение метода холодного выдавливания для изготовления стальных полых изделий, Вестн. машиностроения, 1950, № 8.
168. Л а н в е р Н. Л., Новые конструкции крупных кривошипных прессов, Вестн. металлопромышленности, 1937, № 7—8.
169. М а л а м у д М. В., Профилирование вместо штамповки, Вестн. машиностроения, 1953, № 1.
170. М а р к о в е ц М. П., О пластическом изгибе при больших деформациях, Зав. лаборатория, 1946, № 4—5.
171. М е щ е р и н В. Т., Влияние зазора между пуансоном и матрицей на поверхность среза и размеры вырезки, Вестн. металлопромышленности, 1937, № 7—8.
172. М е щ е р и н В. Т., Методы объемного штампования, Оборонгиз, 1941.
173. М о ш н и н Е. Н., Определение основных параметров холодной гибки, Вестн. машиностроения, 1953, № 4.

174. Нарышкин А. А., Расчет усилий при правке плоских стальных изделий, Вестн. машиностроения, 1952, № 3.
175. Нистратон А. Ф., Закрытые прессы с нижним приводом, «Новое в иностранной технике станкостроения», ЦБТИ, МСС, 1948, № 17—18.
176. Норичын И. А., Исследование пульсирующей вытяжки листового металла, Вестн. машиностроения, 1947, № 6.
177. Норичын И. А., Глубокая вытяжка листового металла без межоперационных отжигов, Вестн. машиностроения, 1950, № 10.
178. Попов Е. А., Деформирующее усилие и степень деформации при вытяжке с утонением стенки, Вестн. машиностроения, 1951, № 1.
179. Попов Е. А., Допустимый коэффициент отбортовки, Вестн. машиностроения, 1951, № 3.
180. Попов Е. А., Исследование процесса отбортовки, сборн. статей, Машгиз, 1953.
181. Ренне И. П., Деформация при пластическом изгибе, Зав. лаборатория, 1949, № 11.
182. Рождественский Ю. Л., Влияние циклического нагружения на процесс пластического деформирования металла, сборн. МВТУ «Машины и технология обработки металлов давлением», Машгиз, 1951.
183. Романовский В. П., О зазорах в вырезных штампах, Труды Гипромаша, т. IV, 1936.
184. Романовский В. П., О пластическом изгибе, Зав. лаборатория, 1948, № 12.
185. Романовский В. П., О пластическом изгибе, Зав. лаборатория, 1949, № 12.
188. Романовский В. П., Определение формы и размеров заготовок при вытяжке высоких прямоугольных коробок, Вестн. машиностроения, 1953, № 7.
189. Романовский В. П., Прогрессивная технология холодной штамповки, сборн. ЛОНИТОМАШ, кн. 31, Машгиз, 1952.
190. Ровинский Г. Н., Типаж листоштамповочного оборудования для автомобильной промышленности в новой пятилетке, Вестн. машиностроения, 1953, № 6.
191. Рубенкова Л. А., Руководство по паспортизации металлodeящего оборудования, вып. 1, ЦИТМ, 1950.
192. Руднев Ю. М., Графический способ раскроя листового металла, Вестн. машиностроения, 1953, № 1.
193. Рябинин Б. В., Пружинение при гибке стальных деталей, сборн. ЛОНИТОМАШ, кн. 31, Машгиз, 1952.
194. Рябинин Б. В., Определение оптимальных усилий для гибки металлических изделий в холодном состоянии, Вестн. машиностроения, 1951, № 8.
195. Свердлов М. И., Теория одновременной вытяжки в нескольких матрицах, сборн. ЛОНИТОМАШ, кн. 31, Машгиз, 1952.
196. Семенов А. П., Изучение схватывания металлов при совместном пластическом деформировании, Инст. машиноведения АН СССР, 1952.
197. Смирнов В. П., Электронскровое упрочнение штампов, Автомобильная и тракторная промышленность, 1952, № 1.
198. Семенов Ю. Л., Усилия при холодной правке на роликовых правильных машинах, Вестн. машиностроения, 1953, № 4.
199. Сорокин С. Я. и Давыдов Ю. П., Листовая штамповка магниевых сплавов, Вестн. машиностроения, 1951, № 2.
200. Сорокин С. Я., Давыдов Ю. П. и Деннер И. И., Применение защитной пленки при глубокой вытяжке нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов, Вестн. машиностроения, 1951, № 7.
201. Сорокин С. Я. и Давыдов Ю. П., Глубокая вытяжка алюминиевых сплавов с нагревом деформируемой заготовки, Вестн. машиностроения, 1952, № 2.

202. Страшун Н. З., Штамповка неметаллических материалов, сборн. ЛОНИТОМАШ, кн. 31, Машгиз, 1952.
203. Грейвас Е. З., Об экономии металла при холодной штамповке, Вестн. машиностроения, 1953, № 3.
204. Унксов Е. П., Механические ковочные прессы и их применение, «Новое в иностранной технике станкостроения», ЦБТИ, МСС, 1948, № 17—18.
205. Филиппов В. В. и Городнов П. Т., Твердая пайка стальных штампованных изделий, Автомобильная и тракторная промышленность, 1952, № 6.
206. Фрейдлин А. Я., Расчет усилия, необходимого для резки листовой стали на штампах, Вестн. машиностроения, 1951, № 6.
207. Фрейдлин А. Я., Совершенствование техники производства в прессово-кузовных цехах ГАЗ им. Молотова, Автомобильная и тракторная промышленность, 1952, № 1.
208. Фрейдлин А. Я., Статьи в журн. «Автомобильная и тракторная промышленность», 1951, № 3 и 5.
209. Фрейдлин А. Я., Вопросы механизации прессовых операций, Вестн. металлопромышленности, 1939, № 4.
210. Фрейдлин А. Я., Глубокая вытяжка, Америк. техн. и промышленность, 1947, № 3.
211. Фрейдлин А. Я., О новых процессах глубокой вытяжки, Автомобильная промышленность, 1948, № 2.
212. Шевандин Е. М., Новый метод испытания металлических листовых материалов, Зав. лаборатория, 1946, № 7—8 и 9—10.
214. Шевелкин Б. Н., Штамповка листовой двуслойной стали, НИИХИММАШ, 1952.
215. Шишков Б. И., Конструкции штампов для производства точной механики, Вестн. металлопромышленности, 1937, № 2 и 3.
216. Шишков Б. И., Холодная чеканка мелких деталей, Машиностроитель, 1937, № 9—10.
217. Шофман Л. А., Штамповка-вытяжка в ленте, Вестн. металлопромышленности, 1938, № 12.
218. Шофман Л. А., Испытание листового металла для глубокой вытяжки, Зав. лаборатория, 1946, № 4—5.
219. Шофман Л. А., Основные направления развития холодного штампования в новой пятилетке, Вестн. машиностроения, 1947, № 6.
220. Стороженев М. В., Основы расчета кривошипных прессов, Вестн. машиностроения, 1935, № 10.
221. Эммануилов И. Э., Исследование прогиба листовых материалов, Вестн. металлопромышленности, 1937, № 5.

Справочники

222. ВНИТОМАШ, Стали в машиностроении, Машгиз, 1946.
223. Конструкционные стали, под редакцией акад. Н. Т. Гудцова, Металлургиздат, 1947.
224. Энциклопедический справочник «Машиностроение», т. 3, Машгиз, 1948.
225. Энциклопедический справочник «Машиностроение», т. 4, Машгиз, 1948.
226. Энциклопедический справочник «Машиностроение», т. 6, Машгиз, 1948.
227. Энциклопедический справочник «Машиностроение», т. 8, Машгиз, 1948.
228. Справочник по цветным металлам и сплавам, Metallurgizdat, 1948.

229. Справочник-каталог по деформированным алюминиевым и алюминево-магниевым сплавам, Металлообрабатывающий завод, 1940.
230. Яманов С. А. и Смирнов С. А., Справочник по изоляционным материалам для радиопромышленности, Госэнергоиздат, 1947.
231. Справочник машиностроителя, т. II, Машгиз, 1952.
232. Знаменский А. П., Справочник металлста, т. I и II, ГНТИ, 1933.

Иностранная литература

233. Grape E. V., Plastic working of Press operation, N. Y., 1943.
234. Stanley, Punches and Dies, 1943
235. Hinman C. W., Die Engineering Layouts, N. Y., 1943.
236. Göhre E., Werkzeuge und Pressen, der Stanzerel, 1936.
237. Schuler, Taschenbuch, 1937.
-

О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие ко второму изданию	3
Принятые обозначения	5
Введение	7
1. Характеристика и преимущества холодной штамповки	—
2. Значение и направление развития холодной штамповки	8

Раздел первый

ПРОЦЕССЫ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ

Глава I. Классификация и терминология основных процессов и операций холодной штамповки	13
1. Классификация основных процессов и операций	—
2. Терминология и характеристика основных операций	18
Глава II. Резка	24
3. Резка листового металла ножницами	—
4. Определение усилий резания ножницами	27
5. Резка листового металла штампами	28
6. Определение усилий при вырезке и пробивке	31
7. Зазоры между матрицей и пуансоном	41
8. Чистовая вырубка и пробивка и зачистная штамповка	43
9. Вырезка резиной	51
Глава III. Гибка	54
10. Процесс гибки листового металла	—
11. Нейтральный слой	56
12. Величина деформаций и минимально допустимые радиусы гибки	63
13. Определение размеров заготовок при гибке	67
14. Упругое пружинение при гибке	70
15. Изгиб с растяжением	74
16. Изгибающие моменты и усилия гибки	76
17. Конструктивно-технологические элементы и указания при гибке	79
Глава IV. Вытяжка	83
18. Процесс вытяжки	—
19. Определение размеров и формы заготовок при вытяжке	92
20. Коэффициенты вытяжки и определение последовательности и числа операций	116
21. Определение усилий вытяжки и давления прижима	141
22. Определение работы и мощности вытяжки	144
23. Радиусы закруглений и зазоры при вытяжке	146

8. Основы технического нормирования холодноштамповочных работ	286
9. Технологическая документация	292
10. Применение холодной штамповки в мелкосерийном производстве	—

Раздел третий

**ТИПОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ШТАМПОВ, ИХ УЗЛОВ
И ДЕТАЛЕЙ**

Глава I. Классификация типовых штампов и их деталей	300
1. Технологическая классификация типовых штампов	—
2. Классификация штампов по конструктивному и эксплуатационному признакам	309
3. Классификация деталей штампов	313
Глава II. Конструкции типовых узлов и деталей штампов	314
4. Типовые конструктивные узлы и детали штампов	—
5. Типовые технологические узлы и детали штампов	323
6. Точность изготовления и чистота обработки деталей штампов Допуски и посадки	353
7. Материалы для деталей штампов	361
8. Стойкость штампов	365
Глава III. Порядок проектирования и расчеты штампов на прочность	370
9. Порядок и этапы проектирования	—
10. Определение центра давления штампа	—
11. Расчеты деталей штампов на прочность	372
12. Закрытая высота штампа и прессы	378
13. Паспорт штампа	379

Раздел четвертый

ПРЕССЫ ДЛЯ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ

Глава I. Классификация и основные типы прессов	382
1. Классификация штамповочных прессов	—
2. Пути модернизации прессового оборудования	384
Глава II. Механизация и автоматизация процессов холодной штамповки	388
3. Механизация и автоматизация подачи материала и заготовок	389
4. Механизация и автоматизация удаления деталей и отходов	399
5. Автоматизация межоперационной транспортировки заготовок	401
6. Автоматизация укладки (стапелирования) отштампованных деталей	403
7. Автоматизация управления и контроля процесса штамповки	405
Глава III. Организация и планировка рабочего места	407

24. Смазка при вытяжке	151
25. Особые способы вытяжки	155
26. Наклеп металла и отжиг при вытяжке	164
Глава V. Формовка	169
27. Рельефная формовка	—
28. Отбортовка	171
29. Полая высадка (растяжка)	183
30. Обжимка	185
31. Правка	186
Глава VI. Объемная штамповка	190
32. Характеристика операций	—
33. Чеканка	193
34. Осадка и высадка	194
35. Объемная формовка	200
36. Калибровка	204
37. Холодное выдавливание	208
Глава VII. Особые виды обработки давлением	218
38. Холодная пластическая сварка	—
39. Применение холодной штамповки для сборки	220
40. Профилирование ленточного, полосового и листового металла	223
41. Гибка профилированных заготовок	229
42. Давильные и накатные работы	232
Глава VIII. Штамповка неметаллических материалов	238
43. Основные виды неметаллических материалов, применяемых в холодной штамповке	—
44. Резка и вырубка деталей из неметаллических материалов	239
45. Гибка неметаллических материалов	242
46. Вытяжка неметаллических материалов	243
<i>Раздел второй</i>	
ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ	
Глава I. Технологичность штампованных деталей	245
1. Технологические требования к конструкции штампованных деталей	—
2. Методы повышения технологичности штампуемых деталей и экономии металла	248
Глава II. Разработка технологических процессов холодной штамповки	254
3. Задачи и порядок разработки технологических процессов	—
4. Раскрой материала и величина перемячек	255
5. Установление характера, количества, последовательности и совмещенности операций	272
6. Точность штампованных деталей и операционные допуски	276
7. Выбор типа и давления пресса	281

*Раздел пятый***МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ХОЛОДНОЙ
ШТАМПОВКЕ**

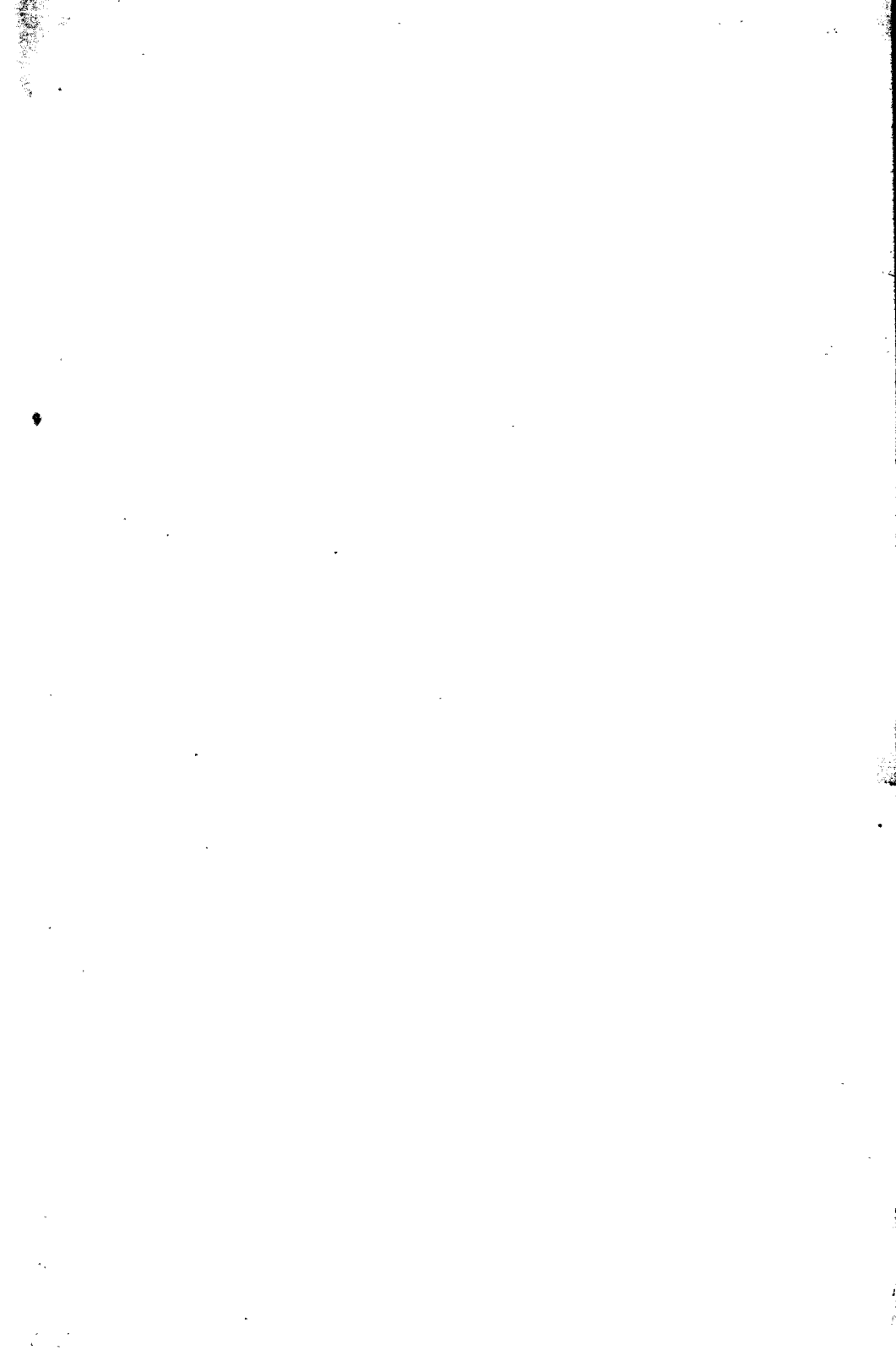
Глава II. Характеристика материалов	411
1. Основные материалы, применяемые в холодной штамповке	—
Глава II. Технологические и механические свойства основных материалов	425
2. Указания по технологическому применению	—
3. Определение механических и технологических свойств листового металла	425
Приложение I. Технические характеристики прессов	434
Приложение II. Справочные таблицы	462
Предметный указатель	477
Литература	482

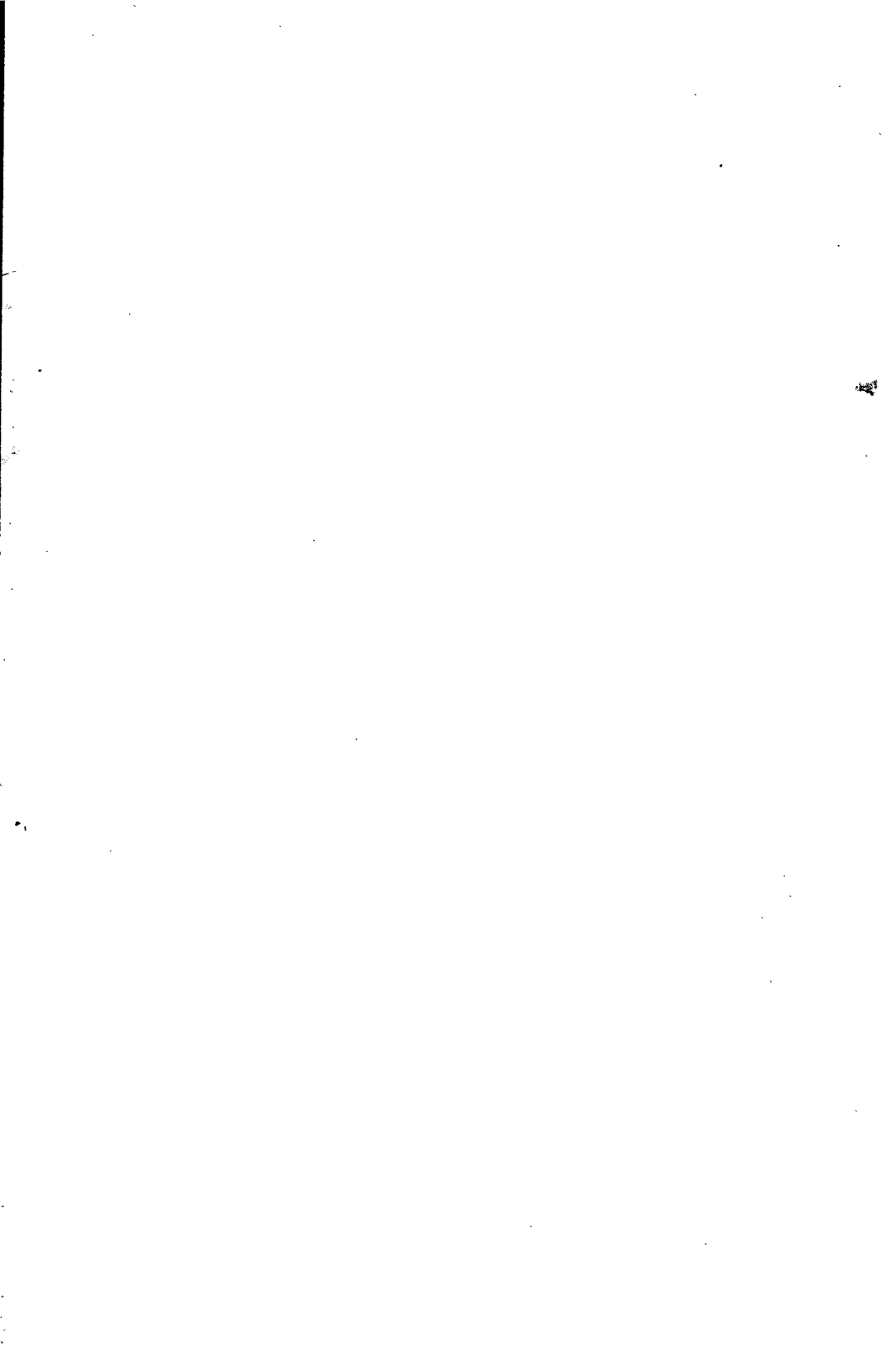
Технический редактор *Р. Г. Польская*

Корректор *Е. С. Кушлю*

Подписано к печати 10/V 1954 г. М-32263. Формат бумаги 60×92¹/₁₆.
Печ. листов 31. Уч.-изд. листов 36,4. Тираж 20 000 (1-й завод 1—10 000) экз.
Заказ 1461.

1-я типография Машгиза. Ленинград, ул. Моисеенко, 10.





ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Должно быть	По чьей вине
76	Табл. 36, 3-я сверху	внутренних сил в <i>кг/мм</i>	внутренних сил в <i>кгмм</i>	Авт.
77	Табл. 36, 2-я сверху	внутренних сил в <i>кг/см</i>	внутренних сил в <i>кгмм</i>	"
158	Фиг. 117	и давлением	давлением	"
211	Табл. 105, 5-я графа, 2-я снизу	40	40 *	Корр.

Романовский, Зак. 1461.

