



**С.С. КЛИМЕНКОВ**

# **ФОРМООБРАЗУЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ В МАШИНОСТРОЕНИИ. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ**

*Допущено  
Министерством образования Республики Беларусь  
в качестве учебного пособия для студентов учреждений высшего  
образования по машиностроительным специальностям*

Минск  
«Новое знание»

Москва  
«ИНФРА-М»

2015

УДК [621.7+621.9].07(075.8)

ББК 34.5-5я73

К49

Рецензенты:

кафедра «Технология машиностроения» Белорусско-Российского университета;

профессор кафедры «Технология машиностроения» Белорусского национального технического университета, доктор технических наук, профессор  
*И.А. Каишальян*

**Клименков, С.С.**

К49      **Формообразующий инструмент в машиностроении. Расчет и конструирование : учеб. пособие / С.С. Клименков. — Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2014. — 671 с. — (Высшее образование).**

ISBN 978-985-475-668-4.

Рассмотрены типовые конструкции формообразующего инструмента в машиностроении: штампов для холодного и горячего деформирования материала, пресс-форм для изготовления изделий из порошков, литейных форм для изготовления изделий из металлов и полимеров. Даны рекомендации по выбору материалов.

Для студентов машиностроительных специальностей, магистрантов, аспирантов, а также учащихся колледжей, слушателей курсов повышения квалификации, инженерно-технических работников.

**УДК[621.7+621.9].07(075.8)**

**ББК 34.5-5я73**

ISBN 978-985-475-668-4

© Клименков С.С., 2015

© ООО «Новое знание», 2015

# Оглавление

От автора.....	7
<b>Глава 1. Технологические расчеты штампов для холодной штамповки.....</b>	<b>8</b>
1.1. Общие сведения .....	8
1.2. Разделительные штампы.....	14
1.2.1. Технологичность плоских изделий .....	14
1.2.2. Раскрой материала .....	16
1.2.3. Расчет усилий для процессов вырубки-пробивки. Определение центра давления штампа .....	19
1.2.4. Расчет исполнительных размеров матриц и пуансонов разделительных штампов.....	22
1.2.5. Штампы для чистовой вырубки-пробивки.....	25
1.3. Гибочные штампы.....	29
1.4. Вытяжные штампы.....	39
1.4.1. Штампы для вытяжки без преднамеренного утонения толщины стенок .....	39
1.4.2. Штампы для вытяжки с преднамеренным утонением стенок .....	55
1.5. Конструктивно-технологические характеристики изделий, получаемых холодным выдавливанием.....	58
<b>Глава 2. Инструмент для холодной обработки давлением .....</b>	<b>70</b>
2.1. Общие сведения .....	70
2.2. Разделительные штампы.....	74
2.2.1. Виды разделительных штампов .....	74
2.2.2. Узлы разделительных штампов.....	82
2.2.3. Формообразующие детали разделительных штампов.....	98
2.2.4. Штампы для чистовой вырубки .....	118
2.3. Гибочные штампы.....	124
2.4. Вытяжные штампы.....	134
2.5. Штампы для вытяжки с преднамеренным утонением стенок изделия...	140
2.6. Штампы для гидромеханической вытяжки.....	146
2.7. Штампы для холодного выдавливания.....	149
2.7.1. Универсальные блоки и пакеты .....	149
2.7.2. Конструирование формообразующих деталей штампов для холодного выдавливания.....	155
2.8. Штампы для холодного гидропрессования .....	161
2.9. Штамповые узлы и детали общего назначения .....	170
2.10. Конструирование штампов.....	183
2.10.1. Методика конструирования штампов .....	183
2.10.2. Требования к сопряжениям поверхностей деталей штампов и к шероховатости .....	185
2.10.3. Материалы для изготовления деталей штампов.....	188

2.11. Волоочильный инструмент.....	190
2.12. Инструмент для чистовой холодной обработки давлением .....	197
2.12.1. Общие сведения.....	197
2.12.2. Инструмент для обработки наружных цилиндрических поверхностей.....	198
2.12.3. Инструмент для обработки внутренних поверхностей .....	203
2.12.4. Инструмент для обработки плоских поверхностей .....	209
<b>Глава 3. Инструмент для горячей объемной обработки .....</b>	<b>211</b>
3.1. Общие сведения .....	211
3.2. Конструктивные и технологические параметры поковок.....	213
3.3. Штампы для молотов.....	223
3.3.1. Виды штампов для молотов .....	223
3.3.2. Разработка чертежей поковок, штампуемых на молотах .....	224
3.3.3. Технологические элементы открытых молотовых штампов .....	231
3.3.4. Конструктивные параметры открытых молотовых штампов .....	249
3.3.5. Штампы для высокоскоростных молотов.....	259
3.4. Штампы для кривошипных горячештамповочных прессов.....	268
3.4.1. Технологические особенности штамповки на кривошипных горячештамповочных прессах.....	268
3.4.2. Разработка чертежей поковок, штампуемых на кривошипных горячештамповочных прессах .....	273
3.4.3. Открытые штампы для кривошипных горячештамповочных прессов .....	275
3.5. Разделительные штампы.....	279
3.6. Закрытые штампы для выдавливания на кривошипных горячештамповочных прессах .....	286
3.6.1. Технологические способы выдавливания. Группы поковок .....	286
3.6.2. Штампы для прямого выдавливания.....	289
3.6.3. Штампы для обратного выдавливания .....	293
3.7. Штампы с разъемными матрицами .....	295
3.8. Штампы для горизонтально-ковочных машин .....	307
3.8.1. Общие сведения .....	307
3.8.2. Разработка чертежей поковок, штампуемых на горизонтально- ковочных машинах.....	309
3.8.3. Ручьи штампов для горизонтально-ковочных машин.....	316
3.8.4. Элементы конструкций штампов .....	316
3.9. Инструмент для поперечно-клиновой прокатки .....	319
3.9.1. Процесс поперечно-клиновой прокатки .....	319
3.9.2. Геометрические параметры плоского клинового инструмента .....	319
3.9.3. Материалы и крепление клинового инструмента.....	326
3.9.4. Разработка чертежа прокатываемой заготовки .....	327
3.9.5. Определение размеров заготовки .....	331
3.10. Инструмент для горячего прессования.....	337



<b>Глава 4. Расчет и проектирование инструмента для производства изделий из порошковых материалов</b> .....	352
4.1. Общие сведения .....	352
4.2. Конструкторско-технологические особенности деталей из порошковым материалов.....	356
4.3. Расчет формообразующего инструмента.....	365
4.3.1. Расчет параметров изделия.....	365
4.3.2. Расчет размеров матриц.....	366
4.3.3. Расчет размеров стержней.....	368
4.3.4. Расчет размеров пресс-форм .....	369
4.4. Конструкции съемных разборных пресс-форм .....	371
4.5. Стационарный неразборный инструмент.....	380
4.5.1. Основные узлы стационарного инструмента.....	380
4.5.2. Стационарные пресс-блоки.....	381
4.5.3. Расчет пресс-блоков.....	384
4.6. Типовые конструкции сменных пресс-форм.....	386
4.6.1. Изделия, получаемые на пресс-автоматах .....	386
4.6.2. Формообразующие детали сменных пресс-форм.....	392
4.7. Штампы для прессования спеченных порошковых заготовок.....	407
4.7.1. Штампы для горячего прессования.....	407
4.7.2. Штампы для холодной калибровки спеченных порошковых заготовок .....	415
<b>Глава 5. Расчет и конструирование форм для литья под давлением металлов и сплавов</b> .....	421
5.1. Общие сведения о процессах литья под давлением.....	421
5.2. Технологичность отливок .....	424
5.3. Конструкции типовых литейных форм.....	435
5.4. Системы термостабилизации литейных форм .....	451
5.4.1. Расчет теплового баланса литейной формы.....	451
5.4.2. Конструкции систем термостабилизации .....	456
5.5. Литниково-вертикальные системы .....	459
5.5.1. Литниковая система .....	459
5.5.2. Вентиляционная система.....	465
5.6. Конструирование механизмов литейных форм .....	468
5.6.1. Стержнеизвлекающие механизмы.....	468
5.6.2. Механизмы фиксации стержней.....	474
5.6.3. Механизмы выталкивания отливок.....	476
5.7. Расчет основных параметров литейных форм.....	480
5.7.1. Расчет литейной формы на раскрытие.....	480
5.7.2. Расчет исполнительных размеров оформляющей полости литейной формы .....	482
5.8. Формообразующие детали литейных форм .....	486
5.9. Детали общего назначения.....	494

<b>Глава 6. Расчет и конструирование инструмента для формообразования изделий из пластмасс</b> .....	499
6.1. Общие сведения о процессах прессования пластмасс.....	499
6.2. Конструкторско-технологические особенности изделий из пластмасс .....	506
6.3. Конструкции форм для прессования .....	521
6.3.1. Классификация форм для прессования .....	521
6.3.2. Узлы пресс-форм для прямого и литьевого прессования .....	531
6.3.3. Конструирование пресс-форм.....	532
6.4. Расчет размеров формообразующих элементов форм.....	546
6.5. Типовые конструкции литьевых форм.....	550
6.6. Специальные литьевые формы .....	558
6.7. Групповые переналаживаемые формы.....	565
6.7.1. Групповые переналаживаемые пресс-формы для изготовления изделий из реактопластов.....	565
6.7.2. Групповые переналаживаемые литьевые формы для изготовления изделий из термопластов .....	571
6.8. Системы литьевых форм .....	580
6.8.1. Литниковая система .....	580
6.8.2. Система термостатирования.....	594
6.8.3. Система извлечения изделий из форм.....	600
6.8.4. Система перемещения оформляющих элементов .....	610
6.8.5. Система привода плит .....	616
6.9. Материалы и шероховатость деталей форм .....	619
<b>Приложения</b> .....	624
Литература .....	665

## От автора

Структура промышленных предприятий претерпевает значительные изменения. Неуклонно происходит наращивание в общем объеме удельного веса малых предприятий при расширении их сферы деятельности. Как правило, малые предприятия включают заготовительные и финишные производства. Привлечение для работы специалистов узкого профиля в силу небольшого объема работ непосредственно по профилю экономически нецелесообразно, поэтому наиболее востребованными являются специалисты в области технологии машиностроения.

Однако в процессе работы, кроме обработки резанием, они сплошь и рядом сталкиваются с необходимостью решения вопросов из области обработки металлов давлением, литейного производства, производства изделий из пластмасс, сварочного производства и др.

Целью настоящего пособия является обеспечение условий ускоренной адаптации специалистов к реальным требованиям производственного процесса путем расширения профессионального уровня в области проектирования формообразующего инструмента: штампов, литейных форм, пресс-форм.

Пособие предназначено для студентов, выполняющих практические задания, курсовое и дипломное проектирование, магистрантов, аспирантов, а также будет полезно инженерно-техническим работникам, которые в силу производственной необходимости выполняют конструкторско-технологические задачи по родственным специальностям машиностроительного профиля.

При подготовке пособия автор использовал личный производственный конструкторско-технологический опыт, а также обширный материал, накопленный при подготовке к изданию учебников: «Проектирование и производство заготовок в машиностроении», «Обрабатывающий инструмент в машиностроении», «Нормирование точности и технические измерения в машиностроении».

Автор выражает благодарность рецензентам за конструктивные пожелания и замечания, которые, несомненно, способствовали повышению качества пособия.

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ШТАМПОВ ДЛЯ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ



## 1.1. Общие сведения

---

Холодная штамповка в зависимости от используемого материала делится на листовую и объемную.

*Листовой штамповкой* обрабатывают как металлические, так и неметаллические материалы. Формоизменение осуществляется с помощью основных инструментов — пуансонов и матриц. Пуансон вдавливается в деформируемый материал, обтягивается, обтекается или охватывается им. Матрица вбирает в себя, охватывает изменяющий форму материал и пуансон.

Операции листовой штамповки делятся на две группы: разделительные и формообразующие. *Разделительные* операции (табл. 1.1) предназначены для полного или частичного отделения одной части металла от другой. *Формообразующие* операции (табл. 1.2) предназначены для объемного пластического формообразования изделий из плоских заготовок.

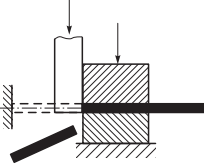
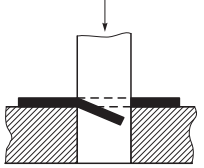
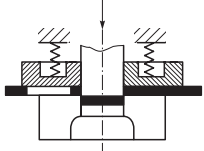
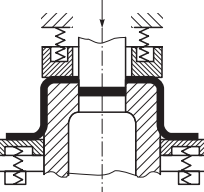
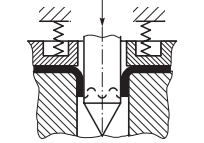
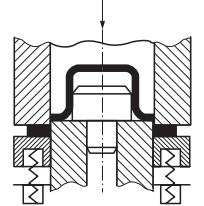
К *заготовительным* операциям относятся правка листов и полос на листоправильных машинах и правильных валках, а также резка листов на полосы или штучные заготовки.

*Вспомогательными* операциями являются смазка заготовок, фосфатирование, зачистка заусенцев, виброгалтовка, обкатка в барабанах, обезжиривание, травление, промывка.

К *термическим* операциям относятся отжиг заготовок, закалка, отпуск.

Таблица 1.1

**Схемы основных разделительных операций и их определение  
по ГОСТ 18970–84**

Термин и его определение	Схема операции
<i>Отрезка</i> — полное отделение части заготовки по незамкнутому контуру путем сдвига	
<i>Надрезка</i> — неполное отделение заготовки путем сдвига	
<i>Вырубка</i> — полное отделение заготовки или изделия от исходной заготовки по замкнутому контуру путем сдвига (отдельная часть — изделие)	
<i>Пробивка</i> — образование отверстия или паза путем сдвига с удалением отдельной части металла в отход	
<i>Проколка</i> — образование в заготовке отверстия без удаления металла в отход	
<i>Обрезка</i> — удаление излишков металла (припусков, облоя) путем сдвига	

Окончание табл. 1.1

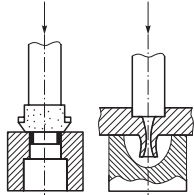
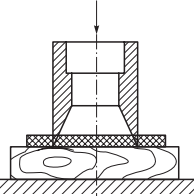
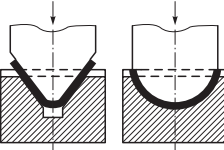
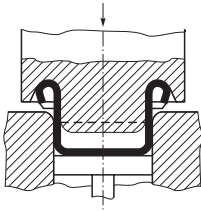
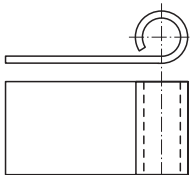
Термин и его определение	Схема операции
<i>Зачистка</i> — удаление технологических припусков с помощью штампа с образованием стружки для повышения точности размеров и уменьшения шероховатости штамповочной заготовки	
<i>Просечка</i> в штампе — образование отверстия в заготовке путем внедрения в нее инструмента с удалением части материала в отход	

Таблица 1.2

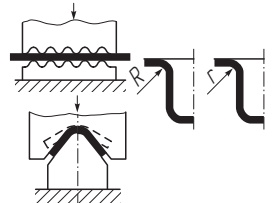
**Схемы формообразующих операций листовой штамповки  
и их определение по ГОСТ 18970–84**

Термин и его определение	Схема операции
<i>Гибка</i> — образование или изменение углов между частями заготовки или придание ей криволинейной формы	
<i>Закатка</i> — образование закругленных бортов на краях полой заготовки	
<i>Завивка</i> — образование закруглений на концах плоской заготовки или заготовки из проволоки	

Продолжение табл. 1.2

Термин и его определение	Схема операции
<i>Вытяжка</i> — образование полой заготовки или изделия из плоской или полой исходной заготовки	
<i>Обтяжка</i> — образование заготовки заданной формы приложением растягивающих усилий к ее краям	
<i>Отбортовка</i> — образование борта по внутреннему контуру заготовки	
<i>Обжим в штампе</i> — уменьшение размеров поперечного сечения части полой заготовки	
<i>Раздача</i> — увеличение размеров поперечного сечения части полой заготовки	
<i>Рельефная формовка</i> — образование рельефа в листовой заготовке за счет местных растяжений без обусловленного изменения толщины стенки	

Окончание табл. 1.2

Термин и его определение	Схема операции
<p><i>Правка давлением</i> — устранение искаженной формы заготовки, уменьшение радиусов сопряжений отдельных участков заготовки</p>	

К *отделочным* относятся следующие операции: полирование, лакировка, окрашивание, оксидирование, металлизация, декоративные и противокоррозионные покрытия (цинкование, лужение, никелирование, хромирование, кадмирование и т.д.).

Для производства изделий *холодной объемной штамповкой* в зависимости от типа оборудования существуют два основных способа:

- 1) одно- и многопозиционная штамповка на прессах;
- 2) штамповка на одно- и многопозиционных пресс-автоматах.

При *однопозиционной* штамповке на прессах наиболее полно используется технологическая деформируемость заготовок, так как между операциями может осуществляться разупрочняющая термическая обработка. Для однопозиционной штамповки применяют механические и гидравлические прессы.

*Многопозиционная* штамповка осуществляется с помощью многопозиционных штампов или на специализированных многопозиционных прессах.

























Одно- и многопозиционные автоматы применяются для холодной штамповки изделий массового применения: винты, гайки и т.д.

Все операции холодной объемной штамповки в зависимости от характера преобладающего формоизменения разделены на 12 групп с индексами А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, И, К, Л, М, Н, каждому из которых соответствует ряд с порядковым номером от 1 до 12. В табл. 1.3 приведена часть схемы технологических операций с индексами А–Е и порядковыми номерами 1–4. Операции с использованием инструмента примерно одинаковой сложности объединены, и границы раздела выделены толстыми линиями. Каждая операция описана показателем сложности, индексом группы и порядковым номером (например, А2, В1, Е4).



Таблица 1.3

## Классификация операций холодной объемной штамповки

Группа		Осадка, высадка, чеканка			Редуцирование, прямое выдавливание		
Индекс операции		А	Б	В	Г	Д	Е
Показатель условной сложности		1	2	5		3	4
Номер операции	1						
	2						
	3						
	4						

*Примечание.* Операции А1 — открытая осадка (выравнивание торцов, увеличение поперечного сечения), калибровка по высоте заготовки; А2 — расплющивание (изменение формы поперечного сечения заготовки); А3 — закрытая осадка сплошного стержня (калибровка по высоте и диаметру, устранение овальности сечения и продольной кривизны заготовки); А4 — разновидности операции А3 с удалением лишнего металла в торцовый заусенец; В1 — закрытая объемная штамповка; В2 — закрытая высадка в пуансоне; В3 — закрытая высадка в матрице; В4 — закрытая высадка заготовок типа цилиндр с усеченным конусом; В5 — высадка в подвижной матрице; В6 — предварительная высадка в коническую полость пуансона; В7 — высадка-осадка фланца без упора заготовки в выталкиватель; В8 — предварительная высадка; Г1, Г2 — прямое выдавливание полого изделия из полой заготовки; Г3 — прямое выдавливание полой заготовки; Г4 — прямое выдавливание сплошной заготовки; Д1 — редуцирование сплошного стержня (обжатие одного из концов заготовки); Д2 — разновидность операции Д1 (при последующих переходах и для получения

изделий ступенчатой формы); Д4 – разновидность операции Д1 (обжатие конца полуфабриката с утолщением); Е1, Е2 – прямое выдавливание цилиндрического или многогранного стержня (сечение заготовок разнообразное); Е3, Е4 – разновидности операции Е1.



## 1.2. Разделительные штампы

### 1.2.1. Технологичность плоских изделий

Плоские штампуемые изделия должны приближаться к максимально простой конфигурации. Острые углы, узкие прорезы и выступы должны плавно сопрягаться (рис. 1.1). Плавные сопряжения элементов позволяют повысить стойкость штампов и упростить технологию их изготовления.

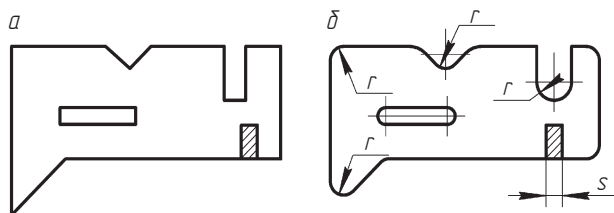


Рис. 1.1. Нерекомендуемые (а) и рекомендуемые (б) сопряжения геометрических элементов контура изделий

В табл. 1.4 приведены минимальные радиусы сопряжений острых, прямых и тупых углов, а в табл. 1.5 – минимальные размеры отверстий штампуемых изделий.

Таблица 1.4

Соотношение между минимальными радиусами  $R$  закруглений, углами  $\alpha$  сопрягаемых элементов и толщиной  $S$  материала

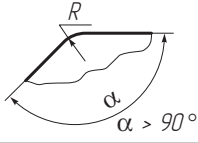
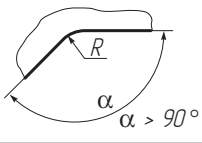
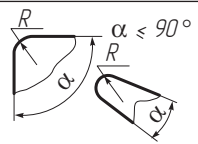
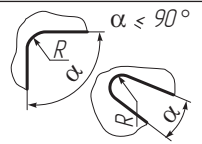
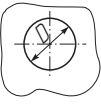
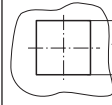
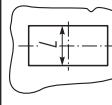
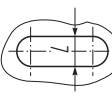
Наружные сопряжения		Внутренние сопряжения	
	$R \geq 0,25S$		$R \geq 0,35S$
	$R \geq 0,5S$		$R \geq 0,6S$

Таблица 1.5

Минимальные размеры отверстий, пробиваемых в плоских изделиях

Материал	Форма отверстия			
	Круглая	Квадратная	Прямо- угольная	Овальная
				
Минимальные размеры отверстий, $xS$				
Сталь нержавеющая	1,50	1,40	1,20	1,10
Сталь твердая	1,20	1,10	0,90	0,80
Сталь мягкая	1,00	0,90	0,70	0,60
Латунь, медь	0,80	0,70	0,60	0,55
Алюминий, цинк	0,70	0,60	0,50	0,45
Текстолит, гетинакс	0,40	0,35	0,30	0,30
Картон, бумага	0,40	0,35	0,30	0,30
Магниевый сплав МА8М, нагретый до температуры не ниже 260°	0,25	0,45	0,35	0,30

Примечание.  $x$  — коэффициент, устанавливающий соотношение между минимальным размером и толщиной материала;  $S$  — толщина материала, мм.

### 1.2.2. Раскрой материала

**Раскрой** — это такое размещение заготовок относительно друг друга, а также кромок листа или полосы, которое обеспечивает максимальное использование материала.

Мерой эффективности раскроя является коэффициент использования материала  $\eta$ , определяемый по формуле

$$\eta = \frac{F_{\text{изд}}}{F_3} \cdot 100 \%,$$

где  $F_{\text{изд}}$  — площадь поверхности изделия;  $F_3$  — площадь заготовки, необходимой для изготовления одного изделия,

$$F_3 = TB,$$

где  $T$  — шаг между изделиями;  $B$  — ширина полосы.

Ширину полосы определяют по формулам:

□ для круглых изделий

$$B = D + 2a + T_B;$$

□ прямоугольных изделий

$$B = L + 2b + T_B,$$

где  $B$  — ширина полосы;  $D, L$  — размеры вырубаемого изделия в поперечном направлении полосы;  $a, b$  — величины боковой перемычки;  $T_B$  — допуск на ширину полосы.

Существует три вида раскроя материала:

- с отходами;
- безотходный;
- малоотходный.

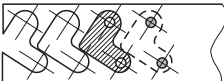
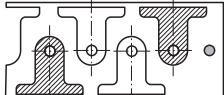
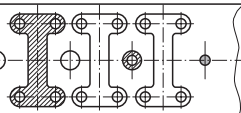
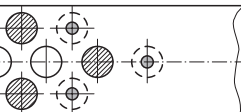
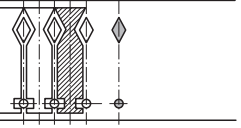
При *раскрое с отходами* (табл. 1.6) изделия получают вырубкой по замкнутому контуру.

Таблица 1.6

Примеры раскроя полос с отходами

Тип раскроя	Эскиз	Применение раскроя
Прямой		Для деталей простой геометрической формы (прямоугольной, круглой, квадратной)

Окончание табл. 1.6

Тип раскроя	Эскиз	Применение раскроя
Наклонный		Для деталей Г-образной или другой сложной конфигурации, которые при прямом расположении дают большие отходы материала
Встречный		Для деталей Т-, П-, Ш-образной конфигурации, которые при прямом или наклонном расположении дают большие отходы материала
Комбинированный		Для двух различных деталей, одинаковых по толщине и марке металла, в крупносерийном и массовом производстве
Многорядный		Для деталей небольших размеров в крупносерийном и массовом производстве
С вырезкой перемычек		Для мелких и узких деталей (часовые стрелки и подобные детали) или для последовательной вытяжки в ленте в крупносерийном и массовом производстве

Между заготовками, а также между заготовками и кромкой полосы имеются перемычки, ширина которых зависит от толщины материала, формы изделий (табл. 1.7).

Таблица 1.7

**Рекомендуемые значения ширины перемычек  
при вырубке изделий, мм**

Толщина материала, мм	Размер в плане, мм							
	Круглые и овальные детали				Прямоугольные детали			
	До 50	Свыше 50 до 100	Свыше 100 до 200	Свыше 200	До 50	Свыше 50 до 100	Свыше 100 до 200	Свыше 200
До 0,5	$\frac{1,5}{1,2}$	$\frac{1,7}{1,4}$	$\frac{1,9}{1,6}$	$\frac{2,2}{1,8}$	$\frac{1,8}{1,5}$	$\frac{2,0}{1,7}$	$\frac{2,5}{2,2}$	$\frac{3,0}{2,7}$

Окончание табл. 1.7

Толщина материала, мм	Размер в плане, мм							
	Круглые и овальные детали				Прямоугольные детали			
	До 50	Свыше 50 до 100	Свыше 100 до 200	Свыше 200	До 50	Свыше 50 до 100	Свыше 100 до 200	Свыше 200
Свыше 0,5 до 1	$\frac{1,2}{0,8}$	$\frac{1,4}{1,0}$	$\frac{1,6}{1,2}$	$\frac{1,8}{1,4}$	$\frac{1,5}{1,0}$	$\frac{1,7}{1,2}$	$\frac{2,2}{1,7}$	$\frac{2,7}{2,2}$
Свыше 1 до 1,5	$\frac{1,5}{1,1}$	$\frac{1,7}{1,3}$	$\frac{1,9}{1,5}$	$\frac{2,1}{1,7}$	$\frac{1,9}{1,4}$	$\frac{2,1}{1,6}$	$\frac{2,6}{2,1}$	$\frac{3,1}{2,6}$
Свыше 1,5 до 2	$\frac{1,9}{1,5}$	$\frac{2,1}{1,7}$	$\frac{2,3}{1,9}$	$\frac{2,5}{2,1}$	$\frac{2,2}{1,7}$	$\frac{2,4}{1,9}$	$\frac{3,0}{2,5}$	$\frac{3,4}{2,9}$
Свыше 2 до 2,5	$\frac{2,3}{1,8}$	$\frac{2,5}{2,0}$	$\frac{2,7}{2,2}$	$\frac{2,9}{2,4}$	$\frac{2,6}{2,2}$	$\frac{2,8}{2,4}$	$\frac{3,3}{2,9}$	$\frac{3,8}{3,4}$
Свыше 2,5 до 3	$\frac{2,6}{2,1}$	$\frac{2,8}{2,3}$	$\frac{3,0}{2,5}$	$\frac{3,2}{2,7}$	$\frac{3,0}{2,5}$	$\frac{3,2}{2,7}$	$\frac{3,7}{3,2}$	$\frac{4,2}{3,7}$
Свыше 3 до 3,5	$\frac{3,0}{2,5}$	$\frac{3,2}{2,7}$	$\frac{3,4}{2,9}$	$\frac{3,6}{3,1}$	$\frac{3,4}{2,9}$	$\frac{3,6}{3,1}$	$\frac{4,1}{3,6}$	$\frac{4,6}{4,1}$
Свыше 3,5 до 4	$\frac{3,3}{2,8}$	$\frac{3,5}{3,0}$	$\frac{3,7}{3,2}$	$\frac{3,9}{3,4}$	$\frac{3,7}{3,2}$	$\frac{3,9}{3,4}$	$\frac{4,4}{3,9}$	$\frac{4,9}{4,4}$
Свыше 4 до 4,5	$\frac{3,6}{3,1}$	$\frac{3,8}{3,3}$	$\frac{4,0}{3,5}$	$\frac{4,2}{3,7}$	$\frac{4,0}{3,6}$	$\frac{4,2}{3,8}$	$\frac{4,7}{4,3}$	$\frac{5,2}{4,8}$
Свыше 4,5 до 5	$\frac{4,0}{3,4}$	$\frac{4,2}{3,6}$	$\frac{4,4}{3,8}$	$\frac{4,6}{4,0}$	$\frac{4,5}{4,0}$	$\frac{4,7}{4,2}$	$\frac{5,2}{4,7}$	$\frac{5,7}{5,2}$
Свыше 5 до 6	$\frac{4,2}{3,5}$	$\frac{4,5}{3,9}$	$\frac{4,8}{4,2}$	$\frac{5,0}{4,5}$	$\frac{4,5}{4,0}$	$\frac{5,5}{4,5}$	$\frac{5,5}{4,5}$	$\frac{6,0}{5,0}$
Свыше 6 до 7	$\frac{4,5}{3,6}$	$\frac{5,0}{4,0}$	$\frac{5,5}{4,2}$	$\frac{6,0}{4,5}$	$\frac{4,8}{4,3}$	$\frac{6,0}{5,0}$	$\frac{6,0}{5,0}$	$\frac{6,5}{5,5}$
Свыше 7 до 8	$\frac{5,0}{4,2}$	$\frac{5,5}{4,5}$	$\frac{5,8}{4,8}$	$\frac{6,0}{5,0}$	$\frac{5,3}{4,8}$	$\frac{6,5}{5,5}$	$\frac{7,0}{6,0}$	$\frac{7,8}{6,8}$
Свыше 8 до 9	$\frac{5,5}{4,5}$	$\frac{6,0}{5,0}$	$\frac{6,3}{5,2}$	$\frac{6,5}{5,5}$	$\frac{5,8}{5,3}$	$\frac{7,0}{6,0}$	$\frac{7,5}{6,5}$	$\frac{8,0}{7,0}$
Свыше 9 до 10	$\frac{6,0}{5,0}$	$\frac{7,0}{6,0}$	$\frac{7,5}{6,5}$	$\frac{8,0}{7,0}$	$\frac{6,3}{5,8}$	$\frac{7,0}{6,0}$	$\frac{7,5}{6,5}$	$\frac{8,0}{7,0}$

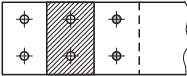
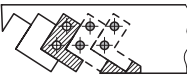
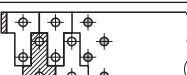



*Примечание.* В числителе указана величина перемычки между изделием и кромкой полосы, в знаменателе — между изделиями.

*Безотходный* раскрой применяют при вырубке изделий, контур которых сопрягается друг с другом и характеризуется полным отсутствием перемычек.

*Малоотходный* раскрой характеризуется отсутствием перемычек между изделиями и кромкой полосы (табл. 1.8).

Таблица 1.8

Примеры безотходного и малоотходного раскроя

Тип раскроя	Эскиз	Применение раскроя
Прямой		Для деталей прямоугольной или квадратной конфигурации
Наклонный		Для деталей Г-образной или другой конфигурации, допускающих небольшие дефекты контура
Встречный		Для деталей Т-, П-, Ш-образной конфигурации, допускающих небольшие дефекты контура
Комбинированный		Для двух различных деталей, взаимнописывающихся по конфигурации (шарнирные петли и т.п.)
Многорядный		Для деталей прямоугольной, квадратной или шестигранной конфигурации небольших размеров в крупносерийном и массовом производстве
С вырезкой перемычек		Для деталей удлиненной формы, изготавливаемых из мерной полосы или ленты без обрезки вдоль длинных сторон

### 1.2.3. Расчет усилий для процессов вырубki-пробивки. Определение центра давления штампа

Расчет усилий для процесса вырубki-пробивки пуансоном с прямыми режущими кромками  $P$  производится по формуле

$$P = LS\tau_{cp},$$

где  $L$  — периметр вырубаемого (пробиваемого) контура;  $S$  — толщина материала;  $\tau_{cp}$  — сопротивление срезу.

Необходимое усилие прессы  $P_{\text{пр}}$  определяется из условия

$$P_{\text{пр}} = 1,25P \leq P_{\text{пр.ном}},$$

где  $P_{\text{пр.ном}}$  — номинальное усилие прессы.

При отсутствии прессы необходимой мощности вырубку-пробивку можно осуществлять на менее мощном прессе, применяя скошенные режущие грани на пуансоне или матрице (рис. 1.2). При вырубке наружного контура скос режущих граней выполняют на матрице, а пуансон должен быть плоским. При пробивке отверстия скос выполняют на пуансоне, а матрица остается плоской. Соблюдение этих требований обеспечивает получение плоских изделий при изогнутых отходах.

Скосы выполняют симметричными. Высоту  $H$  скоса принимают в пределах от  $S$  до  $3S$ , угол  $\phi$  наклона режущих кромок от  $3$  до  $8^\circ$ .

При вырубке-пробивке скошенными режущими гранями расчетное усилие  $P_1$  ориентировочно определяют по формулам:

$$P_1 = 0,6LS\tau_{\text{ср}} \text{ при } H = S;$$

$$P_1 = 0,4LS\tau_{\text{ср}} \text{ при } H = 2S.$$

Тогда усилие снятия  $P_{\text{сн}}$  отхода или изделия с пуансона

$$P_{\text{сн}} = K_{\text{сн}}P, \quad (1.1)$$

усилие проталкивания  $P_{\text{пр}}$  изделия или отхода через матрицу —

$$P_{\text{пр}} = K_{\text{пр}}P, \quad (1.2)$$

где  $K_{\text{сн}}$ ,  $K_{\text{пр}}$  — соответственно, коэффициенты снятия и проталкивания (табл. 1.9).

Таблица 1.9

**Значения коэффициентов снятия и проталкивания**

Металл	$K_{\text{сн}}$	$K_{\text{пр}}$
Сталь	0,03...0,05	0,02...0,06
Латунь	0,02...0,04	0,02...0,05
Медь	0,015...0,03	0,03...0,07
Алюминий	0,025...0,05	0,03...0,06
Дюралюминий и магниевые сплавы	0,025...0,05	0,02...0,06



Ось хвостовика необходимо располагать в центре давления штампа с целью предотвращения перекоса штампа и несимметричности зазоров. Координаты центра давления штампа (рис. 1.3) определяют для многоуансонных штампов, а также при вырубке-пробивке изделий несимметричного контура.

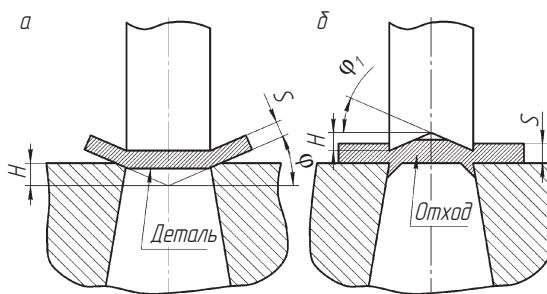


Рис 1.2. Схема вырубki (а) и пробивки (б) инструментом со скошенными режущими гранями

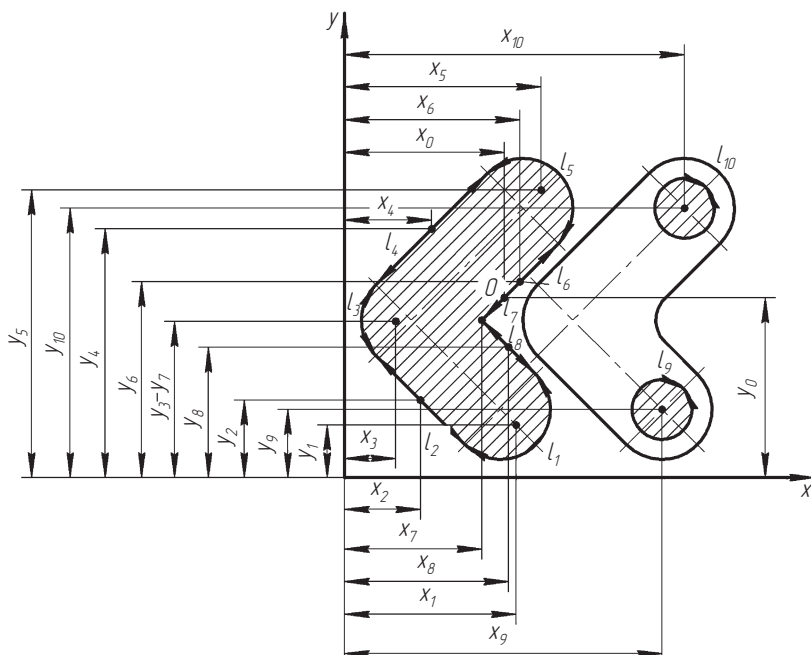


Рис. 1.3. Схема определения центра давления штампа

Координаты  $(X_0, Y_0)$  центра давления определяют по формулам:

$$X_0 = \frac{l_1x_1 + l_2x_2 + l_3x_3 + l_4x_4 + l_5x_5 + l_6x_6 + l_7x_7 + l_8x_8 + l_9x_9 + l_{10}x_{10}}{l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6 + l_7 + l_8 + l_9 + l_{10}},$$

$$Y_0 = \frac{l_1y_1 + l_2y_2 + l_3y_3 + l_4y_4 + l_5y_5 + l_6y_6 + l_7y_7 + l_8y_8 + l_9y_9 + l_{10}y_{10}}{l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6 + l_7 + l_8 + l_9 + l_{10}},$$

где  $l_1, l_2, \dots, l_{10}$  — периметры соответствующих участков контура вырубаемых деталей;  $x_1, x_2, \dots, x_{10}$  — расстояния от геометрического центра соответствующих участков до оси  $Oy$ ;  $y_1, y_2, \dots, y_{10}$  — расстояния от геометрического центра соответствующих участков до оси  $Ox$ .

#### 1.2.4. Расчет исполнительных размеров матриц и пуансонов разделительных штампов

Размеры вырубаемого изделия соответствуют размерам отверстия матрицы. Износ матрицы приводит к увеличению рабочего отверстия, а значит, и к увеличению размеров изделия. Поэтому размеры матрицы должны соответствовать предельному размеру изделия.

Если штампуемое изделие имеет форму круга и допуски на его диаметр назначены в системе отверстия, то исполнительный диаметр рабочего отверстия матрицы  $D_M$  определяют как разность между номинальным диаметром изделия и допуском на этот диаметр:

$$D_M = (D_H - T_D)^{+T_M}, \quad (1.3)$$

где  $D_H$  — номинальный диаметр штампуемого изделия;  $T_D$  — допуск на диаметр изделия;  $T_M$  — допуск на размер матрицы.

Рабочий (исполнительный) диаметр пуансона  $D_H$  для вырубки будет меньше диаметра матрицы на величину зазора между ними:

$$D_H = (D_M - Z)_{-T_H}, \quad (1.4)$$

где  $Z$  — двусторонний зазор между матрицей и пуансоном;  $T_H$  — допуск на размер пуансона.

Диаметр пробиваемого отверстия соответствует диаметру пуансона. Изнашивание пуансона приводит к уменьшению его диа-

метра. Поэтому исполнительный диаметр пуансона должен соответствовать предельному размеру отверстия.

Если допуски на штампуемое изделие назначены в системе отверстия, то диаметр пуансона определяется как сумма номинального диаметра отверстия и допуска на этот диаметр:

$$D_{\text{п}} = (d_{\text{н}} + T_d)_{-T_{\text{п}}}, \quad (1.5)$$

где  $d_{\text{н}}$  — номинальный размер пробиваемого отверстия;  $T_d$  — допуск на диаметр отверстия.

Рабочий (исполнительный) диаметр матрицы для пробивки будет больше диаметра пуансона на значение зазора между ними:

$$D_{\text{м}} = D_{\text{п}} + Z$$

или, учитывая формулу (1.5),

$$D_{\text{м}} = (d_{\text{н}} + T_d + Z)^{+T_{\text{м}}}. \quad (1.6)$$

Величина зазора зависит от толщины материала и его свойств (табл. 1.10).

Таблица 1.10

**Величина двустороннего зазора  $Z$  при вырубке-пробивке стальных изделий, мм**

Толщина материала $S$ , мм	Низкоуглеродистая сталь марок 10, 20, медь, латунь, алюминий	Среднеуглеродистая сталь марок 25, 35, 45, дюралюминий, бронза	Высокоуглеродистая трансформаторная, нержавеющей сталь
0,1	0,005	0,006	0,007
0,2	0,010	0,012	0,014
0,3	0,015	0,018	0,021
0,4	0,020	0,024	0,028
0,5	0,025	0,030	0,035
0,6	0,030	0,036	0,042
0,7	0,035	0,042	0,049
0,8	0,040	0,048	0,056
0,9	0,045	0,054	0,063
1,0	0,050	0,060	0,070
1,2	0,070	0,080	0,100
1,5	0,090	0,110	0,120

Окончание табл. 1.10

Толщина материала $S$ , мм	Низкоуглеродистая сталь марок 10, 20, медь, латунь, алюминий	Среднеуглеродистая сталь марок 25, 35, 45, дюралюминий, бронза	Высокоуглеродистая трансформаторная, нержавеющая сталь
1,8	0,110	0,130	0,140
2,0	0,120	0,140	0,160
2,2	0,160	0,180	0,200
2,5	0,180	0,200	0,230
2,8	0,200	0,220	0,250
3,0	0,210	0,240	0,270
3,5	0,280	0,320	0,350
4,0	0,320	0,360	0,400
4,5	0,360	0,450	0,540
5,0	0,400	0,500	0,600
6,0	0,500	0,600	0,700
7,0	0,700	0,900	1,000
8,0	0,800	1,000	1,100
9,0	1,100	1,300	1,400
10,0	1,200	1,400	1,600
11,0	1,600	1,800	1,800
12,0	1,700	1,900	1,900
13,0	2,100	2,300	2,300
14,0	2,300	2,500	2,500
15,0	2,700	3,000	3,300
16,0	2,900	3,200	3,500
17,0	3,400	3,800	4,100
18,0	3,600	4,000	4,300
19,0	4,200	4,600	5,000
20,0	4,400	4,800	5,200

Приведенные формулы (1.3)–(1.6) для определения исполнительных размеров пуансонов и матриц применимы в том случае, когда толщина штампуемого материала сравнительно невелика (до 1...2 мм). Для таких толщин боковая поверхность отделяемой части металла может считаться приблизительно перпендикулярной плоскости листа.

При штамповке более толстого металла (свыше 2 мм) необходимо принимать во внимание конусность боковой поверхности отделяемой части металла, которая образуется в результате возникновения скалывающихся трещин, направленных под определенным углом к образующей.

Для устранения возможного выхода размера штампуемой заготовки за предельное поле допуск на диаметр заготовки искусственно уменьшается. Уменьшенный допуск составляет 0,6...0,8 номинального допуска. В этом случае формулы для определения исполнительных размеров пуансонов и матриц имеют вид:

□ для вырубки

$$D_M = [D_H - (0,6...0,8)T_D]^{+T_M},$$

$$D_H = [D_H - (0,6...0,8)T_D - Z]_{-T_H};$$

□ для пробивки

$$D_M = [d_H + (0,6...0,8)T_d + Z]^{+T_M},$$

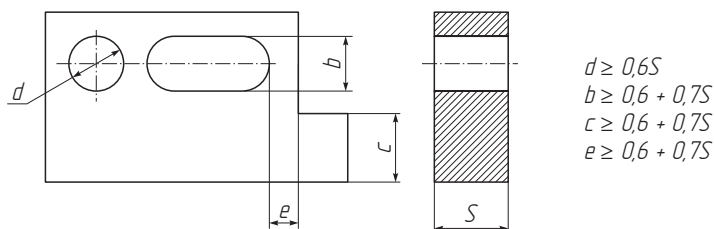
$$D_H = [d_H + (0,6...0,8)T_d]_{-T_H}.$$

Допуск на рабочие размеры пуансонов и матриц  $T_H$  и  $T_M$  принимают равным 25...35 % от допуска на соответствующий размер штампуемой детали. Допуски на размеры инструмента назначают по определенным квалитетам точности.

### 1.2.5. Штампы для чистовой вырубки-пробивки

При обычной вырубке на универсальных прессах получают изделия, зона среза которых составляет только часть поверхности разделения (примерно 0,3S), а остальная часть поверхности — зона скола. На этой поверхности имеются глубокие трещины, вырывы и т.п.

Качественная поверхность среза ( $Ra$  0,5...1) с соответствующей точностью ИТ6–ИТ11 может быть достигнута **чистой вырубкой-пробивкой**. Сущность чистовых способов разделения заключается в создании дополнительного локального давления в условиях объемного сжатия, по контуру среза — дополнительного объемного локального сжатия, которое препятствует образованию и распро-



$$\begin{aligned}
 d &\geq 0,6S \\
 b &\geq 0,6 + 0,7S \\
 c &\geq 0,6 + 0,7S \\
 e &\geq 0,6 + 0,7S
 \end{aligned}$$

Рис. 1.4. Соотношение параметров отверстия, пазов, выступов при чистой вырубке-пробивке

странению скалывающих трещин. Разделение материала осуществляется в результате пластического сдвига. Отсутствие хрупкого разрушения приводит к повышению качества поверхности среза и точности размеров изделия.

При чистой вырубке-пробивке минимальные размеры отверстия, пазов, выступов могут быть меньше толщины изделия (рис. 1.4).

Минимальный радиус сопряжения на изделии зависит от угла при вершине, а также от толщины и прочности материала. На рис. 1.5 представлены ориентировочные соотношения радиуса сопряжения и толщины материала с пределом прочности до  $\sigma_B = 450$  МПа. Для более прочных материалов радиусы сопряжения увеличиваются пропорционально повышению предела прочности материала.

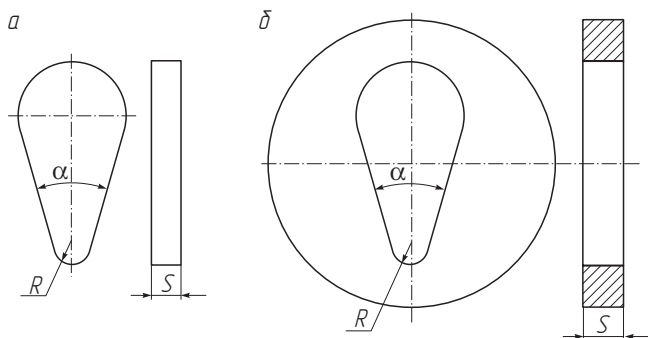


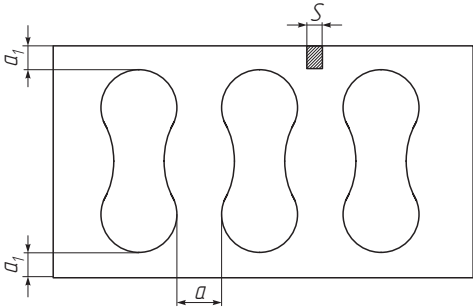
Рис. 1.5. Соотношение минимального радиуса сопряжения и толщины материала:

*a* — наружный контур ( $R \geq 0,1S$  при  $\alpha \geq 90^\circ$ ;  $R \geq 0,2S$  при  $\alpha = 90^\circ + 60^\circ$ ;  $R \geq 0,3S$  при  $\alpha = 60^\circ + 30^\circ$ ); *б* — внутренний контур ( $R \geq 0,08S$  при  $\alpha \geq 90^\circ$ ;  $R \geq 0,15S$  при  $\alpha = 90^\circ + 60^\circ$ ;  $R \geq 0,2S$  при  $\alpha = 60^\circ + 30^\circ$ )

Раскрой материала для чистовой вырубке-пробивки производится так же, как при обычной вырубке, однако ширина перемычек при чистовой вырубке в результате внедрения клинового ребра в материал значительно больше, чем при обычной вырубке (табл. 1.11).

Таблица 1.11

**Размеры минимальной ширины перемычек при чистовой вырубке, мм**



Толщина материала $S$	Ширина перемычек		Толщина материала $S$	Ширина перемычек	
	$a$	$a_1$		$a$	$a_1$
0,5	2	1,5	11	18	16
1	3	2	12	19	18
2	4	3	13	21	20
3	6	4	14	23	21
4	7,5	6	15	24	22
5	8	7,5	16	25	24
6	10	9	17	26	25
7	11	10	18	28	27
8	13	12	19	30	28
9	15	13	20	32	30
10	17	15			

Размеры матрицы и пуансона при *вырубке* определяются по формулам:

- при минусовом допуске на изделие

$$D_m = (D - 0,5T_D)_{-0,2T_D};$$

- плюсовом допуске на изделие

$$D_m = (D + 0,5T_D)^{+0,2T_D};$$

- симметричном допуске на изделие

$$D_M = D \pm 0,5T_D; \quad D_{II} = D_M - Z.$$

Таблица 1.12

**Значения двусторонних зазоров при чистовой вырубке-пробивке  
в процентах от толщины материала**

Толщина штампуемого материала $S$ , мм	Вырубка наружного контура	Пробивка отверстия диаметром		
		$< S$	$S$	$> 5S$
0,5	1	2,5	2	1
1	1	2,5	2	1
2	1	2,5	1	0,5
3	1	2	1	0,5
4	1	1,7	0,75	0,5
6	1	1,7	0,5	0,5
10	1	1,5	0,5	0,5
15	1	1	0,5	0,5
16	1	1	0,5	0,5
17	1	1	0,5	0,5
18	1	1	0,5	0,5
19	1	1	0,5	0,5
20	1	1	0,5	0,5

Исполнительные размеры пуансона и матрицы при *пробивке* определяют по формулам:

- при минусовом допуске на изделие

$$D_{II} = (D - 0,3T_D)_{-0,1T_D};$$

- плюсовом допуске на изделие

$$D_{II} = (D + 0,6T_D)^{+0,1T_D};$$

- симметричном допуске на изделие

$$D_{II} = D \pm 0,1T_D; \quad D_M = D + Z,$$

где  $D$  — исполнительный размер изделия;  $T_D$  — допуск на размер изделия;  $Z$  — двусторонний зазор между пуансоном и матрицей при чистовой вырубке (табл. 1.12).





### 1.3. Гибочные штампы

**Технологичность изогнутых деталей.** Минимальные радиусы гибки преимущественно зависят от следующих факторов: механических свойств материала, угла гибки; направления линии гибки относительно направлений волокон проката.

Минимально допустимый радиус гибки  $R_{\min}$  определяется по формуле

$$R_{\min} = KS,$$

где  $K$  — коэффициент, зависящий от механических свойств материала (табл. 1.13);  $S$  — толщина материала.

Таблица 1.13

Числовые значения коэффициента  $K$

Металл	Отожженный или нормализованный металл		Наклепанный металл	
	А	Б	А	Б
Алюминий	—	—	0,3	0,8
Медь отожженная	—	—	1,0	2,0
Латунь Л68	—	0,2	0,4	0,8
Сталь 0,5; 08кп	—	—	0,2	0,5
Сталь Ст. 2	—	0,4	0,4	0,8
Сталь 15; 20; Ст. 3	0,1	0,5	0,4	0,8
Сталь 25; 30; Ст. 4	0,2	0,6	0,5	1,0
Сталь 35; 40; Ст. 5	0,3	0,8	0,6	1,2
Сталь 45; 50; Ст. 6	0,5	1,0	0,8	1,5
Сталь 55; 60; Ст. У7	0,7	1,3	1,0	1,7
Сталь 30ХГСА	—	—	1,5	4,0
Сталь жаропрочная	—	—	1,3	2,0
Сталь нержавеющая	—	—	2,5	6,5
Дюралюминий мягкий	1,0	1,5	1,5	2,5
Дюралюминий твердый	2,0	3,0	3,0	4,0

*Примечание.* Расположение линии сгиба: А — поперек волокон проката; Б — вдоль волокон проката.

Минимальные радиусы гибки следует применять лишь в случае крайней конструктивной необходимости; во всех остальных случаях рекомендуется применять радиусы гибки:  $R \geq S$  — для материалов толщиной до 1,5 мм;  $R \geq 2S$  — для материалов толщиной свыше 1,5 мм.

Длина отгибаемой части изделия должна быть не менее двух толщин материала. Если конструктивная высота отгибаемой полки короче рекомендуемой величины, то полка отгибается более высокой, а затем обрезается.

Для предотвращения искривлений формы отверстий, расположенных близко к линии изгиба, необходимо расстояние от центра радиуса изгиба до края пробитого отверстия принимать не менее двух толщин (рис. 1.6, слева). В противном случае пробивку отверстия необходимо осуществлять после гибки или предусматривать дополнительные технологические отверстия, предотвращающие утяжку (рис. 1.6, справа).

Во избежание трещин в углах при гибке выступов линию гибки нужно смещать от углов на величину не менее радиуса гибки (рис. 1.7, а) или выполнять технологические местные вырезы (рис. 1.7, б, в).

Величины внутренних радиусов  $r_1$ ,  $r_2$  должны быть не менее трех толщин материала (рис. 1.8). В противном случае на боковых полках возможно образование вмятин и задиrow.

Не следует назначать наружный радиус менее суммы внутреннего радиуса и толщины материала. В противном случае изделие должно подвергаться предварительной гибке, а последующими осадкой и чеканкой изделию придается окончательная форма.

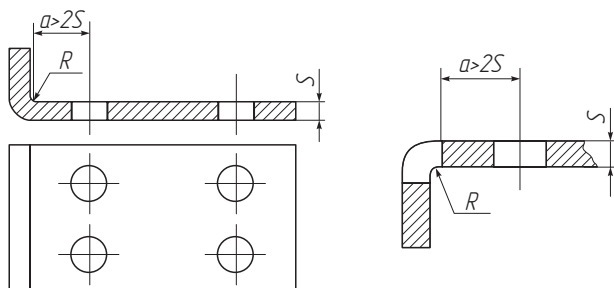


Рис. 1.6. Схемы расположения отверстий в гнутых изделиях

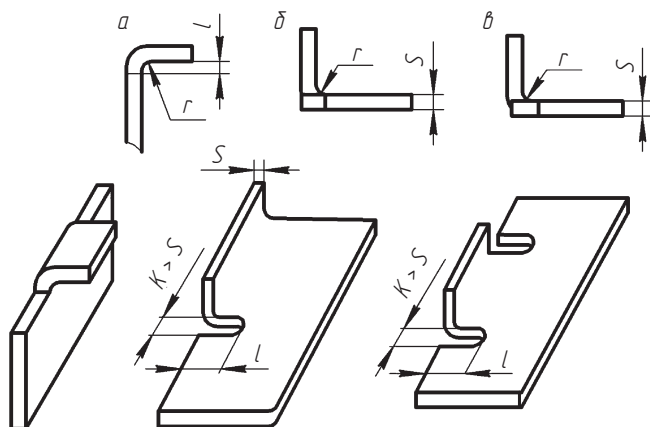


Рис. 1.7. Схемы расположения выступов в гнутых изделиях:  
*a* – при  $l \geq r$ ; *б* – при  $l = S + r + K/2$ ; *в* – при  $l = r + K/2$

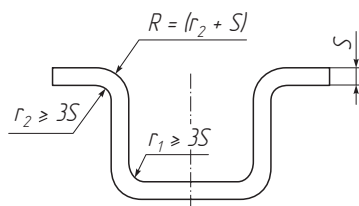


Рис. 1.8. Схема конструкции изделия для назначения  
 наружных радиусов сопряжения

Угол между линией контура и линией сгиба должен быть равен  $90^\circ$ . В противном случае происходит искривление (отклонение от плоскостности) отгибаемой полки (рис. 1.9).

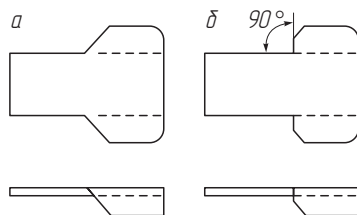


Рис. 1.9. Схемы конструкций гнутого изделия:  
*a* – неправильная; *б* – правильная

Числовые значения отклонений от номинального размера изделий назначаются двусторонними и симметричными (табл. 1.14).

Таблица 1.14

**Числовые значения линейных отклонений на отгибаемые полки, мм**

Толщина материала	Отклонения размеров, мм			
	$a$	$h$	$H$	$c$
До 1	$\pm 0,7$	$\pm 0,5$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$
Свыше 1 до 2	$\pm 1,0$	$\pm 0,7$	$\pm 0,4$	$\pm 0,6$
Свыше 2 до 3	$\pm 1,2$	$\pm 1,0$	$\pm 0,6$	$\pm 0,8$
Свыше 3 до 4	$\pm 1,5$	$\pm 1,2$	$\pm 0,8$	$\pm 1,0$
Свыше 4 до 6	$\pm 2,0$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$	$\pm 1,2$

**Расчет усилия гибки.** Усилие  $P$  гибки определяется по формуле

$$P = 1,25K\sigma_bLS,$$

где  $K$  – поправочный коэффициент, зависит от соотношения радиуса  $r$  гибки и толщины  $S$  материала (табл. 1.15);  $\sigma_b$  – предел прочности;  $L$  – суммарная длина гибки.

Таблица 1.15

**Значение поправочного коэффициента  $K$  при расчете усилия гибки**

$r/S$	$K$	$r/S$	$K$
0,1	0,55	2,0	0,20
0,25	0,48	3,0	0,16
0,5	0,40	4,0	0,12
1,0	0,30	5,0	0,10
1,5	0,25	10,0	0,06

В случае гибки с прижимом усилие гибки увеличивается и рассчитывается по формуле

$$P = 1,6K\sigma_bLS.$$

**Расчет длины развертки заготовки.** В процессе гибки слои изделия, примыкающие к пуансону (внутренние), сжимаются и укорачиваются, а слои изделия, примыкающие к матрице (наружные), наоборот, растягиваются и удлиняются. Между внутренними сжатыми и внешними растянутыми слоями находится нейтральная поверхность, которая претерпевает изгиб, но не изменяет первоначальной длины.

Радиус кривизны нейтральной поверхности определяется по формуле

$$R = r + Sx, \quad (1.7)$$

где  $r$  — внутренний радиус;  $x$  — коэффициент утонения, зависящий от внутреннего радиуса гибки и толщины материала (табл. 1.16).

Таблица 1.16

**Зависимость коэффициента утонения  $x$  от отношения  $r/S$**

$r/S$	$x$	$r/S$	$x$
0,1	0,323	1,5	0,441
0,2	0,340	2,0	0,455
0,3	0,356	3,0	0,463
0,4	0,367	4,0	0,469
0,5	0,379	5,0	0,477
0,6	0,389	6,0	0,480
0,7	0,400	7,0	0,485
0,8	0,418	8,0	0,490
1,0	0,421	9,0	0,495
1,2	0,426	10,0	0,500

При завивке шарниров (петель) вследствие действия сил трения коэффициент утонения определяется по табл. 1.17.

Для расчета длины заготовки (развертки) необходимо выполнить следующие действия.

1. Разбить контур изделия на элементы, представляющие собой отрезки прямой и дуги окружности (рис. 1.10).

2. Определить радиус кривизны нейтральной поверхности по формуле (1.7).

Таблица 1.17

Значения коэффициента утонения  $x$  при гибке изделий, подвергаемых действию сил трения

$r/S$	$x$	$r/S$	$x$
1,0	0,56	1,8	0,50
1,2	0,54	2,0	0,50
1,4	0,52	2,2	0,50
1,6	0,51		

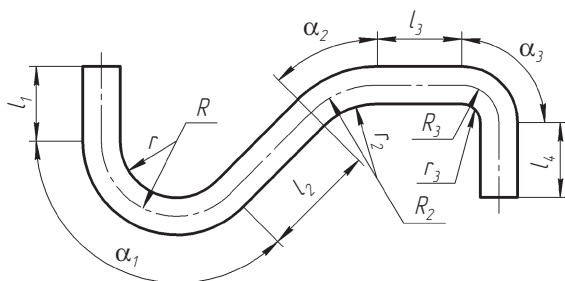


Рис. 1.10. Схема разделения изделия на элементы для определения длины развертки

Длина развертки определяется по формуле

$$l_3 = \sum l + \sum \frac{\pi \alpha}{180} R,$$

где  $\sum l$  — сумма прямых участков;  $\alpha$  — уголгиба.

**Расчет размеров пуансона и матрицы.** Основными разновидностями заготовок, подвергаемых гибке, являются V-образные и П-образные. Остальные заготовки в различных сочетаниях повторяют их формы. Поэтому методика определения размеров пуансона и матрицы основана на методике расчета V- и П-образных заготовок.

При **V-образной гибке** основными определяющими размерами пуансона и матрицы являются рабочие углы, соответственно,  $\varphi_{\text{п}}$  и  $\varphi_{\text{м}}$ :

$$\varphi_{\text{п}} = \varphi_{\text{м}} = \varphi_3 \pm \Delta\varphi,$$

где  $\varphi_3$  — угол гибки заготовки;  $\Delta\varphi$  — угол пружинения (табл. 1.8).

Таблица 1.18

**Ориентировочные значения угла пружинения  
при V-образной гибке, град.**

Материал	$r/S$	$S$ , мм		
		До 0,8	Свыше 0,8 до 2,0	Свыше 2,0
Алюминий, латунь мягкая, цинк	До 1	4	2	0
	Свыше 1 до 5	5	3	1
	Свыше 5	6	4	2
Латунь твердая ( $\sigma_b > 350$ МПа), бронза твердая	До 1	5	2	0
	Свыше 1 до 5	6	3	1
	Свыше 5	8	5	3

Предельное отклонение углов  $\varphi_{п}$  и  $\varphi_{м}$  принимается равным 0,3...0,5 от соответствующего предельного отклонения угла, указанного на чертеже изделия.

Радиус закругления пуансона  $r_{п}$  принимается равным радиусу закругления изделия  $r_3$ .

Радиус закругления матрицы

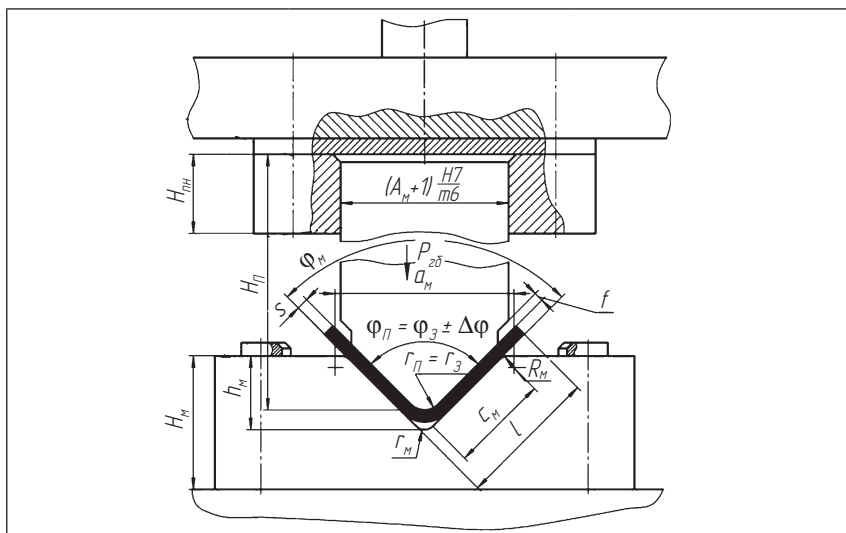
$$r_{м} = (0,6...0,8)(r_{п} + S).$$

Радиус закругления на ребре матрицы  $R_{м}$  принимается ориентировочно из соотношения

$$R_{м} = (1...2)S.$$

При длине полки заготовки  $l \leq 50$  глубину рабочей части матрицы и ее толщину определяют по табл. 1.19, длину наклонной части рабочего профиля — по табл. 1.20. Во всех случаях ширина касания пуансона с заготовкой должна быть не более ширины касания матрицы с заготовкой. Ширина  $A_{п}$  принимается на 5...10 мм больше ширины касания пуансона со штампуемой заготовкой. Толщина пуансонодержателя  $H_{пн}$  принимается равной  $(0,3...0,5)A_{п}$ ; высота пуансона  $H_{п} = h_{м} + H_{пн} + (20...25)$ .

Таблица 1.19

Размеры матрицы и пуансона при длине полки  $l \leq 50$  мм

$S$ , мм	$h_{м}$ , мм	$H_{м}$ , мм
До 0,5	2	12
Свыше 0,5 до 1	4	19
Свыше 1 до 2	7	22...27
Свыше 2 до 3	12	32...37
Свыше 3 до 4	15	35...40
Свыше 4 до 5	18	43...48
Свыше 5 до 6	22	47...52
Свыше 6 до 7	25	55...56
Свыше 7 до 10	30...36	60...76

Таблица 1.20

Длина наклонной части рабочего профиля  $c_{м}$  матрицы, мм

Толщина материала $S$	Длина полки $l$ , мм			
	Свыше 50 до 75	Свыше 75 до 100	Свыше 100 до 150	Свыше 150 до 200
До 1	18...25	25...30	30...35	35...40
Свыше 1 до 2	20...25	25...30	30...35	35...45



Окончание табл. 1.20

Толщина материала $S$	Длина полки $l$ , мм			
	Свыше 50 до 75	Свыше 75 до 100	Свыше 100 до 150	Свыше 150 до 200
Свыше 2 до 4	25...30	30...35	35...40	40...50
Свыше 4 до 6	30...35	35...40	40...45	45...50
Свыше 6 до 10	35...40	40...45	45...50	50...60

При **II-образной гибке** методика определения исполнительных размеров матрицы и пуансона зависит от варианта простановки размеров на чертеже заготовки (рис. 1.11).

Если для скобы задан наружный размер  $A_H$  с отклонениями  $\pm\Delta$ , то матрицу  $A_M$  выполняют по размеру

$$A_M = A_H - T_M,$$

где  $T_M$  — допуск на изготовление матрицы.

Размер пуансона занижают на величину зазора.

Если для скобы задан внутренний размер  $A_B$  с отклонениями  $\pm\Delta$ , то пуансон  $A_{II}$  выполняют по размеру

$$A_{II} = A_B - T_{II},$$

где  $T_{II}$  — допуск на изготовление пуансона.

Размер матрицы завышается на величину зазора.

Величина зазора зависит от толщины материала, допуска на его изготовление, а также от длины загибаемой полки. Эта зависимость выражается формулой

$$Z = S + cT_S,$$

где  $c$  — коэффициент, учитывающий трение изгибаемой заготовки о рабочую поверхность матрицы;  $T_S$  — допуск на толщину материала.

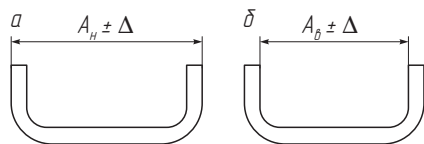
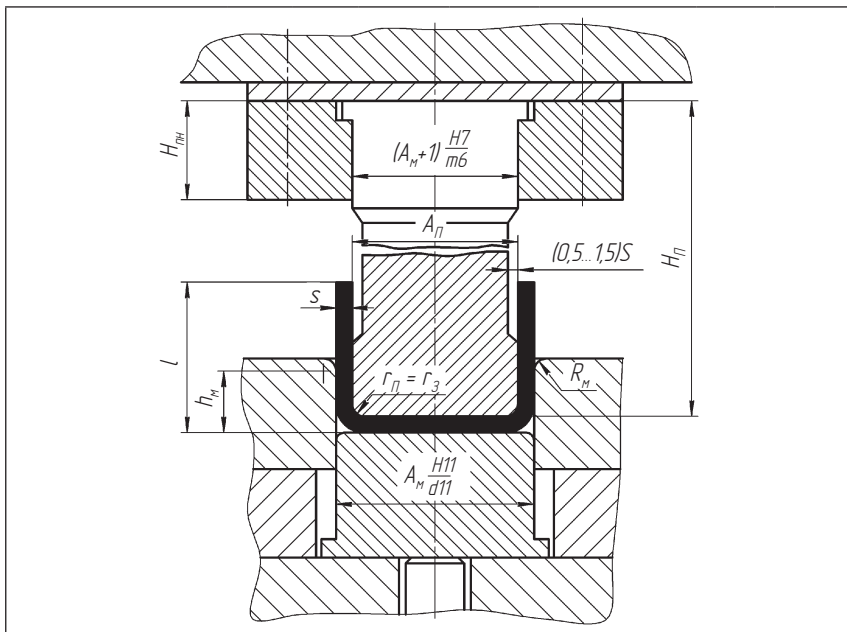


Рис. 1.11. Чертежи скоб с наружной (а) и внутренней (б) простановкой размеров

Толщину пуансонодержателя  $H_{\text{пн}}$ , высоту пуансона  $H_{\text{п}}$  для П-образных штампов определяют по аналогии со штампами для V-образной гибки. Конструктивные размеры матриц приведены в табл. 1.21.

Таблица 1.21

## Размеры элементов матриц для П-образной гибки, мм



Величина $l$	Толщина материала $S$							
	До 0,5		Свыше 0,5 до 2		Свыше 2 до 4		Свыше 4 до 5	
	$R_{\text{м}}$	$h_{\text{м}}$	$R_{\text{м}}$	$h_{\text{м}}$	$R_{\text{м}}$	$h_{\text{м}}$	$R_{\text{м}}$	$h_{\text{м}}$
До 10	2	6	3	10	4	10	—	—
Свыше 10 до 20	2	8	4	12	5	15	5	20
Свыше 20 до 35	2	12	4	15	5	20	5	25
Свыше 35 до 50	3	15	4	20	6	25	5	30
Свыше 50 до 75	3	20	5	25	6	30	5	35
Свыше 75 до 100	—	—	5	30	8	35	5	40
Свыше 100 до 150	—	—	5	35	8	40	5	50
Свыше 150 до 200	—	—	5	45	8	55	5	65

## 1.4. Вытяжные штампы

### 1.4.1. Штампы для вытяжки без преднамеренного утонения толщены стенок

**Технологичность вытянутых изделий.** В процессе вытяжки заготовка затягивается в зазор между матрицей и пуансоном. При этом плоская заготовка трансформируется в полое изделие. Основным требованием к изделиям, изготовляемым вытяжкой, является наличие плавных сопряжений между стенками, а также между стенками и дном изделия.

На рис. 1.12 приведены примеры по выбору наиболее рациональной формы вытягиваемых изделий. Плоское дно более рационально, чем сферическое (рис. 1.12, а). Переходы в ступенчатых изделиях следует выполнять наклонными, при этом разность диаметров ступеней надо предусматривать минимальной (рис. 1.12, б). Следует избегать криволинейных и сферических боковых поверхностей (рис. 1.12, в). Выступы следует выполнять наклонными с минимальной высотой (рис. 1.12, г). Изделия больших габаритных размеров с плоским дном более склонны к перекосу, чем выпуклые (рис. 1.12, д). Изделия со сферическим дном следует выполнять

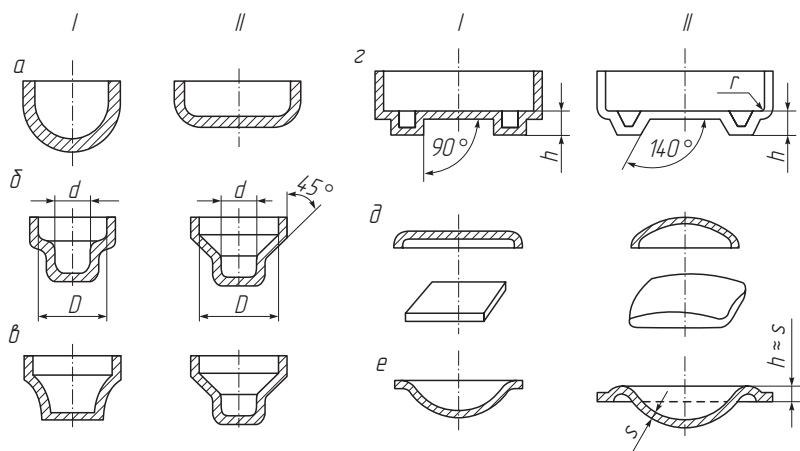


Рис. 1.12. Выбор рациональной формы изделий:

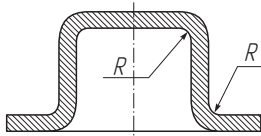
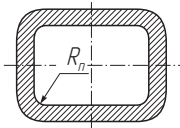
I — нерекомендуемая конструкция; II — рекомендуемая конструкция

с небольшим выступом, облегчающим удержание заготовки при вытяжке (рис. 1.12, е).

От размера радиуса сопряжений элементов изделия зависит величина напряжения в материале, а значит, возможность обрывов и складкообразований. Рекомендуемые значения радиусов сопряжения приведены в табл. 1.22.

Таблица 1.22

### Рекомендации по размерам радиуса сопряжений

Вид детали	Место расположения радиуса закругления	Рекомендуемые значения
	Между дном и стенкой ( $R$ – радиус дна)	$R \geq S$
	Между фланцем и стенкой ( $R_1$ – радиус фланца)	$R_1 \geq (2...3)S$
 	Между дном и стенкой ( $R_{\text{д}}$ – радиус дна)	$R_{\text{д}} = 1,5S$ ; желательно $R_{\text{д}} = R_{\text{п}}$
	Между боковыми стенками ( $R_{\text{п}}$ – радиус в плане)	$R_{\text{п}} \geq 3S$

На рис. 1.13 представлены конструктивные требования к изделиям, вытягиваемым за одну операцию.

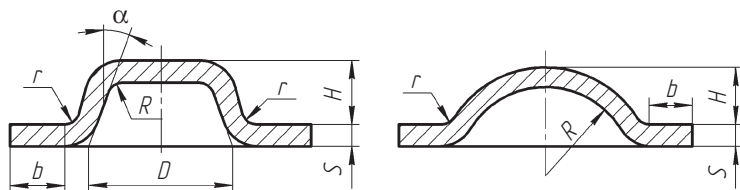


Рис. 1.13. Конструктивные требования к изделиям, получаемым за одну операцию:

$$H \leq (1,5...2)S; R \geq (1...1,5)S; a \geq 15...20^\circ; D \geq 3H; r = 0,5S; b \geq (3...3,5)S; R \geq (3...4)S; H \leq 2S; r = 0,5S; b \geq (3...3,5)S$$

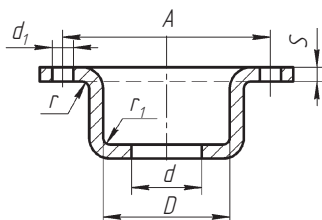


Рис. 1.14. Схема для расчета расстояния между отверстиями во фланце

Минимальное расстояние между отверстиями во фланце (рис. 1.14) определяется из соотношения

$$A \geq D + 2S + 2r + d.$$

В табл. 1.23 приведены допускаемые отклонения по высоте полых цилиндрических изделий с фланцем.

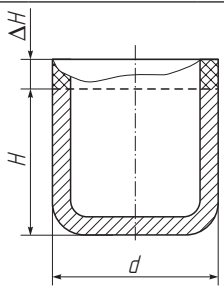
Таблица 1.23

**Рекомендуемые значения отклонений по высоте цилиндрических изделий с фланцем, мм**

Толщина материала, мм	Высота $H$ , мм						
	До 18	Свыше 18 до 30	Свыше 30 до 50	Свыше 50 до 80	Свыше 80 до 120	Свыше 120 до 180	Свыше 180 до 260
До 1	$\pm 0,3$	$\pm 0,4$	$\pm 0,5$	$\pm 0,6$	$\pm 0,8$	$\pm 1,0$	$\pm 1,2$
Свыше 1 до 2	$\pm 0,4$	$\pm 0,5$	$\pm 0,6$	$\pm 0,7$	$\pm 0,9$	$\pm 1,2$	$\pm 1,4$
Свыше 2 до 4	$\pm 0,5$	$\pm 0,6$	$\pm 0,7$	$\pm 0,8$	$\pm 1,0$	$\pm 1,4$	$\pm 1,6$
Свыше 4 до 6	$\pm 0,6$	$\pm 0,7$	$\pm 0,8$	$\pm 0,9$	$\pm 1,1$	$\pm 1,6$	$\pm 1,8$

**Расчет размеров заготовки.** В основе методики расчета размеров заготовки принимается равенство поверхностей заготовки и изделия. При расчете размеров заготовки необходимо учитывать припуск на обрезку волнистой кромки, которая образуется вследствие анизотропии материала заготовки. В табл. 1.24 и 1.25 приведены величины припусков на обрезку цилиндрических изделий без фланца и с фланцем.

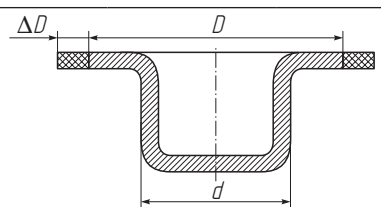
Таблица 1.24

Припуск  $\Delta H$  на обрезку изделия без фланца, мм


Высота детали $H$ , мм	Относительная высота детали без фланца $H/d$			
	0,5...0,8	0,8...1,6	1,6...2,5	2,5...4,0
10	1,5	1,8	2,3	3,0
20	2,2	3,0	3,7	4,5
50	3,5	4,5	6,0	7,0
100	5,0	6,5	8,5	10,0
150	6,5	8,0	10,5	12,0
200	7,5	9,0	12,0	15,0
250	9,0	11,0	13,5	16,0
300	10,0	13,0	15,0	18,0

*Примечание.* Для деталей толщиной  $S \leq 0,5$  мм табличные данные следует увеличить на 30 %.

Таблица 1.25

Припуск  $\Delta D$  на обрезку изделия с фланцем, мм


Диаметр фланца $D$ , мм	Относительный диаметр детали с фланцем $D/d$			
	До 1,5	1,5...2,0	2,0...2,5	2,5...3,0
25	2,5	2,2	2,0	1,5
50	4,0	3,0	2,5	2,5
100	5,0	4,5	3,7	3,0
150	6,0	5,0	4,0	3,5

Окончание табл. 1.25

Диаметр фланца $D$ , мм	Относительный диаметр детали с фланцем $D/d$			
	До 1,5	1,5...2,0	2,0...2,5	2,5...3,0
200	7,0	6,0	5,0	4,0
250	8,0	7,0	5,5	4,2
300	9,0	7,5	6,0	4,5

**Технологический расчет вытяжки изделий тел вращения.**

Определение размеров заготовки производится в соответствии с *правилом Гюльдена*:

площадь поверхности тела вращения, образованного кривой произвольной формы при вращении ее вокруг оси, находящейся в той же плоскости, равна произведению длины образующей на длину окружности, описанной центром тяжести, т.е.

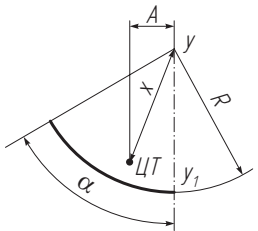
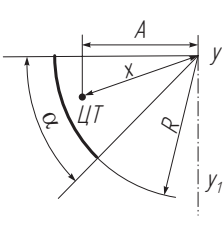
$$F = 2\pi r_{\text{ц.т.}} l,$$

где  $F$  — площадь поверхности тела вращения;  $r_{\text{ц.т.}}$  — расстояние от центра тяжести до оси вращения;  $l$  — длина образующей.

Для кривых, являющихся частью окружности, положение центра тяжести  $A$  определяется по табл. 1.26.

Таблица 1.26

**Положение центра тяжести дуги окружности  $A$ , мм**

Центральный угол дуги $\alpha$ , град.					Расстояние от центра тяжести дуги до центра закругления $x$
	$A$	$x$	$y$	$y_1$	
30	$0,256R$	$0,955R$	$0,988R$		
45	$0,373R$	$0,901R$	$0,978R$		
60	$0,473R$	$0,827R$	$0,955R$		
90	$0,637R$	$0,637R$	$0,905R$		

Примечание. ЦТ — центр тяжести.

Радиус центра тяжести дуги:

□ для выпуклых закруглений

$$r_{ц.т} = B + A;$$

□ для вогнутых закруглений

$$r_{ц.т} = B - A,$$

где  $B$  — расстояние от оси изделия до центра закругления.

Для изделий, имеющих форму тел вращения, заготовка, как правило, имеет форму круга. Условие равенства площади поверхности заготовки и изделия может быть представлено в виде

$$F_{изд} = 0,785D^2,$$

где  $F$  — площадь изделия;  $D$  — диаметр изделия, откуда диаметр заготовки  $D_0$

$$D_0 = 1,13\sqrt{F_{изд}}.$$

Для определения диаметра заготовки поверхность изделия необходимо разбить на элементарные геометрические элементы (рис. 1.15). Площадь заготовки равна сумме площадей  $f_i$  элементарных элементов изделия

$$F_{изд} = \sum_{i=1}^n f_i = f_1 + f_2 + \dots + f_n.$$

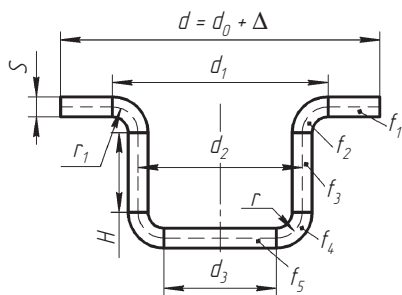


Рис. 1.15. Схема разбивки поверхности изделия на элементарные поверхности:

$d$  — диаметр заготовки;  $d_0$  — диаметр изделия;  $\Delta$  — припуск на обрезку



Тогда диаметр заготовки

$$D_0 = 1,13 \sqrt{\sum_{i=1}^n f_i}, \text{ мм.}$$

**Условие применения вытяжки с прижимом.** В процессе вытяжки во фланцевой части заготовки возникают тангенциальные сжимающие напряжения. При вытяжке тонкого материала легко возникает потеря устойчивости, благодаря чему на нем образуются гофры. В толстом материале при тех же размерах заготовки и изделия возникновение гофров затруднено благодаря большей устойчивости фланца заготовки. Для предотвращения гофров применяются прижимы. Условия применения прижимов определяются диаметром заготовки и изделия, толщиной материала и их соотношениями (табл. 1.27).

Таблица 1.27

**Условия применения прижима**

Операция вытяжки	С прижимом	С прижимом или без прижима	Без прижима
Первая	$D_0 - d_1 > 22S$	$D_0 - d_1 = 22S$	$D_0 - d_1 < 22S$
Последующие	$100S/d_{n-1} < 1,25$	$100S/d_{n-1} = 1,25 \dots 1,5$	$100S/d_{n-1} > 1,5$

*Примечание.*  $D_0$  — диаметр заготовки;  $d_1$  — диаметр изделия на первом переходе;  $S$  — толщина материала;  $n$  — порядковый номер перехода.

**Количество вытяжных операций,** необходимых для изготовления цилиндрических изделий без фланца, зависит от относительной высоты  $H/D$  и относительной толщины  $S/D$  (рис. 1.16, а, табл. 1.28).

Таблица 1.28

**Количество вытяжных операций изделий без фланца (рис. 1.16, а)**

$H/D$	Количество вытяжных операций	$H/D$	Количество вытяжных операций
Менее 0,6	1	4	4
1,4	2	7	5
2,5	3	12	6

Если в изделии предусмотрен фланец (рис. 1.16, б), то число вытяжных операций (табл. 1.29) дополнительно зависит от отношения диаметра фланца  $D_{\phi}$  к диаметру цилиндрической части  $d$

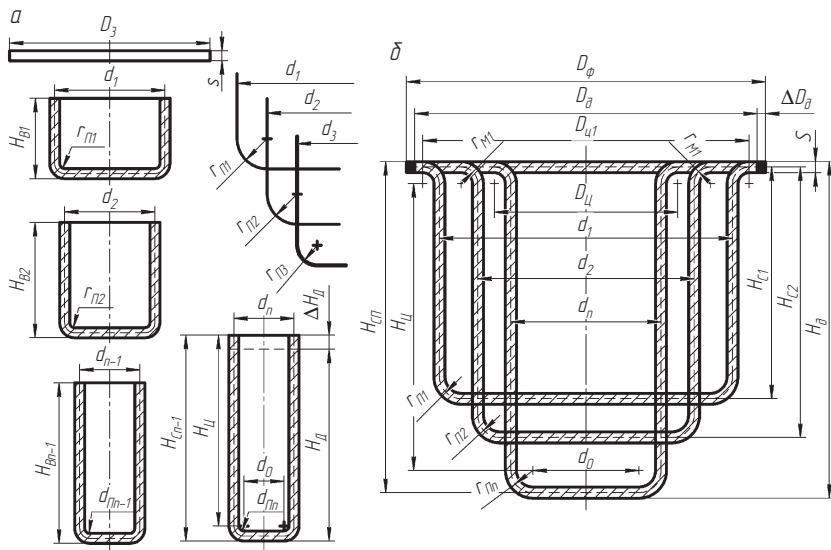


Рис. 1.16. Последовательность вытяжки без фланца (а) и с фланцем (б)

и значения радиуса перехода  $r_{п}$  фланца к стенкам, который составляет от  $2S$  до  $3S$ .

Таблица 1.29

**Количество вытяжных операций изделий с фланцем (рис. 1.16, б)**

$D_{ф}/d$	$H/D$		
	0,5	1	2
1,5	1	2	3
2	2	3	4
3	3	4	5

Расчет операционных размеров изделия проводится по коэффициентам вытяжки. Для первой и последующих вытяжек коэффициенты определяются по формулам

$$m_1 = d_1/D_0; \quad m_2 = d_2/d_1; \quad \dots \quad m_n = d_n/d_{n-1}.$$

Числовые значения коэффициентов вытяжки приведены в табл. 1.30. Многообразие факторов, влияющих на значение коэффициентов, приводит к необходимости их уточнения опытным путем почти в каждом случае освоения штамповки нового изделия.

Таблица 1.30

## Значения коэффициентов вытяжки цилиндрических изделий (рис. 1.16)

100S/D <sub>0</sub>	Значение $m_1$ при вытяжке с прижимом										
	Без фланца	До 1,1	1,1...1,3	1,3...1,5	1,5...1,8	1,8...2,0	2,0...2,2	2,2...2,5	2,2...2,5	2,2...2,5	Более 2,5
Свыше 0,06 до 0,15	0,63...0,60	0,61...0,60	0,60...0,59	0,59...0,55	0,55...0,52	0,52...0,48	0,48...0,45	0,45...0,42	0,42...0,38	0,42...0,38	0,42...0,38
Свыше 0,15 до 0,30	0,60...0,58	0,60...0,59	0,59...0,55	0,55...0,52	0,52...0,48	0,48...0,45	0,45...0,42	0,42...0,38	0,38...0,35	0,38...0,35	0,38...0,35
Свыше 0,30 до 0,60	0,58...0,55	0,59...0,57	0,57...0,55	0,52...0,51	0,51...0,48	0,46...0,55	0,44...0,42	0,40...0,38	0,36...0,35	0,36...0,35	0,36...0,35
Свыше 0,60 до 1,0	0,55...0,53	0,57...0,55	0,55...0,53	0,51...0,50	0,48...0,47	0,45...0,44	0,43...0,42	0,39...0,38	0,35...0,34	0,35...0,34	0,35...0,34
Свыше 1,0 до 1,5	0,53...0,50	0,55...0,53	0,53...0,51	0,50...0,49	0,47...0,46	0,44...0,43	0,42...0,41	0,39...0,38	0,35...0,34	0,35...0,34	0,35...0,34
Свыше 1,5 до 2,0	0,50...0,48	0,53...0,50	0,50...0,49	0,49...0,47	0,46...0,45	0,43...0,42	0,41...0,40	0,38...0,37	0,34...0,33	0,34...0,33	0,34...0,33
Более 2,0	0,48...0,46	0,53...0,49	0,50...0,49	0,49...0,47	0,46...0,45	0,43...0,42	0,41...0,40	0,38...0,37	0,34...0,33	0,34...0,33	0,34...0,33

Окончание табл. 1.30

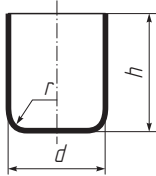
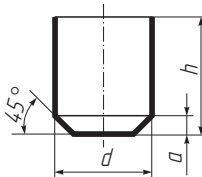
100S/D <sub>3</sub>	При выгяжке с прижимом с фланцем и без фланца					При выгяжке без прижима					
	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	m <sub>6</sub>	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	m <sub>6</sub>
Свыше 0,06 до 0,15	0,82...0,80	0,84...0,82	0,86...0,85	0,88...0,87	—	0,87	0,94	—	—	—	—
Свыше 0,15 до 0,30	0,80...0,79	0,85...0,81	0,85...0,83	0,87...0,86	—	0,85	0,92	0,94	—	—	—
Свыше 0,30 до 0,60	0,79...0,78	0,81...0,80	0,83...0,82	0,86...0,85	—	0,82	0,90	0,92	0,94	—	—
Свыше 0,60 до 1,0	0,78...0,76	0,80...0,79	0,82...0,81	0,85...0,84	—	0,78	0,88	0,90	0,92	0,94	—
Свыше 1,0 до 1,5	0,76...0,75	0,79...0,78	0,81...0,80	0,84...0,82	—	0,75	0,85	0,90	0,90	0,92	0,94
Свыше 1,5 до 2,0	0,75...0,73	0,78...0,75	0,80...0,78	0,82...0,80	—	0,65	0,80	0,84	0,87	0,90	0,92
Более 2,0	0,73...0,71	0,75...0,73	0,78...0,76	0,80...0,78	—	0,60	0,75	0,80	0,84	0,87	0,90

*Примечания.* 1. Меньшие значения коэффициентов выгяжки соответствуют радиусу рабочей кромки матрицы  $r_M = (8...15)S$ , большие —  $r_M = (8...15)S$ . 2. Если выгяжка без прижима выполняется на всех операциях, включая первую, то коэффициенты  $m_1, m_2$  соответствуют значениям, приведенным в таблице. Если выгяжка без прижима следует за рядом операций, выполняющихся с прижимом, то значение коэффициента выгяжки принимают по предыдущей по счету операции, например для пятой по счету выгяжки принимают значение  $m_4$  и т.д. 3.  $D_\Phi$  — диаметр фланца;  $d_n$  — диаметр цилиндрической части изделия на  $n$ -м переходе.

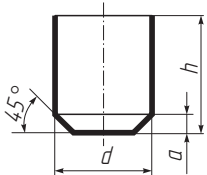
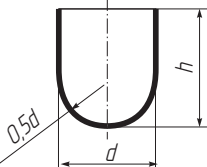
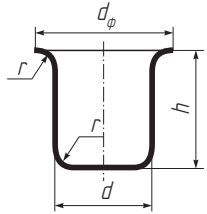
При технологических расчетах многооперационной вытяжки наряду с определением количества операций необходимо определить высоту изделия на каждой операции. В табл. 1.31 приведены формулы для расчета высоты цилиндрических изделий на каждой операции.

Таблица 1.31

## Формулы для расчета пооперационной высоты изделий (рис. 1.16)

Форма детали	Операция вытяжки	Формула
Цилиндр с большим радиусом закругления у дна 	1	$h_1 = 0,25 \left( \frac{D}{m_1} - d_1 \right) + 0,43 \frac{r_1}{a_1} (d_1 + 0,32r_1)$
	2	$h_2 = 0,25 \left( \frac{D}{m_1 m_2} - d_2 \right) + 0,43 \frac{r_3}{a_2} (d_2 + 0,32r_2)$ или при $r_1 = r_2 = r$ $h_2 = \frac{h_1}{m_2} + 0,25 \left( \frac{d_1}{m_2} - d_2 \right) - 0,43 \frac{r}{d_2} (d_1 - d_2)$
	...	...
	n	$h_n = 0,25 \left( \frac{D}{m_1 m_2 \dots m_n} - d_n \right) +$ $+ 0,43 \frac{r_n}{a_n} (d_n + 0,32r_n)$ или при $r_1 = r_n = r$ $h_n = \frac{h_{n-1}}{m_n} + 0,25 \left( \frac{d_{n-1}}{m_n} - d_n \right) -$ $- 0,43 \frac{r}{d_n} (d_{n-1} - d_n)$
Цилиндр со скосом у дна 	1	$h_1 = 0,25 \left( \frac{D}{m_1} - d_1 \right) + 0,57 \frac{a_1}{d_1} (d_1 + 0,86a_1)$
	2	$h_2 = 0,25 \left( \frac{D}{m_1 m_2} - d_2 \right) + 0,57 \frac{a_2}{d_2} (d_2 + 0,86a_2)$ или при $a_1 = a_2 = a$ $h_2 = \frac{h_1}{m_2} + 0,25 \left( \frac{d_1}{m_2} - d_2 \right) - 0,57 \frac{a}{d_2} (d_1 - d_2)$
	...	...
	...	...

Окончание табл. 1.31

Форма детали	Операция вытяжки	Формула
Цилиндр со скосом у дна 	$n$	$h_n = 0,25 \left( \frac{D}{m_1 m_2 \dots m_n} - d_n \right) +$ $+ 0,57 \frac{a_n}{d_n} (d_n + 0,86 a_n)$ или при $a_1 = a_n = a$ $h_n = \frac{h_{n-1}}{m_n} + 0,25 \left( \frac{d_{n-1}}{m_n} - d_n \right) -$ $- 0,57 \frac{a}{d_n} (d_{n-1} - d_n)$
Цилиндр со сферическим дном 	1	$h_1 = 0,25 \frac{D}{m_1}$
	2	$h_2 = 0,25 \frac{D}{m_1 m_2} \quad \text{или} \quad h_2 = \frac{h_1}{m_2}$
	...	...
	$n$	$h_n = 0,25 \frac{D}{m_1 m_2 \dots m_n} \quad \text{или} \quad h_n = \frac{h_{n-1}}{m_n}$
Цилиндр с широким фланцем 	1	$h_1 = 0,25 \left( \frac{D}{m_1} - \frac{d_{\Phi}^2}{d_1} + 3,44 r_1 \right)$
	2	$h_2 = 0,25 \left( \frac{D}{m_1 m_2} - \frac{d_{\Phi}^2}{d_2} + 3,44 r_2 \right)$ или $h_2 = \frac{h_1}{m_2} - 0,86 \frac{r_1}{m_2} + 0,86 r_2$
	...	...
	$n$	$h_n = 0,25 \left( \frac{D}{m_1 m_2 \dots m_n} - \frac{d_{\Phi}^2}{d_n} + 3,44 r_n \right)$ или $h_n = \frac{h_{n-1}}{m_n} - 0,86 \frac{r_{n-1}}{m_n} + 0,86 r_n$

**Расчет исполнительных размеров матриц и пуансонов** выполняется в соответствии со способом задания размеров на изделиях. Если размер задан по наружной поверхности (рис. 1.17, *a*), то принимаются:

- размер матрицы

$$D_M = (D - T)^{+T_M};$$

- размер пуансона

$$D_{II} = (D - T + 2Z_{BT})_{-T_{II}},$$

где  $D$ ,  $D_M$  и  $D_{II}$  — соответственно, номинальные размеры изделия, матрицы и пуансона;  $Z_{BT}$  — односторонний зазор при вытяжке;  $T$ ,  $T_{II}$  и  $T_M$  — допуски на размеры изделия, пуансона и матрицы.

Если допуск задан по внутреннему размеру (рис. 1.17, *б*), то

$$D_{II} = (d + 0,5T)_{-T_{II}};$$

$$D_M = (d + 0,5T + 2Z_{BT})^{+T_M},$$

где  $d$  — номинальный внутренний размер изделия.

Зазор  $Z_{BT}$  (мм) при вытяжке круглых деталей без утонения материала можно определить по следующим формулам:

- для стали

$$Z_{BT} = S + 0,07\sqrt{10S};$$

- алюминия

$$Z_{BT} = S + 0,02\sqrt{10S};$$

- других цветных металлов и сплавов

$$Z_{BT} = S + 0,04\sqrt{10S},$$

где  $S$  — номинальная толщина материала.

На основании экспериментальных данных установлено, что среднее значение зазора должно составлять: при вытяжке из мягкой стали для первой операции  $(1,35...1,50)S$ , для последующих операций —  $(1,20...1,30)S$ ; при вытяжке из алюминия и латуни соответственно для первой операции  $(1,30...1,40)S$  и для последующих операций —  $(1,25...1,29)S$ . Калибрующая (последняя) операция

осуществляется при зазоре  $(1,0...1,1)S$ . Иногда для получения гладкой поверхности изделия принято на последующих операциях увеличивать зазор, принимая его для первой операции  $(1,20...1,30)S$ , а для последующих —  $(1,25...1,35)S$ .

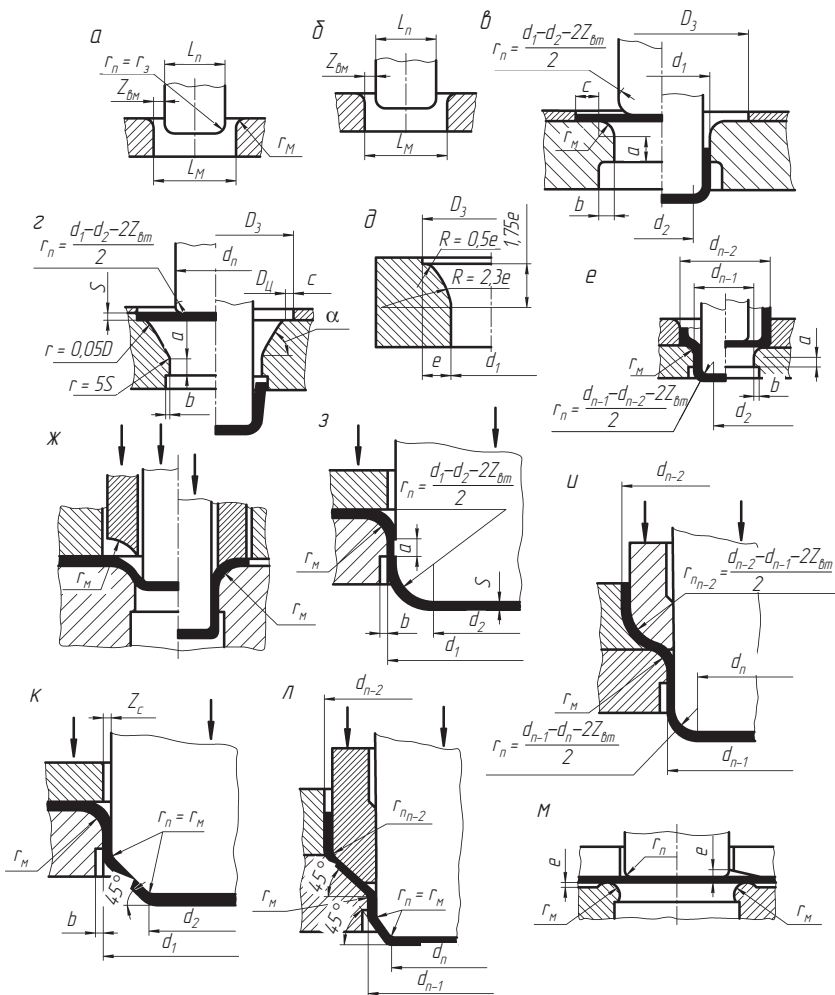


Рис. 1.17. Формообразующие элементы вытяжных штампов:

*a, б* — исполнительные размеры пуансона и матрицы, соответственно, при задании наружного или внутреннего размеров заготовки; *в, г* — конструктивное оформление формообразующих элементов при вытяжке, соответственно,



в цилиндрической и конической матрице;  $\partial$  — элементы матрицы с эвольвентной поверхностью;  $e$  — конструктивное оформление формообразующих элементов при многопереходной вытяжке без прижима;  $ж$  — схема штампа с дополнительным прижимным кольцом;  $з, u$  — формообразующие элементы, соответственно, для первой и последующей вытяжки с прижимом;  $к, л$  — формообразующие элементы, соответственно, при первой и последующих вытяжках коническим пуансоном;  $м$  — схема конструкции вытяжного штампа с пониженным усилием прижима

Наиболее ответственными элементами формообразующих деталей являются поверхности, непосредственно соприкасающиеся во время вытяжки со штампуемым материалом, закругления, переходные фаски, перетяжные пороги и др. От правильного их оформления во многом зависит качество операций вытяжки. Конструктивное оформление формообразующих элементов представлено на рис. 1.17, *в-м*.

Радиус  $r_{mn}$  закругления ребра матрицы для  $n$ -й операции можно определить по формуле

$$r_{mn} = 0,05[50 + (d_{n-1} - d_n)]\sqrt{S},$$

где  $d_{n-1}$  и  $d_n$  — диаметры изделий, соответственно, на предшествующей и текущей операциях.

Следует иметь в виду, что увеличенный радиус закругления ребра матрицы  $r_m$  может привести к складкообразованию, а уменьшенный радиус  $r_m$  — к разрыву штампуемого материала.

Радиусы закруглений матриц необходимо определять с учетом свойств материала. Так, при вытяжке заготовок из материала толщиной до 3 мм из низкоуглеродистой стали радиус  $r_m$  составляет  $(6...10)S$ ; из алюминия, его сплавов и латуни —  $(5...8)S$ . При толщине 3...6 мм указанные значения соответственно уменьшаются до  $(4...6)S$  и  $(3...5)S$ , а при  $S > 6$  мм — до  $(2...4)S$  и  $(1,5...3)S$ . В случае вытяжки заготовок с широким фланцем, когда нет опасения складкообразования на выходе фланца из-под прижима, радиус  $r_m$  можно увеличивать по сравнению с расчетным в 1,5–2 раза и довести его значение до  $(10...20)S$ .

Существенного увеличения значения  $r_m$  можно добиться, применяя дополнительное прижимное кольцо (рис. 1.17, *ж*), воздействующее на заготовку с помощью отдельного механизма.

Радиус  $r_n$  закругления торца пуансона на последней операции принимают равным радиусу заготовки  $r_3$  (рис. 1.17, *а*). Если вытяжку

осуществляют за две-три операции, следует назначить величину  $r_{\Pi}$  от  $0,8r_m$  до  $10r_m$  на соответствующей операции, постепенно уменьшая до величины  $r_3$ . При многооперационной вытяжке значение  $r_{\Pi}$  на каждой операции следует назначать исходя из диаметров заготовки после данной операции  $d_{n-1}$  и после следующей за ней операции.

При вытяжке без прижима с коэффициентом  $m > 0,8$  следует применять цилиндрические матрицы с закруглениями (рис. 1.17, *е*), а при  $m > 0,8$  — матрицы с конической формой рабочей части (рис. 1.17, *з*). В последнем случае для первой вытяжки при  $100S/d_1 > 3$  принимают  $\alpha = 60...70^\circ$ , а при  $100S/d_1 > 3$  —  $40...45^\circ$ . Для последующих вытяжек принимают  $\alpha = 60...70^\circ$ .

С уменьшением угла наклона в случае применения прижима соответствующего профиля появляется возможность заклинивания полой заготовки в конусе матрицы под прижимом. Угол наклона в  $55^\circ$  обеспечивает надежное центрирование полой заготовки при установке ее на матрицу и предотвращает заклинивание стенок заготовки в конусе матрицы.

Рабочая часть матрицы для первой вытяжки без прижима может выполняться, как показано на рис. 1.17, *д*. При вытяжке напровал необходимо предусмотреть рабочий поясok высотой  $a = (5...10)S$  и расточку глубиной  $b = (2...8)S$  (см. рис. 1.17, *з*).

При вытяжке без прижима ширина  $c$  плоской кольцевой части верхней плоскости матрицы должна составлять  $0,02D_3...0,2D_3$ , но не менее  $1,5...2$  мм, и, соответственно, диаметр расположения центра закругления матрицы  $D_{\Pi} = D_0 - 2c$  (см. рис. 1.17, *в*, *з*).

При вытяжке с прижимом съем заготовки с пуансона обеспечивает прижимное кольцо (см. рис. 1.17, *ж*, *и*, *к*, *л*); без прижима — кромка буртика (см. рис. 1.17, *з*).

При вытяжке деталей с широким фланцем во избежание чрезмерного возрастания усилия прижима необходимо уменьшить контактную площадь прижима, что достигается выполнением буртика (см. рис. 1.17, *м*). Высота буртика или выемки  $e = (0,2...0,5)S$ .

**Расчет силовых параметров.** Усилие вытяжки  $P_{\text{вт}}$  цилиндрических изделий приближенно вычисляют по формуле

$$P_{\text{вт}} = \pi K_{\text{вт}} d S \sigma_{\text{в}},$$

где  $K_{\text{вт}}$  — коэффициент, зависящий от коэффициента вытяжки (табл. 1.32);  $d$  — диаметр изделия;  $\sigma_{\text{в}}$  — предел прочности.

Таблица 1.32

Значение коэффициента  $K_{вт}$ 

$t$	$K_{вт}$	$t$	$K_{вт}$
До 0,55	1,00	Свыше 0,68 до 0,70	0,60
Свыше 0,55 до 0,58	0,93	Свыше 0,70 до 0,73	0,55
Свыше 0,58 до 0,60	0,86	Свыше 0,73 до 0,75	0,50
Свыше 0,60 до 0,63	0,79	Свыше 0,75 до 0,78	0,45
Свыше 0,63 до 0,65	0,72	Свыше 0,78 до 0,80	0,40
Свыше 0,65 до 0,68	0,66	Более 0,80	0,37

Усилие прижима  $D_{прж}$  фланца

$$D_{прж} = qF_{прж},$$

где  $q$  — давление прижима, определяемое по табл. 1.33;  $F_{прж}$  — площадь части заготовки, зажатой между матрицей и прижимным кольцом.

Таблица 1.33

Давление  $q$  прижима при вытяжке

Штампуемый материал	$q$ , МПа
Малоуглеродистые стали: $S \leq 0,5$ мм $S > 0,5$ мм	2,5...3,0 2,0...2,5
Высоколегированные стали	3,0...4,5
Медь	1,0...1,5
Латунь	1,5...2,0
Алюминий и его сплавы	0,8...1,8
Бронза	2,0...2,5
Белая жечь	2,5...3,0
Молибден	4,5...6,0

### 1.4.2. Штампы для вытяжки с преднамеренным утонением стенок

Расчет исходной заготовки определяют из условия равенства объемов заготовки и изделия. Для обеспечения припуска на обрезку объем исходной заготовки увеличивают на 5...6 % по сравнению

с объемом готового изделия. Если вытяжку производят более чем за четыре-пять операций, следует предусмотреть промежуточную обрезку полуфабриката по высоте.

Диаметр исходной заготовки для вытяжки с утонением  $D_0$  определяется по формуле

$$D_0 = 1,2\sqrt{V_{\text{изд}}/S},$$

где  $V_{\text{изд}}$  — объем материала готового изделия;  $S$  — толщина исходной заготовки, принимается равной толщине донной части готового изделия.

Коэффициент вытяжки с утонением  $m_{\text{ут}}$  рассчитывается по формуле

$$m_{\text{ут}} = \frac{S_n}{S_{n-1}},$$

где  $S_n$  — толщина стенки после вытяжки;  $S_{n-1}$  — толщина стенки до вытяжки.

Значения коэффициентов  $m_{\text{ут}}$  принимаются по табл. 1.34.

Таблица 1.34

**Значение коэффициента вытяжки с утонением**

Материал	Первая операция	Последующая операция
Латунь	0,70	0,55
Алюминий	0,75	0,60
Сталь малоуглеродистая	0,75	0,65
Сталь среднеуглеродистая	0,85	0,75

Наружный диаметр колпачка  $d_1$  после первой вытяжки из плоской заготовки принимают равным (рис. 1.18):

$$d_1 = 0,75D_0.$$

Толщина стенки на первом переходе

$$S_1 = m_{\text{ут}}S.$$

На каждой последующей  $i$ -й вытяжке внутренний диаметр изделия уменьшается на 0,15...0,30 мм:

$$d_{\text{в}i} = d_{\text{в}i-1} - (0,15...0,30), \text{ мм.}$$

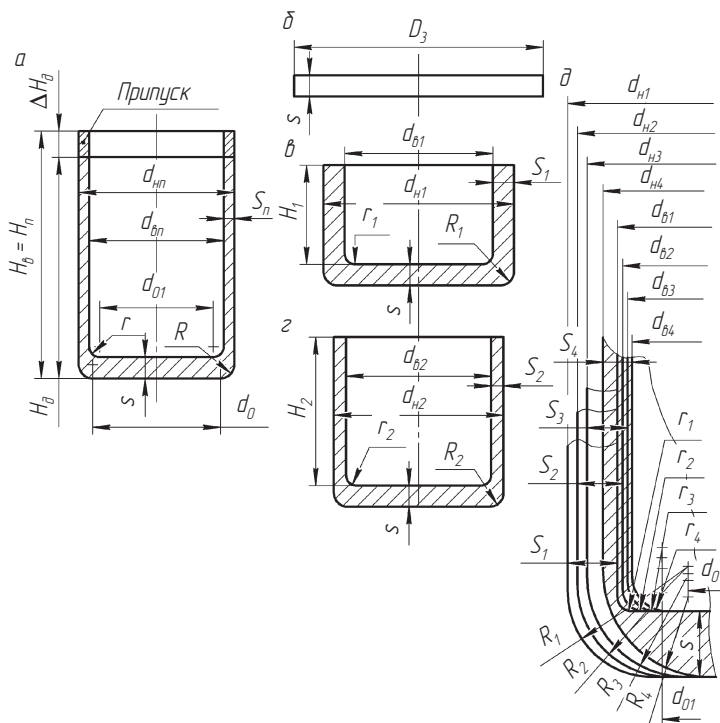


Рис. 1.18. Схемы операций переходов вытяжки с утонением:  
 а — изделия; б — заготовки; в, г — операций переходов; д — совмещенных операций переходов

После каждой вытяжки толщина стенки уменьшается

$$S_i = m_{\text{yтi}} S_{i-1}$$

Высота изделия после первой операции вытяжки

$$H_1 = \frac{S}{2S_1} \cdot \frac{D_0^2 - d_{\text{M1}}^2}{d_{\text{M1}} + d_{\text{B1}}}. \quad (1.8)$$

На промежуточной  $i$ -й операции

$$H_i = \frac{S}{2S_i} \cdot \frac{D_0^2 - d_{\text{Mi}}^2}{d_{\text{Mi}} + d_{\text{Bi}}}. \quad (1.9)$$

В формулах расчета высоты изделия (1.8) и (1.9) условно принято, что на всех операциях радиусы закругления (наружный и внутренний) у донной части изделия близки к нулю. Фактически радиусы закругления  $r_1$  на первой операции принимаются так же, как и для вытяжки без утонения. На последующих операциях радиусы уменьшаются за каждую операцию на величину  $(r_1 - r_n)$   $(n - 1)$ , т.е.

$$r_2 = r_1 - \frac{r_1 - r_n}{n - 1}; \quad r_3 = r_1 - 2 \frac{r_1 - r_n}{n - 1};$$

$$r_n = r_1 - (n - 1) \frac{r_1 - r_n}{n - 1}.$$

Усилие вытяжки  $P_{\text{вт}}$  на промежуточной операции

$$P_{\text{вт}} = \pi d_i (S_{i-1} - S_i) \sigma_{\text{в}} K_y,$$

где  $d_i$  — диаметр изделия после  $n$ -й операции;  $S_{i-1}$  и  $S_i$  — толщина стенки до и после  $i$ -й вытяжки;  $\sigma_{\text{в}}$  — предел прочности;  $K_y = 1,8 \dots 2,25$  для стали,  $K_y = 1,6 \dots 1,8$  для латуни.

## 1.5. Конструктивно-технологические характеристики изделий, получаемых холодным выдавливанием



Все процессы **холодного выдавливания** по характеру выдавливания металла делятся на простые и комбинированные. Простые процессы основаны на прямом, обратном и боковом истечении металла (рис. 1.19, *a-u*); комбинированные являются сочетанием двух и более простых (рис. 1.19, *к-p*).

**Прямое выдавливание** — истечение металла заготовки по направлению совпадает с движением пуансона (рис. 1.19, *a-z*). При **обратном выдавливании** истечение металла заготовки происходит в направлении, противоположном движению пуансона (рис. 1.19, *д-э*). При **боковом (поперечном) выдавливании** истечение металла происходит под углом не более  $90^\circ$  к направлению движения пуансона (рис. 1.19, *и*).

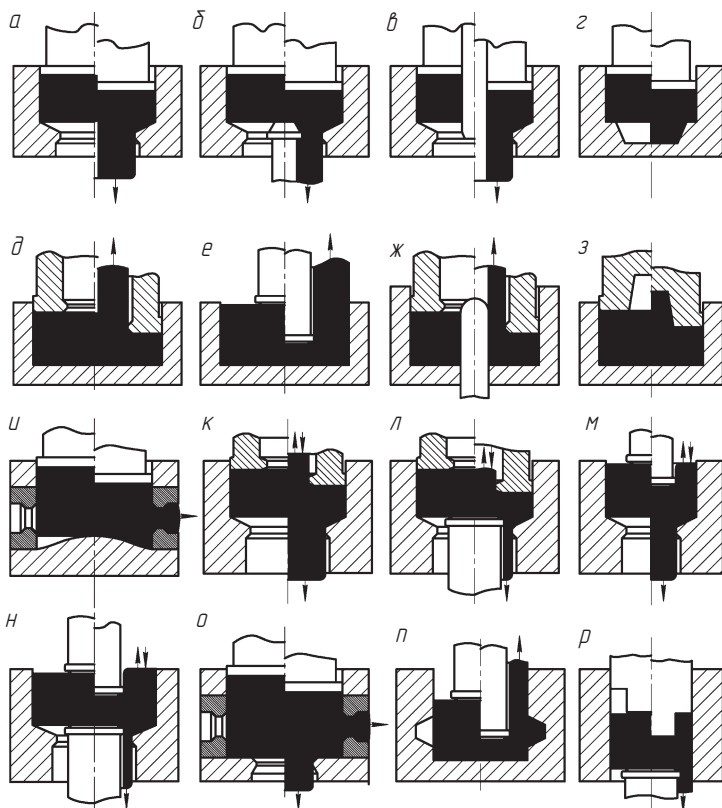


Рис. 1.19. Схемы процессов холодного выдавливания:  
*a-g* — прямое выдавливание; *d-z* — обратное выдавливание; *u* — боковое вы-  
 давливание; *k-p* — комбинированное выдавливание  
*Стрелкой показано направление течения металла*

Примеры применения простых процессов выдавливания при-  
 ведены в табл. 1.35.

По внешним размерам поперечного сечения изделия можно  
 разделить на следующие основные группы:

- очень мелкие (диаметр не более 2...3 мм);
- мелкие (от 2...3 до 10 мм);
- средние ( $10 < D < 50$  мм);
- крупные ( $50 < D < 100$  мм);
- очень крупные ( $D > 100$  мм).

Таблица 1.35

## Примеры применения процессов холодного выдавливания

Схема выдавливания (рис. 1.19)	Форма поперечного сечения		Виды изделий
	невыдавленной части заготовки	выдавленной части заготовки	
<i>a, д</i>	Круг, многоугольник	Круг, многоугольник, а также более сложные профили	Ступенчатые сплошные детали простого и фасонного сечения, болты, гайки, ступенчатые валы, детали со шлицами, шестерни
<i>б, е</i>	Круг, многоугольник	Кольцо с внутренним и внешним кругом, многогранником и их сочетания	Гильзы, колпачки, стаканы и другие трубчатые детали с гладкой и ступенчатой поверхностью; полые заготовки для выдавливания или редуцирования тонкостенных изделий
<i>в, ж</i>	Кольцо с внешним и внутренним кругом, многоугольником и их сочетанием	Кольцо простого и фасонного сечения	Тонкостенные детали с глухой и сквозной полостью, гладкие и ступенчатые
<i>з, з</i>	Круг, многоугольник	Конус, сфера и другие элементы переменного сечения	Детали, имеющие отростки, бобышки и другие элементы переменного сечения
<i>и</i>	Круг, многоугольник	Многоугольник и более сложный профиль	Шестерни, крестовины, звездочки и другие детали с симметричными и асимметричными отростками

Каждая из этих групп может быть разделена на подгруппы в зависимости от отношения:

□ длины  $l$  к диаметру  $D$  — первая ( $L/D \leq 0,5$ ); вторая ( $0,5 < L/D < 1,0$ ); третья ( $1 < L/D < 3$ ); четвертая ( $3 < L/D < 8$ ); пятая ( $L/D > 8$ );

□ размеров  $h$  и  $d$  полости — первая ( $h/d \leq 0,5$ ), вторая ( $0,5 < h/d < 1,0$ ); третья ( $1 < h/d < 2,5$ ); четвертая ( $2,5 < h/d < 4$ ), пятая ( $h/d \geq 4$ ).



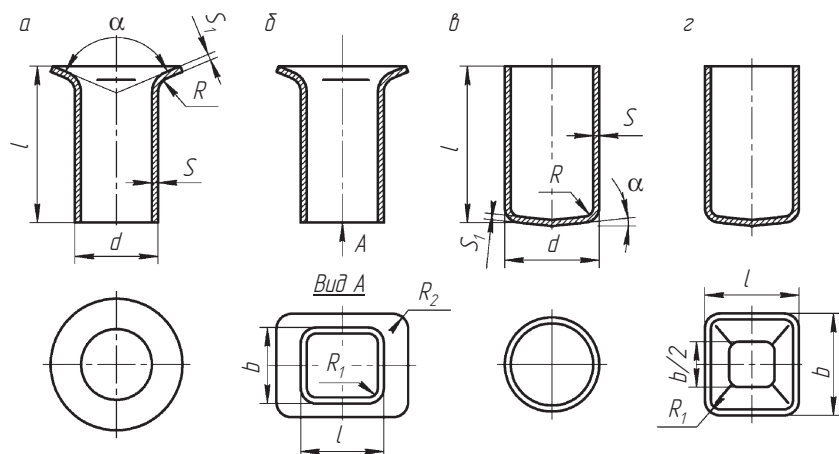


Рис. 1.20. Конструктивные элементы круглых и прямоугольных изделий:  
 а, б — прямое прессование; в, г — обратное прессование

Наибольшие габаритные размеры прессуемых изделий ограничиваются мощностью прессового оборудования, а наименьшие — прочностью пуансонов. При *прямом прессовании* (рис. 1.20, а, б) фланец выполняется под углом  $\alpha$ , что обуславливается необходимостью создания наиболее благоприятных условий истечения прессуемого материала.

При *обратном прессовании* (рис. 1.20, в, г) дно изделия выполняется наклонным под углом  $\alpha$ , что обеспечивает возможность центрирования пуансона в заготовке и способствует снижению усилий выдавливания.

Габаритные размеры изделий и отдельных элементов, изготавливаемых прямым и обратным способами прессования, приведены в табл. 1.36.

Процесс выдавливания сопровождается сложным комплексом физико-химических явлений, в результате которых структура и механические свойства изменяются: пластичность снижается; сопротивление деформированию повышается. При выдавливании сталей повышенные нагрузки на инструмент являются одним из главных ограничений применения холодного выдавливания. Сопротивление деформированию служит одним из основных критериев оценки штампуемости.

Таблица 1.36  
**Габаритные размеры изделий, получаемых прямым и обратным прессованием (рис. 1.20)**

Наименование элемента деталей	Способ прессования	Свинец, цинк, олово, алюминий		Алюминиевые сплавы, медь		Латунь	
		От	До	От	До	От	До
Диаметр цилиндрических деталей $d$ , мм	Прямой	2	100	3	100	3	80
	Обратный	5	100	8	80	10	80
Сечение прямоугольных деталей $l \times b$ , мм	Прямой	2 × 3	70 × 80	3 × 4	70 × 80	3 × 4	50 × 60
	Обратный	4 × 6	70 × 80	5 × 7	60 × 70	8 × 10	40 × 50
Толщина стенок $S$ , мм	Прямой, обратный	0,1	Не ограни- чена	0,3	Не ограни- чена	0,5	Не ограни- чена
Толщина фланца $S_f$ , мм	Прямой, обратный	0,1	Не ограни- чена	0,3	Не ограни- чена	0,5	Не ограни- чена
Толщина основания $S_1$ , мм	Прямой, обратный	—	—	—	—	—	—
Отношение длины изделий к диаметру $L/d$	Прямой	—	20	—	10	—	8
	Обратный	—	6	—	4	—	3
Радиус $R$ , мм	Прямой, обратный	0,3	Не ограни- чен	0,5	Не ограни- чен	0,8	Не ограни- чен
Радиус $R_1$ , мм	Прямой	0,5	Не ограни- чен	0,8	Не ограни- чен	1,0	Не ограни- чен
	Обратный	1,0	—	1,5	—	2	—
Радиус $R_2$ , мм	Прямой	1,5	Не ограни- чен	1,5	Не ограни- чен	2	То же
	Обратный	—	—	—	—	—	—
Угол $\alpha$ , град.	Прямой, обратный	—	150	—	130	—	130
	—	3	—	3	—	3	—

Классификация металлов и сплавов по штампуемости приведена в табл. 1.37.

Таблица 1.37

**Классификация металлов и сплавов по штампуемости  
при холодном выдавливании**

Группа	Подгруппа	Марка	Рекомендуемая (предельно допустимая) величина относительной деформации, %
1	1, 2	А, Э	60...75
2	1, 2		50...70
3	1	20, 25, 30, 15Х, 20Х	45...65
	2	25, 15Г, 15Х, 20Х, 35	40...60
	3	30, 20Г, 40, 45, 30Х, 35Х, 15ХФ, 20ХФ, 15ХМ	40...60
4	1	35, 40, 25Г, 30Х, 35Х, 38ХА, 20Г2, 35Г2	40...50
	2	18ХГ, 30ХМ, 18ХГТ, 40Х, 45Х	40
	3	20ХН, 12Х3А, 18ХГН, 16ХСН	40
5	1	45, 50, 30Г, 20ХГСА	40
	2	35Г, 40Г, 30ХГСА	40
	3	30ХГСА, 30ХМА, 45Г, 50Г	40
6	1	40ХН, 45ХН	35
	2	50ХН, 20ХН3А, 30ХГНА, 38ХГН	35
	3	25Х2Н4ВА	35
7	1	0Х13, 1Х13, 2Х13	35
	2	0Х18Н10, Х18Н9, Х18Н10Т, Х18Н9Т	35

Отклонения размеров для изделий со сплошным стержнем приведены в табл. 1.38. Отклонения размеров изделий типа стаканов при отношении  $H/D \leq 1,2$  (чаще изготавливаемых обратным выдавливанием) приведены в табл. 1.39.

Отклонения размеров изделий типа гильз с отношением  $H/D \geq 1,2$  (чаще изготавливаемых прямым выдавливанием) приве-

дены в табл. 1.40. При выполнении дополнительных операций, например калибровка, протяжка, точность размеров повышается. Достижимой точностью является *IT8–IT7*, а в некоторых случаях *IT6*. Общую высоту целесообразно не ограничивать допуском.

Припуск на обрезку кромок для изделий круглой формы устанавливается в соответствии с данными табл. 1.41.

Таблица 1.38

## Отклонения размеров изделий со сплошным стержнем

Диаметр $d$ (номинальный размер), мм	Квалитет точности $h11$	Квалитет точности $h9$	Длина $l$ , мм	Отклонение $f$ от прямо- линейности оси, мм
	Отклонение от диаметра, мм			
	Обычное	При дополнитель- ной обработке		
10...18	0,11	—	До 100	0,02...0,15
18...30	0,13	0,052	100...200	0,05...0,25
30...50	0,16	0,062	200...500	0,10...0,50
50...80	0,19	0,074	500...700	0,20...1,50
80...100	0,22	0,087	700...1200	0,50...2,00

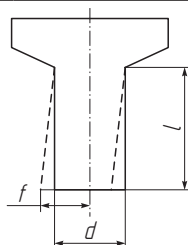


Таблица 1.39

**Отклонения размеров полых изделий  
(толщина стенки  $S = 2...40$  мм;  $H/D \leq 1,2$ )**

Наружный диаметр $D$ , мм	Отклонение от $D$ , мм		Отклонение от $d$ , мм		Толщина стенки $S$ , мм	Отклонение от $S$ , мм	
	Обычное	При дополнительной обработке	Обычное	При дополнительной обработке		Обычное	При дополнительной обработке
До 10	$\pm 0,08$	$\pm 0,05$	$\pm 0,10$	$\pm 0,05$	До 2	$\pm 0,10$	$\pm 0,05$
10...30	$\pm 0,10$	$\pm 0,04$	$\pm 0,10... \pm 0,20$	$\pm 0,05... \pm 0,10$	2...10	$\pm 0,15$	$\pm 0,10$
30...40	$\pm 0,12$	$\pm 0,07$	$\pm 0,15... \pm 0,25$	$\pm 0,10... \pm 0,15$	10...15	$\pm 0,20$	$\pm 0,15$
40...50	$\pm 0,15$	$\pm 0,10$	$\pm 0,20... \pm 0,25$	$\pm 0,10... \pm 0,15$	Толщина дна $h_2$ , мм	Отклонение от $h_2$ , мм	
50...60	$\pm 0,20$	$\pm 0,12$	$\pm 0,20... \pm 0,30$	$\pm 0,12... \pm 0,20$		Обычное	При дополнительной обработке
60...70	$\pm 0,22$	$\pm 0,15$	$\pm 0,20... \pm 0,30$	$\pm 0,15... \pm 0,25$	До 2	$\pm 0,15... \pm 0,20$	$\pm 0,10$
70...80	$\pm 0,25$	$\pm 0,17$	$\pm 0,20... \pm 0,35$	$\pm 0,15... \pm 0,25$	2...10	$\pm 0,20... \pm 0,30$	$\pm 0,15$
80...90	$\pm 0,30$	$\pm 0,20$	$\pm 0,25... \pm 0,40$	$\pm 0,20... \pm 0,30$	10...15	$\pm 0,25... \pm 0,30$	$\pm 0,20$
100...110	$\pm 0,35$	$\pm 0,22$	$\pm 0,30... \pm 0,45$	$\pm 0,25... \pm 0,35$	15...25	$\pm 0,30... \pm 0,40$	$\pm 0,25$
110...120	$\pm 0,40$	$\pm 0,25$	$\pm 0,35... \pm 0,50$	$\pm 0,30... \pm 0,40$	25...40	$\pm 0,40... \pm 0,50$	$\pm 0,35$

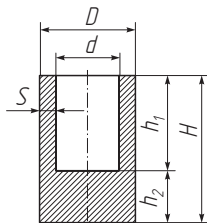


Таблица 1.40

**Отклонения размеров полых изделий  
(толщина стенки  $S = 0,5...6,0$  мм;  $H/D \geq 1,2$ )**

Наружный диаметр $D$ , мм	Отклонение от $D$ , мм		Отклонение от $d$ , мм		Толщина стенки $S$ , мм	Отклонение от $S$ , мм	
	Обычное	При дополнительной обработке	Обычное	При дополнительной обработке		Обычное	При дополнительной обработке
До 10	$\pm 0,1$	$\pm 0,020$	$\pm 0,05$	$\pm 0,020$	До 0,6	$\pm 0,03... \pm 0,10$	$\pm 0,020$
10...30		$\pm 0,020$	$\pm 0,05... \pm 0,07$	$\pm 0,020... \pm 0,040$	0,8...1,2	$\pm 0,07... \pm 0,10$	$\pm 0,020$
30...40		$\pm 0,020$	$\pm 0,08... \pm 0,10$	$\pm 0,020... \pm 0,040$	1,2...2,0	$\pm 0,10... \pm 0,15$	$\pm 0,025$
					2,0...3,5	$\pm 0,12... \pm 0,15$	$\pm 0,300$
					3,5...6,0	$\pm 0,15... \pm 0,20$	$\pm 0,040$
40...50	$\pm 0,1$	$\pm 0,025$	$\pm 0,10... \pm 0,12$	$\pm 0,025... \pm 0,040$	Толщина дна $h_2$ , мм	Отклонение от $h_2$ , мм	
50...60		$\pm 0,030$	$\pm 0,12... \pm 0,14$	$\pm 0,030... \pm 0,050$		Обычное	При дополнительной обработке
60...70	0,2	$\pm 0,040$	$\pm 0,18... \pm 0,20$	$\pm 0,035... \pm 0,050$	До 2	До $\pm 0,15$	$\pm 0,10$
70...80	$\pm 0,4$	$\pm 0,040$	$\pm 0,18... \pm 0,20$	$\pm 0,040... \pm 0,050$	2...10	$\pm 0,20... \pm 0,30$	$\pm 0,12$
80...90		$\pm 0,050$	$\pm 0,20... \pm 0,24$	$\pm 0,050... \pm 0,080$	10...15	$\pm 0,25... \pm 0,35$	$\pm 0,15$
90...100		$\pm 0,060$	$\pm 0,25... \pm 0,30$	$\pm 0,060... \pm 0,090$	15...25	$\pm 0,30... \pm 0,40$	$\pm 0,20$
100...120		$\pm 0,3$	$\pm 0,080$	$\pm 0,30... \pm 0,40$	$\pm 0,080... \pm 0,100$	25...40	$\pm 0,35... \pm 0,50$
120...140	$\pm 0,4$	$\pm 0,120$	$\pm 0,40... \pm 0,50$	$\pm 0,100... \pm 0,120$	40...50	$\pm 0,40... \pm 0,50$	$\pm 0,30$
					50...70	$\pm 0,45... \pm 0,60$	$\pm 0,35$

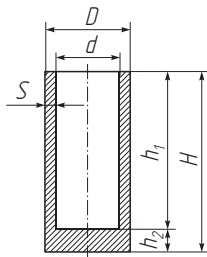


Таблица 1.41

Припуск  $\Delta H$  на обрезку изделий круглой формы, мм

Высота детали $H$ , мм	Относительная высота детали $H/D$	
	До 1	Свыше 1
10	2	3
20	3	4
50	4	5
100	5	6
150	6	7
200	7	8

Припуск на обрезку изделий прямоугольной формы устанавливается в соответствии с табл. 1.42.

Таблица 1.42

Припуск  $\Delta H$  на обрезку деталей прямоугольной формы

Высота $H$ , мм	10	20	30	40	50	70	100	125	150	200
Припуск $\Delta H$ , мм	3,0	4,0	5,0	5,5	6,0	6,6	7,0	7,5	8,0	10,0

**Размеры заготовок** для холодного прессования определяют из условия равенства объемов заготовки и изделий с учетом припуска на обрезку. После определения объема заготовки, исходя из формы готового изделия, устанавливают ее форму. Для изделий стержневого типа заготовкой, как правило, является стержень, а для полых изделий заготовкой может быть прутковый материал или пластина, вырубленная из полосы. Для некоторых форм изделий применяют прессованный профиль или поковки. Общее правило следующее: форма и размеры заготовки должны быть по возможности аналогичны форме и размерам готового изделия.

При прямом прессовании круглых трубчатых изделий без фланца (см. рис. 1.20) максимальный наружный диаметр заготовки рассчитывается исходя из максимально допустимой степени деформации в зависимости от материала по формулам:

□ для алюминия

$$D_{0\max} = \sqrt{\frac{D^2 - 0,98d^2}{0,02}}; \quad (1.10)$$

□ алюминиевых сплавов

$$D_{0\max} = \sqrt{\frac{D^2 - 0,95d^2}{0,05}}; \quad (1.11)$$

□ для меди

$$D_{0\max} = \sqrt{\frac{D^2 - 0,9d^2}{0,1}}; \quad (1.12)$$

□ для латуни

$$D_{0\max} = \sqrt{\frac{D^2 - 0,85d^2}{0,15}}. \quad (1.13)$$

Минимальный диаметр заготовки принимается равным

$$D_{0\max} = D + 5 \text{ мм}. \quad (1.14)$$

Внутренний диаметр заготовки (кольцевой формы)

$$d_0 = d + 0,05 \text{ мм}. \quad (1.15)$$



Высота кольцевой заготовки  $h$  (мм) определяется по формуле

$$h = \frac{H(D^2 - d^2)}{D_0^2 - d_0^2}. \quad (1.16)$$

В формулах (1.10)–(1.16) приняты следующие обозначения:  $D$ ,  $d$ ,  $H$  – соответственно, наружный, внутренний диаметры и высота изделия;  $D_{0\max}$ ,  $D_{0\min}$  – соответственно, предельные размеры наружного диаметра заготовки;  $d_0$  – внутренний номинальный диаметр заготовки;  $h$  – номинальная высота заготовки.

## ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ХОЛОДНОЙ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ



### 2.1. Общие сведения

---

Наиболее распространенным инструментом при холодной обработке давлением являются *штампы*, предназначенные для придания изделиям заданной конфигурации посредством пластической деформации заготовок или разделения их на части. Штампы для холодной штамповки классифицируют по следующим признакам:

- технологическому;
- конструктивному;
- универсальности применения;
- сборности и рядности.

По технологическому признаку штампы бывают:

- простого действия* — предназначены для выполнения одной или нескольких одноименных технологических операций на одной позиции и за один ход подвижной части штампа;

- последовательного действия* — предназначены для выполнения нескольких технологических операций или технологических переходов на нескольких позициях за соответствующее число ходов подвижной части штампа;

- совмещенного действия* — предназначены для выполнения разноименных технологических операций или технологических переходов на одной позиции за один ход подвижной части штампа;

- последовательно совмещенного действия (комбинированные)* — обеспечивают изготовление изделия путем сочетания последовательной и совмещенной штамповки.

На рис. 2.1 и 2.2 приведены характерные схемы комбинированных штампов.

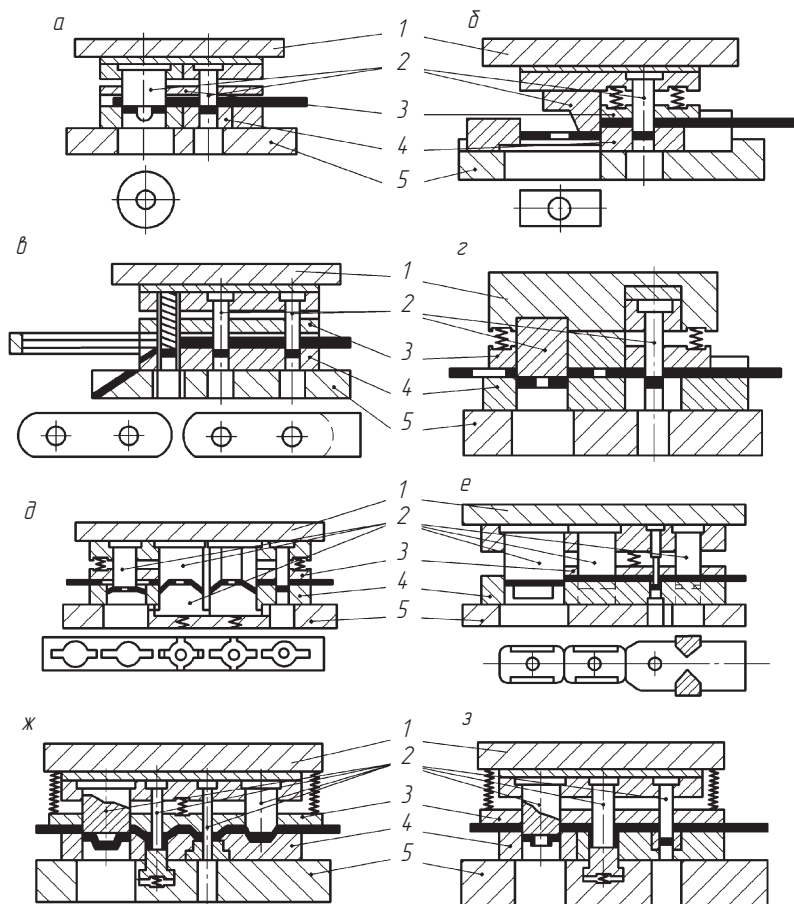


Рис. 2.1. Схемы основных типов комбинированных последовательных штампов:

*а* — для пробивки и вырубки; *б* — для пробивки и отрезки; *в* — для пробивки и разрезки (фигурной отрезки); *г* — для пробивки, чеканки и вырубки; *д* — для пробивки, подрезки, гибки и отрезки; *е* — для обрезки, пробивки, гибки и отрезки; *ж* — для вытяжки, пробивки и вырубки; *з* — для пробивки, отбортовки и вырубки; 1 — плиты верхние; 2 — пуансоны; 3 — съемники; 4 — матрицы; 5 — плиты нижние

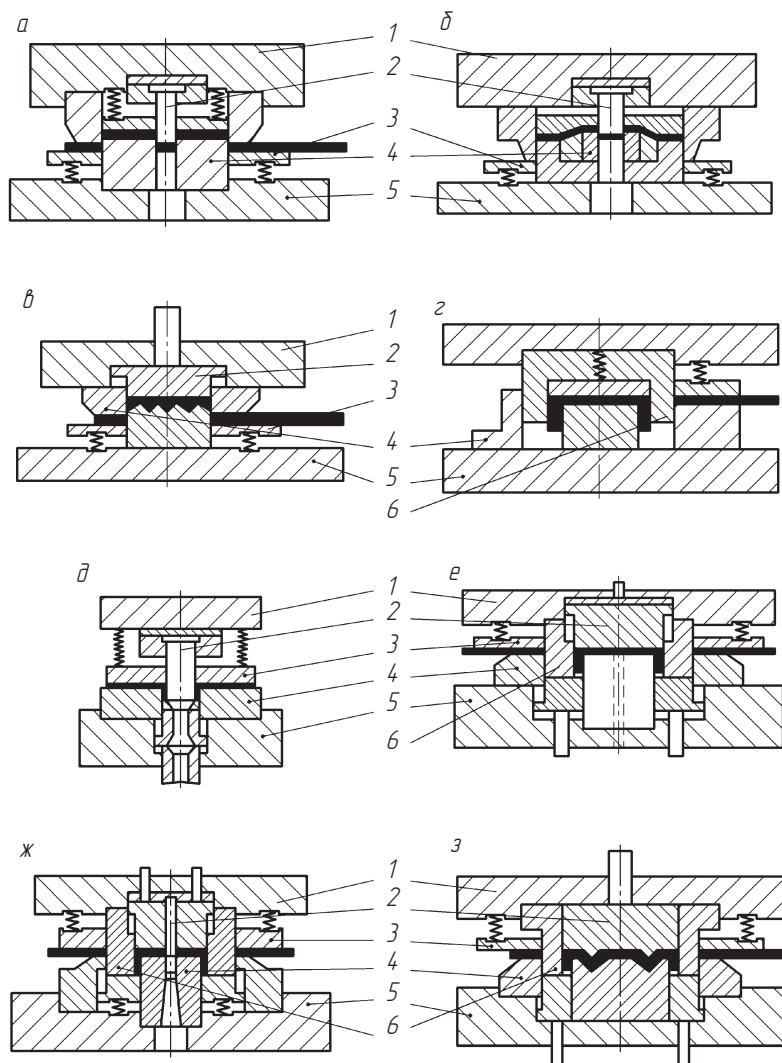


Рис. 2.2. Схемы основных типов комбинированных совмещенных штампов:

*а* — для вырубки и пробивки; *б* — для отрезки и пробивки; *в* — для вырубки и чеканки; *г* — для отрезки и гибки; *д* — для пробивки и отбортовки; *е* — для вырубки и вытяжки; *ж* — для вырубки, вытяжки и пробивки; *з* — для вырубки, вытяжки и формовки; 1 — плиты верхние; 2 — пуансоны; 3 — съемники; 4 — матрицы; 5 — плиты нижние; 6 — пуансон-матрицы

По конструктивному признаку штампы делят на две группы: штампы без направляющих; штампы с направляющими устройствами.

*Штампы без направляющих* более просты в изготовлении, но неудобны при установке на пресс, небезопасны в эксплуатации, имеют невысокую стойкость, поэтому применяются в мелкосерийном или опытном производстве.

*Штампы с направляющими* более сложны в изготовлении, но просты и надежны в эксплуатации, удобны при наладке, обладают повышенной стойкостью, применяются в серийном, крупносерийном и массовом производстве.

В зависимости от универсальности применения выделяют штампы специальные и универсальные.

*Специальные штампы* предназначены для изготовления только конкретных изделий со своим блоком и полной комплектацией, необходимой для ведения заданного процесса.

*Универсальные штампы* предназначены для изготовления различных заранее неизвестных изделий. К универсальным штампам относятся штампы переналаживаемые, переналадка которых достигается за счет перемещения деталей штампа относительно друг друга.

По сборности штампы делятся на неразборные, со сменными рабочими деталями, сборные и со сменным пакетом.

*Неразборные* штампы собираются из узлов и деталей, используемых только в данном штампе.

*Штампы со сменными рабочими деталями* — это штампы, в которых предусмотрена замена пуансона и матрицы.

*Сборные* штампы собираются из узлов и деталей, многократно используемых в различных штампах.

По рядности штампы подразделяют на штампы для однорядной и многократной штамповки.



## 2.2. Разделительные штампы

### 2.2.1. Виды разделительных штампов

*Разделительные* штампы предназначены для полного или частичного отделения одной части заготовки от другой по замкнутому или незамкнутому контуру.

Разделительные штампы **простого действия** выполняют только одну из разделительных операций. Эта группа штампов наиболее распространена в листовой штамповке для получения заготовок или готовых изделий. На рис. 2.3 представлен вырубной штамп простого действия.

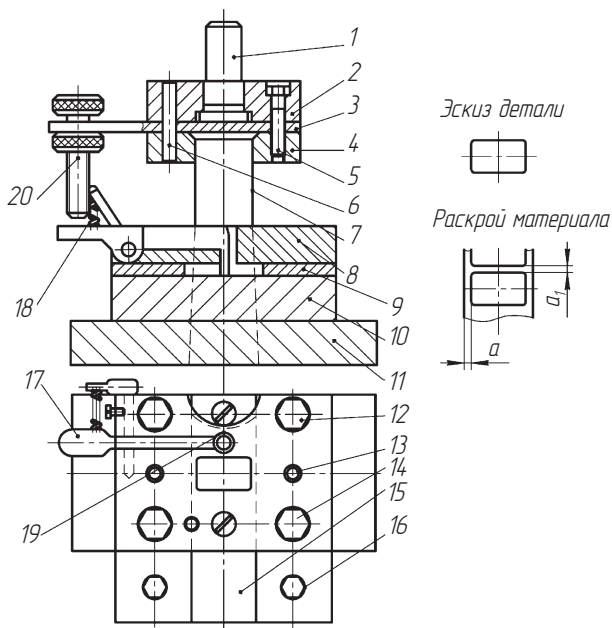


Рис. 2.3. Вырубной штамп простого действия:

1 – хвостовик; 2 – плита верхняя; 3 – прокладка; 4 – пуансонодержатель; 5, 12, 14, 16 – винты крепежные; 6, 13 – штифты; 7 – пуансон; 8 – плита направляющая; 9 – направляющая планка; 10 – матрица; 11 – плита нижняя; 15 – лоток; 17 – упор; 18 – пружина; 19 – рычаг; 20 – винт специальный

Верхняя часть штампа включает хвостовик 1, плиту 2, прокладку 3, пуансонодержатель 4. Детали 2, 3, 4 соединяются между собой винтами 5 и штифтами 6.

На нижней плите 11 винтами 12 и штифтами 13 закреплена матрица 10, направляющая плита 8, являющаяся одновременно и съемником. Между направляющей плитой и матрицей находятся две направляющие планки 9, расстояние между которыми равно ширине полосы.

Автоматический упор работает следующим образом. При опускании верхней части штампа винт 20 нажимает на левое плечо упора 17, приподнимается правое плечо и освобождает упор от ленты, одновременно происходит вырубка изделия. В этот момент пружина 18 поворачивает упор в сторону, противоположную подаче. При движении пуансона вверх и перемещении ленты упор попадает внутрь вырубленного отверстия, задняя кромка которого при подаче на величину шага упирается в упор.

Вырубные штампы *последовательного действия* предназначены для последовательной пробивки и вырубки. Такие штампы позволяют получать изделие за два и более последовательных хода ползуна прессы. Штампы последовательного действия могут быть как с направляющей плитой, так и с направляющими колонками.

Конструктивно штампы последовательного действия могут быть выполнены с ловителями, которые при перемещении полосы или ленты на шаг центрируют ее по предварительно пробитым отверстиям или с боковыми шаговыми ножами.

Штампы с ловителями оснащаются предварительными упорами, которые вводятся в действие вручную лишь перед первым ударом. Ловитель используется при толщине штампуемого материала более 0,3 мм, так как в противном случае материал будет прогибаться по краям отверстия. Не следует применять ловители при изготовлении изделия с отверстиями менее 2 мм ввиду возможной поломки ловителей. Схема штампа последовательного действия с разовыми и постоянными упорами представлена на рис. 2.4.

Штамп работает следующим образом. Перед подачей исходной полосы вручную выдвигается разовый упор 10, который используется один раз только при подаче очередной полосы. Полоса доходит до разового упора и пуансоном 9 производится пробивка отверстия. Затем разовый упор возвращается в исходное положение,

а полоса перемещается до контакта с грибовым упором 7. В процессе движения вырубного пуансона 4 вниз первоначально осуществляется центрирование полосы ловителем 8, а затем вырубка по наружному контуру.

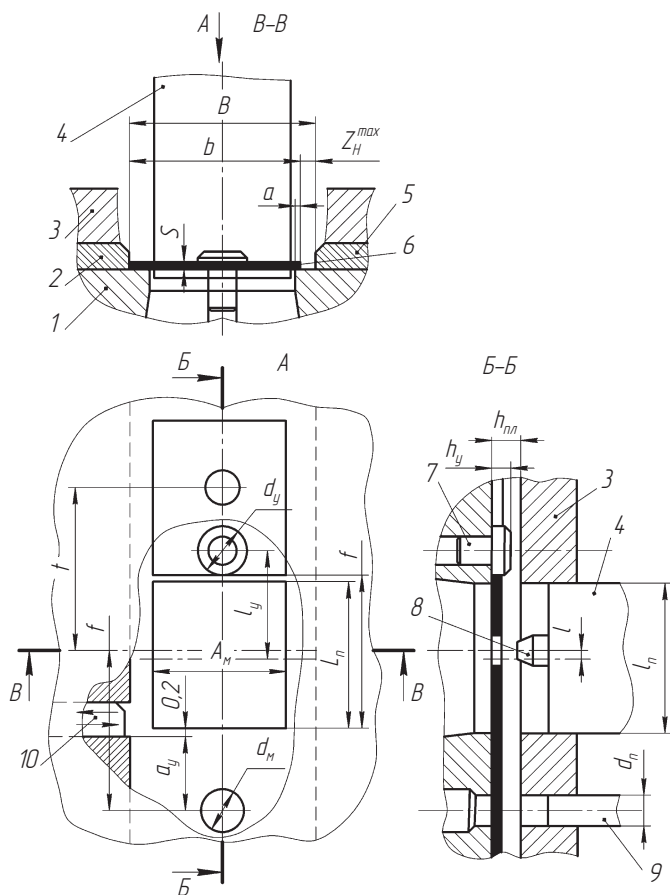


Рис. 2.4. Схема для расчета штампа последовательного действия с разовым грибовым упором и фиксатором:

1 — матрица; 2, 5 — направляющие планки; 3 — съемник; 4 — пуансон вырубной; 6 — исходная полоса; 7 — грибовый упор; 8 — фиксатор; 9 — пуансон пробивной; 10 — разовый упор



Если в штампе предусматривается свободное перемещение полосы, то ее ширину рассчитывают из условия, чтобы при наибольшем смещении полосы (ленты) в одну сторону боковая перемычка не была меньше величины  $a$  (см. рис. 2.4). При этом между направляющими 2, 5 и полосой 6 должен быть обеспечен некоторый гарантированный наименьший зазор  $Z_{\text{н}}$ , а допуск на расстояние между планками  $B$  должен составлять  $T_B$

$$B = (b + Z_{\text{н}})^{+T_B}.$$

При наиболее неблагоприятном случае наибольший зазор  $Z_{\text{н}}^{\text{max}}$  равен

$$Z_{\text{н}}^{\text{max}} = Z_{\text{н}} + T_b + T_B,$$

где  $T_b, T_B$  — соответственно, допуски на ширину полосы и расстояние между планками.

Ширина полосы для самых неблагоприятных условий штамповки должна обеспечить сохранение наименьшего значения перемычки  $a$  и рассчитывается по формуле

$$b = [A_{\text{м}} + 2(a + T_b) + Z_{\text{н}} + T_B]_{-T_b},$$

где  $A_{\text{м}}$  — размер матрицы.

Значения  $Z_{\text{н}}$  и  $T_B$  принимают по табл. 2.1.

Таблица 2.1

**Значения гарантированного наименьшего зазора  $Z_{\text{н}}$   
и допуска  $T_B$ , мм**

Ширина полосы, мм	Допуск $T_B$	Зазор $Z_{\text{н}}$ при толщине штампуемого материала, мм				
		До 1,0	Свыше 1,0 до 2,0	Свыше 2,0 до 3,0	Свыше 3,0 до 5,0	Более 5,0
До 10	0,15	0,50	0,75	1,00	1,00	1,50
Свыше 10 до 50	0,25	0,50	0,75	1,00	1,00	1,50
Свыше 50 до 80	0,30	0,75	0,80	1,00	1,20	1,50
Свыше 80 до 120	0,35	1,00	1,00	1,20	1,40	2,00
Свыше 120 до 180	0,40	1,00	1,20	1,40	1,60	2,00

Окончание табл. 2.1

Ширина полосы, мм	Допуск $T_B$	Зазор $Z_H$ при толщине штампуемого материала, мм				
		До 1,0	Свыше 1,0 до 2,0	Свыше 2,0 до 3,0	Свыше 3,0 до 5,0	Более 5,0
Свыше 180 до 250	0,46	1,20	1,40	1,50	2,00	2,50
Свыше 250 до 315	0,52	1,20	1,40	1,60	2,00	2,50

*Примечание.* Значения  $Z_H$  приведены для однорядного раскроя полосы. В случае применения раскроя с переворотом полосы приведенные значения  $Z_H$  следует увеличить на 50...70 %.

Для первого хода штампа исходная полоса подается до разового упора 10, который для этого выдвигается вручную по направлению стрелки на такое расстояние, чтобы пуансон 4 при ходе вниз не срезал его. Для того чтобы при первом ходе пуансон не отрезал кромку полосы, разовый упор 10 размещают так, чтобы его передняя грань отступала от кромки матрицы на 0,1...0,2 мм. Для этого расстояние  $a_y$  от оси отверстия в матрице до разового упора должно быть

$$a_y = \left( \frac{L_H}{2} + a_1 - l - 0,2 \right)^{+0,1},$$

где  $L_H$  — номинальный размер изделия;  $a_1$  — перемычка между изделиями;  $l$  — смещение осей пробиваемого отверстия и вырубаемого контура.

При первом ходе пуансона 9 в полосе пробивается отверстие диаметром  $d$ . Разовый упор возвращается в исходное положение, а полоса проталкивается вперед до грибовидного упора 7. Последний должен размещаться на таком расстоянии  $l_Y$  от оси отверстия матрицы, чтобы при ходе пуансона 4 фиксатор 8 вошел в пробитое в полосе отверстие  $d$  и на 0,1...0,2 мм возвратил полосу к разовому упору. В противном случае может произойти смятие перемычки или повреждение упора 7. Поэтому расстояние между осями отверстия в матрице и упором  $l_Y$  должно быть

$$l_Y = \left( \frac{L_H}{2} + \frac{L_H}{2} + a_1 - 0,2 \right)^{-0,1}.$$

Диаметр фиксатора

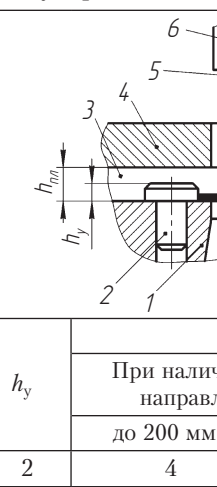
$$d_{\text{ф}} = (d_{\text{п}} - T_{\text{п}}) - T_{\text{п}}/2,$$

где  $d_{\text{п}}$  — номинальное значение пуансона для пробивки отверстия;  
 $T_{\text{п}}$  — допуск на размер пуансона.

Высоту грибового упора и толщину направляющих планок принимают по табл. 2.2.

Таблица 2.2

**Высота  $h_y$  грибового упора и толщина  $h_{\text{пл}}$  направляющих планок, мм**



Толщина материала $S$ , мм	$h_y$	$h_{\text{пл}}$ (поле допуска $h_{10}$ )		
		При наличии упора и длине направляющих планок		При наличии шаговых ножей
		до 200 мм	более 200 мм	
До 1	2	4	8	4
Свыше 1 до 2	3	8	12	4
Свыше 2 до 3	3	10	14	6
Свыше 3 до 4	4	12	16	6
Свыше 4 до 6	6	16	20	8
Свыше 6 до 8	8	20	24	—
Свыше 8 до 10	10	20	26	—
Свыше 10 до 12	10	26	30	—
Свыше 12 до 16	14	30	34	—

*Примечание:* 1 — матрица; 2 — грибовый упор; 3 — направляющая планка; 4 — съёмник; 5 — фиксатор; 6 — пуансон.

Схема вырубki-пробивки в штампе последовательного действия с шаговыми ножами представлена на рис. 2.5.

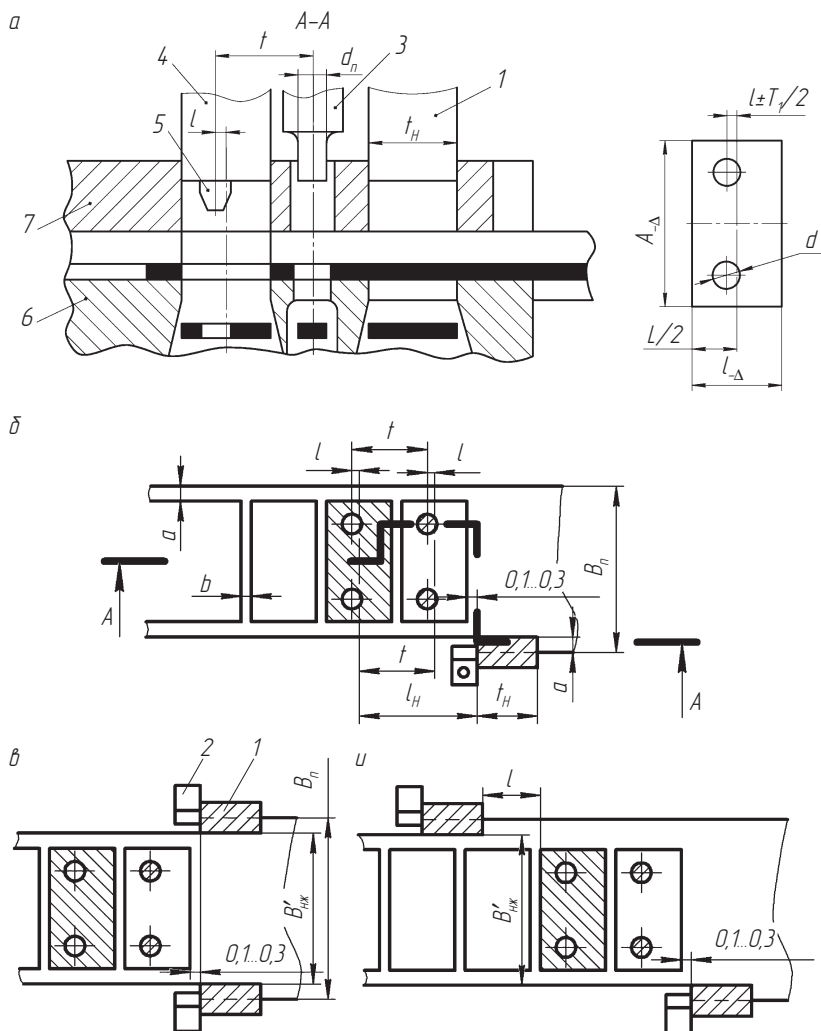


Рис. 2.5. Схемы вырубki-пробивки в штампе последовательного действия:

*a* — штамп и изделие; *б* — раскрой полосы для штампа с одним ножом; *в*, *г* — раскрой полосы в штампе с двумя ножами; 1 — шаговый нож; 2 — разовый упор; 3 — пуансон пробивной; 4 — пуансон вырубной; 5 — фиксатор; 6 — матрица; 7 — сьемник

Первоначально полоса подается до упора 2 и упирается в него своим торцом. После первого хода шаговый нож 1 вырезает в полосе прямоугольный выступ размером  $a \times t$ , а пуансон 3 пробивает в ней отверстие диаметром  $d$ . При последующих ходах одновременно осуществляется отрезка очередного выступа, пробивка отверстий диаметром  $d$  и вырубка пуансоном 4 контура изделия  $A \times L$ .

Точность шага подачи  $t$  зависит от точности расположения отверстий диаметром  $d$  относительно контура  $A \times L$ , т.е. допуска  $T_1$ :

$$t = (L + a_1) \pm \frac{T_1}{2},$$

где  $a_1$  — перемычка между изделиями в полосе.

Длина шагового ножа  $t_n$  должна быть несколько больше величины шага подачи. Это вызвано тем, что фиксаторы 5 при вхождении в отверстия  $d$  не должны вызывать перемещения полосы вперед, а значит, и повреждения фиксаторов и изделий. При входе фиксаторов в отверстия полоса должна возвращаться на 0,1...0,2 мм назад.

Длина шагового ножа

$$t_n = (L + a_1 + 0,2)_{-T_1/4}. \quad (2.1)$$

При отсутствии фиксаторов длина ножа определяется по формуле

$$t_n = (L + a_1 + T_1/4)_{-T_1/4}. \quad (2.2)$$

Вырубные штампы **совмещенного действия** (рис. 2.6) предназначены для одновременной вырубки изделия по наружному контуру и пробивки по внутреннему. Такие штампы обеспечивают повышенную точность расположения (концентричность) наружного и внутреннего контуров, которая зависит только от точности штампа. При этом исключаются погрешности в результате перемещения полосы.

Штамп предназначен для изготовления изделий типа шайбы. На верхней плите штампа установлены и закреплены штифтами 24 и винтами 3, 12 узел выталкивания, включающий стержень 1, траверса 4, толкатель 5, выталкиватель 6, также пуансонодержатель 10, матрицедержатель 11, матрица 13 и пуансон 23.

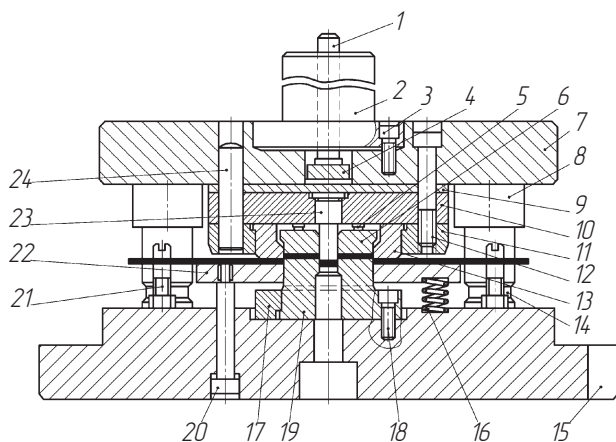


Рис. 2.6. Типовая конструкция штампа совмещенного действия:

1 – стержень выталкивателя; 2 – хвостовик; 3, 12, 18 – винты; 4 – траверса; 5 – толкатель; 6 – выталкиватель; 7 – плита верхняя; 8 – колонка; 9 – прокладка; 10 – пуансонодержатель; 11 – матрицедержатель; 13 – матрица; 14 – колонка; 15 – плита нижняя; 16 – пружина; 17 – пуансонодержатель; 19 – пуансон-матрица; 20 – винт специальный; 21 – упор; 22 – съемник; 23 – пуансон пробивной; 24 – штифт

На нижней плите 15 установлены и закреплены с помощью винтов 18, 20 пуансон-матрица 19, пуансонодержатель 17, съемник 22, пружины 16, упоры 21.

Штамп работает следующим образом. Полоса укладывается на съемник 22 до упора 21. При движении ползуна пресса вниз полоса зажимается между подпружиненным съемником 22 и матрицей 13, а затем по мере дальнейшего движения ползуна пресса съемник 22 смещается, и происходит отделение изделия от полосы между пуансоном-матрицей 19 и матрицей 13. Одновременно происходит пробивка отверстия между пуансон-матрицей 19 и пуансоном 23. При обратном ходе ползуна пресса съемник 22 снимает полосу с пуансон-матрицы 19, а изделие удаляется из отверстия матрицы 13 выталкивателем 6.

### 2.2.2. Узлы разделительных штампов

В процессе перемещения полосы между направляющими планками штампа она может перекашиваться (поворачиваться) на вели-

чину зазора. Поворот полосы в штампах последовательного действия неизбежно приведет к искажению формы изделий. Наружный контур изделий будет смещен относительно внутреннего. Во избежание перекоса полосы оператор должен постоянно прижимать ее к одной из направляющих планок. Усталость (человеческий фактор) приводит к тому, что оператор ограничивается только перемещением полосы. В результате качество изделий снижается. С целью получения изделий стабильного качества в штампах предусматриваются **прижимные устройства**. На рис. 2.7 представлена схема колодочного прижима, в табл. 2.3 и 2.4 — его размеры.

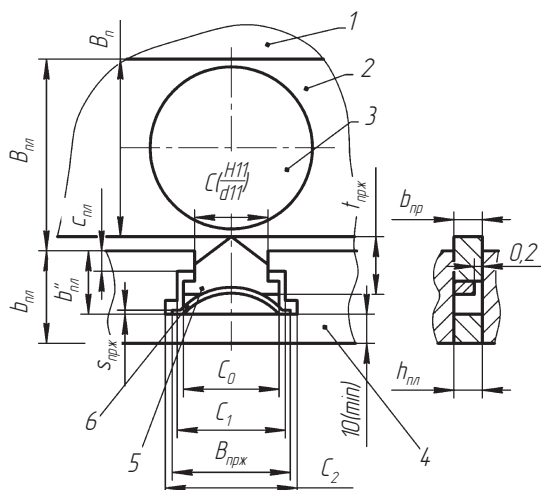


Рис. 2.7. Схема колодочного прижима:

1 — базовая направляющая планки; 2 — исходная полоса; 3 — вырубаемый контур; 4 — направляющая планка; 5 — прижим; 6 — пружина

Таблица 2.3

Размеры колодочного прижима (рис. 2.7), мм

Типоразмер	$C$	$C_0$	$C_1$	$C_2$	$B_{\text{прж}}$	$B_{\text{пл}}$ , не менее	$c_{\text{пл}}$	$b_{\text{пл}}$	$t_{\text{прж}}$	$S_{\text{прж}}$
1	20	25	28	40	32	25,5	6	15,5	14	0,5
2	25	30	34	45	36	30,5	8	20,5	16	1,0

Примечание. Материал прижима — сталь 45; твердость 41,5...46,5 HRC.

Таблица 2.4

Толщина колодочного прижима и направляющей планки (рис. 2.7), мм

$b_{пр}$ (с11)	$h_{пл}$ (h10)	$b_{пр}$ (с11)	$h_{пл}$ (h10)
4 <sup>-0,070</sup> <sub>-0,145</sub>	8 <sub>-0,048</sub>	12 <sup>-0,095</sup> <sub>-0,205</sub>	12 <sub>-0,070</sub>
6 <sup>-0,070</sup> <sub>-0,145</sub>	6 <sub>-0,048</sub>	16 <sup>-0,095</sup> <sub>-0,205</sub>	16 <sub>-0,070</sub>
8 <sup>-0,080</sup> <sub>-0,170</sub>	8 <sub>-0,058</sub>	20 <sup>-0,110</sup> <sub>-0,240</sub>	20 <sub>-0,084</sub>
10 <sup>-0,080</sup> <sub>-0,170</sub>	10 <sub>-0,058</sub>		

Если применяется пружинный боковой прижим, то в планке выполняется паз, форма и размеры которого показаны на рис. 2.8. Высоту прижимного устройства  $C'_{прж}$  в зависимости от  $h_{пл}$  принимают равной 4 ( $d_{11}$ ) или 6 ( $d_{11}$ ) мм; расстояние  $C_{прж}$  при толщине  $S_{прж} = 0,5$  мм — 2,7 мм, при  $S_{прж} = 1$  мм —  $C_{прж} = 3,2$ .

Применение боковых прижимов приводит к повышенному трению полосы о поверхности прижимающих элементов и базовой направляющей планки. Известно, что трение качения меньше трения скольжения. Использование в качестве прижимающего элемента шарнирного ролика (рис. 2.9, а) позволяет отказаться от базовой направляющей планки и максимально уменьшить трение при передвижении полосы.

При применении центрирующих роликов (рис. 2.9, б) перед вводом очередной полосы оператор сводит сжимающие губки 7

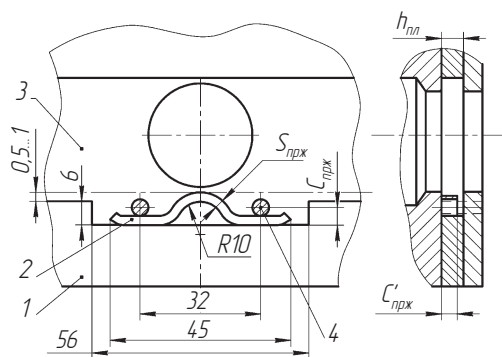


Рис. 2.8. Схема пружинного бокового прижима:

1 — направляющая планка; 2 — пружинный прижим; 3 — исходная полоса; 4 — штифт



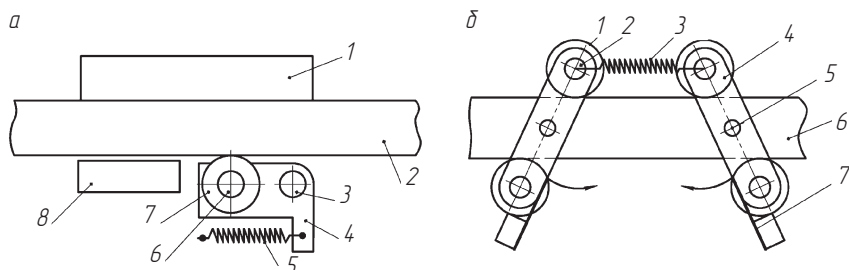


Рис. 2.9. Схемы устройства бокового прижима:

*a* – с шарнирными роликами (1 – базовая направляющая планка; 2 – полоса; 3 – ось шарнира; 4 – шарнир; 5 – пружина растяжения; 6 – ось ролика; 7 – ролик прижимной; 8 – планка направляющая); *б* – с центрирующими роликами (1 – ролики центрирующие; 2 – оси роликов; 3 – пружина растяжения; 4 – серьга поворотная; 5 – ось серьги; 6 – полоса; 7 – губки сжимающие)

навстречу друг другу. При этом серьги 4 поворачиваются относительно неподвижных осей 5. Захват центрирующих роликов 1 увеличивается, и полоса свободно подается. После губки отпускаются, пружина 3 стягивает ролики 1, которые независимо от ширины полосы центрируют ее относительно осей 5.

**Упоры разового действия** используются один раз для каждой полосы при ее вводе в штамп. Размещаются упоры в направляющей планке (рис. 2.10); размеры упоров приведены в табл. 2.5, 2.6.

Таблица 2.5

**Установочные размеры разовых упоров с пружиной возврата**  
(рис. 2.10, *a*), мм

$h_{пл}$ ( $h_{10}$ )	$h_y$	$h_y \left( \frac{H_{11}}{d_{11}} \right)$	$B_y \left( \frac{H_{11}}{d_{11}} \right)$	$c_y$	$c'_y$	$L_y$	$L'_y$	$L''_y$	$c''_y$	$D_{прж}$
4	3,8	2	8	4	16	25...40	6	10	5	6
6	5,8	3	8	4	18	25...45	6	10	5	6
4	3,8	2	10	4	18	30...50	6	10	6	7
6	5,8	3	10	4	20	30...50	8	10	6	7
8	7,8	4	10	5	22	35...56	8	12	6	7
8	7,8	4	12	5	25	40...60	10	12	8	9
10	9,8	5	12	5	28	40...71	10	12	8	9
12	11,8	6	12	5	28	45...71	10	12	8	9
16	15,8	8	16	5	32	50...85	12	14	8	9

Окончание табл. 2.5

$h_{пл} (h_{10})$	Пружина					
	$D_{прж}$	$d_{прж}$	$t_{прж}$	$H_{прж}$	$P_{прж}^{max}, H_{пр}$	$h_{прж}$
4	5	0,5	1,96	14,5	8	8,19
6	5	0,5	1,96	14,5	8	8,19
4	6	0,6	2,30	14,7	11,2	8,16
6	6	0,6	2,30	14,7	11,2	8,16
8	6	0,6	2,30	14,7	11,2	8,16
8	8	0,8	3,08	22,8	20,0	12,74
10	8	0,8	3,08	22,8	20,0	12,74
12	8	0,8	3,08	22,8	20,0	12,74
16	8	0,8	3,08	22,8	20,0	12,74

*Примечание.* Для пружин:  $D_{прж}$  – наружный диаметр;  $d_{прж}$  – диаметр проволоки;  $t_{прж}$  – шаг навивки пружины;  $H_{прж}$  – высота в свободном состоянии;  $P_{прж}^{max}$  – наибольшее рабочее усилие;  $h_{прж}$  – сжатие, при котором возникает усилие  $P_{прж}^{max}$ .

Таблица 2.6

**Установочные размеры разовых упоров с ручным возвратом  
(рис. 2.10, б), мм**

$h_{пл} (h_{10})$	$h_y$	$h_y \left( \frac{H_{11}}{d_{11}} \right)$	$B_y \left( \frac{H_{11}}{d_{11}} \right)$	$c_y'''$	$L_y$	$L'_y$	$b'_y$	$d_{ш} \left( \frac{H_7}{d_6} \right)$
4	3,8	2	8	5	40...75	4	3,4	3
6	5,8	3	8	6	45...80	5	3,4	3
6	5,8	3	10	6	45...80	6	4,5	4
8	7,8	4	10	6	45...80	6	4,5	4
10	9,8	5	12	8	50...85	8	4,5	4
12	11,8	6	12	8	60...100	8	4,5	4
16	15,8	8	16	10	71...100	10	4,5	4

**Упоры постоянного действия** предназначены для фиксации шаговых перемещений полосы. По конструкции их делят на неподвижные (цилиндрические, грибовые, крючкообразные и др) и подвижные (утопающие). *Цилиндрические* упоры применяются в вырубных штампах при штамповке толстолистного материала

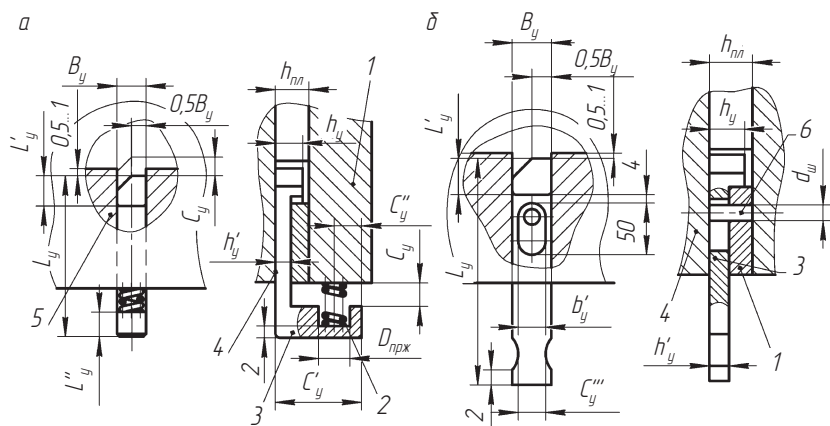


Рис. 2.10. Схемы разовых упоров с пружинным (а) и ручным (б) возвратом; 1 — съемник; 2 — пружина; 3 — разовый упор; 4 — матрица; 5 — направляющая планка; 6 — штифт

диаметром отверстий 8...16 мм. *Грибковые* упоры применяются в вырубных и последовательных штампах при штамповке изделий из полосы или ленты шириной свыше 20 мм при ручной подаче материала. Диаметр головки — 6...40 мм. *Крючкообразные* упоры применяются в вырубных штампах при ручной подаче для установки сравнительно крупных заготовок по наружному контуру.

*Утопающие* упоры за счет перемещения по высоте фиксирующих подвижных элементов обеспечивают ускоренное движение полосы и способствуют повышению производительности процессов штамповки. Применяются в вырубных совмещенных штампах, у которых матрица расположена в верхней части, а пуансон — в нижней части штампа.

Конструкции и размеры неподвижных упоров приведены в табл. 2.7–2.10.

Конструкции подвижных (утопающих) упоров приведены на рис. 2.11, 2.12, размеры — в табл. 2.11, 2.12.

Таблица 2.7

## Основные размеры цилиндрических упоров, мм

Эскиз	$d_y (h12)$	$d_{o,y} \left( \frac{H_7}{n_6} \right)$	$H_y/h_y$
	6,3	4,0	14/6; 16/6
	8,0	6,3	18/8; 20/10; 25/14
	10	8,0	20/8; 22/10; 28/16; 32/20
	12	10	22/8; 25/10; 32/16; 36/20; 40/25
	16	12	28/10; 36/16; 40/20; 45/25; 50/32
	20	16	56/32

Примечания. 1. При  $d_y < 10$  мм:  $c = 0,6$  мм; при  $d_y > 10$  мм:  $c = 1$  мм.  
2. Материал – сталь 45; 41,5...46,5 HRC.

Таблица 2.8

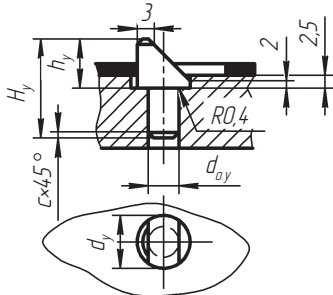
## Основные размеры грибовых упоров, мм

Эскиз	$d_y (h11)$	$d_{o,y} \left( \frac{H_7}{n_6} \right)$	$H_y/h_y$
	4	3,2	8/2
	6	3,2	8/2; 10/3
	8	4,0	10/2; 12/3
	10	4,0	12/3
	12	6,3	16/4
	16	6,3	16/4
	16	8,0	22/6
	20	8,0	20/4; 22/6; 25/8; 25/10
	25	10	25/6; 25/8; 28/10; 30/12
	32	10	25/6; 25/8; 28/10; 30/12
	40	12	28/6; 28/8; 32/10; 32/12
	40	16	36/8; 36/10; 40/12; 40/14

Примечания. 1. При  $d_y \leq 32$  мм  $c = 0,6$  мм; при  $d_y > 40$  мм  $c = 1$  мм.  
2. Материал – сталь 45; 41,5...46,5 HRC.

Таблица 2.9

## Основные размеры упоров со скосом, мм



$d_y$ (H11)	$d_{0,y} \left( \frac{H_7}{n_6} \right)$	$H_y$	$h_y$	$d_y$ (H11)	$d_{0,y} \left( \frac{H_7}{n_6} \right)$	$H_y$	$h_y$
12; 14	8	22	8	20; 25; 28	12	28	10
16; 18	10	25	8	32;36	16	36	10

- Примечания. 1. При  $d_y = 12...18$  мм  $c = 0,6$  мм; при  $d_y = 20...36$  мм  $c = 1$  мм.  
2. Материал — сталь 45; 41,5...46,5 HRC.

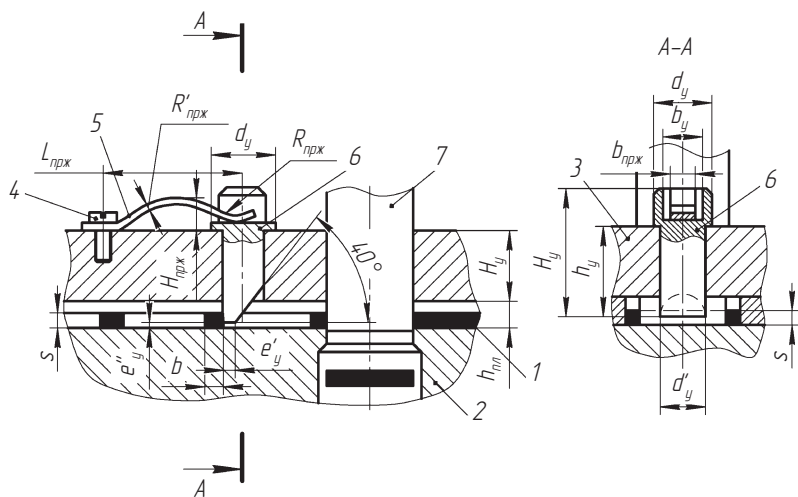
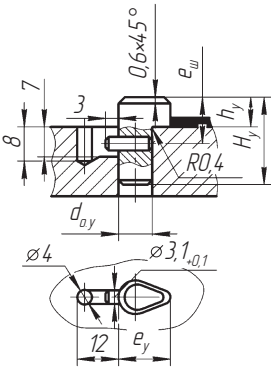


Рис. 2.12. Схема конструкции утопающего упора со скосом:  
1 — полоса; 2 — матрица; 3 — съемник; 4 — винт; 5 — пластинчатая пружина;  
6 — упор; 7 — пуансон

Таблица 2.10

## Основные размеры Г-образных упоров, мм



$e_y$ ( $h_{11}$ )	$d_{о,y} \left( \frac{H_7}{n_6} \right)$	$e_{ш}$	$H_y$	$h_y$	
6	6,3	4,0	12	2,0	
8		5,0		3,0	
10	8,0	6,0	18	4,0	
12			20		5,0
16			6,0		4,0
20			7,5		5,0
25	12,0	7,5	25	6,0	
		12,5	30		
		13,5	30		

- Примечания: 1. При  $e_y = 6...20$  мм  $c = 0,6$  мм; при  $e_y = 25$  мм  $c = 1$  мм.  
 2. Материал – сталь 45; 41,5...46,5 HRC.

Таблица 2.11

## Основные размеры ступенчатого упора (рис. 2.11), мм

$H_{\text{пруж}}$		Пружина						$H_3$	$H_y/h_y$	$D_{\text{пруж}}$	$D_y$	$d_{0,y}$	$d_y \left( \frac{H_3}{n_6} \right)$	$H_c$
		$R_{\text{пруж}}^{\text{max}}$	$N_{\text{пруж}}$	$t_{\text{пруж}}$	$d_{\text{пруж}}$	$D'_{\text{пруж}}$	$c$							
15,21	8,0	26,3	1,96	0,5	5		11	14/8; 16/10	6	4,0	2,5	2,0	4...8	
17,68	11,2	30,8	2,30	0,6	6		13	16/10; 18/12; 14/8	7	5,0	3,2	3,2	4...10	
17,68	11,2	30,8	2,30	0,6	6		13	14/8; 16/10; 18/12; 20/14	7	6,3	3,2	4,0	4...12	
23,66	20,0	41,2	3,08	0,8	8		18	20/10; 22/12; 24/14; 28/18	9	8,0	5,0	6,3	6...16	
26,28	30,0	46,3	3,73	1,0	10		20	25/12; 28/14; 30/16; 32/18; 34/20; 36/22	5	10	7,1	8,0	8...20	
26,28	30,0	46,3	3,73	1,0	10		20	30/14; 32/16; 34/18; 36/20; 38/22; 40/25; 44/28; 45/30	5	11	7,1	10	10...26	
27,02	42,5	52,3	3,61	1,2	11		25	36/18; 38/20; 40/22; 42/25; 46/28; 48/30; 50/32; 56/36	6	13	14	12	14...32	
37,23	100	79,9	4,54	1,8	15		40	48/25; 50/28; 53/30; 56/32; 60/36; 63/40	8	17	20	16	22...36	
37,23	100	79,9	4,54	1,8	15		40	53/30; 56/32; 60/36; 63/40; 71/45	8	17	25	20	26...40	

*Примечания.* 1. Принятые обозначения для пружины:  $D_{\text{пруж}}$  — наружный диаметр;  $d_{\text{пруж}}$  — диаметр проволоки;  $t_{\text{пруж}}$  — шаг;  $N_{\text{пруж}}$  — высота в свободном состоянии;  $R_{\text{пруж}}^{\text{max}}$  — наибольшее рабочее усилие;  $h_{\text{пруж}}$  — наибольшее сжатие, при котором возникает  $R_{\text{пруж}}^{\text{max}}$ . 2. Пружины приняты по ГОСТ 18793–80. Для каждого номера пружины размер с учетом новлен с учетом значения  $R_{\text{пруж}}^{\text{max}}$ . Исходя из конкретных значений,  $N_{\text{пруж}}$  и  $H_3$  могут быть известны с учетом достижения усилия, меньшего  $R_{\text{пруж}}^{\text{max}}$ . 3. Размер  $\Delta_0$  следует принимать равным  $S + (1...3)$  мм. 4. Высоту буфера в сжатом состоянии следует вычислять из зависимости  $H_{\text{бф}} = H_3 - c + h'_y + \Delta_0$ . 5. Материал упора — сталь  $d_y > 5$  мм) и 40X (для  $d_y \leq 5$  мм); 41,5...46,5 HRC.





Таблица 2.12

## Основные размеры утопающих упоров со скосом (рис. 2.12), мм

$H_c$	$d_y$	$d'_y \left( \frac{H_8}{n_9} \right)$	$e_y$	$H_y/h_y$	$L_{\text{прж}}$	$R_{\text{прж}}$	$R'_{\text{прж}}$	$H_{\text{прж}}$	$b_{\text{прж}}$
Свыше 10 до 13	10	6,3	1,6	20/14; 22/16	36	6	20	5	5
Свыше 13 до 15	12	8,0	1,6	22/16; 24/18; 26/20	42	10	25	5	5
Свыше 15 до 18	14	10	2,0	26/20; 28/22; 30/24	42	10	25	5	8
Свыше 18 до 24	16	12	2,0	32/26; 34/28; 40/32	56	10	30	8	10

*Примечания.* 1. При  $2 < S \leq 12$  мм:  $e''_y = 5$  мм; при  $S > 12$  мм  $e''_y = 7$  мм. 2. Высота  $H_{\text{прж}}$  указана в свободном состоянии. 3. При  $d'_y = 8$  мм  $b_y = 5,3$  мм; при  $d'_y = 10$  мм  $b_y = 8,5$  мм; при  $d'_y = 12$  мм:  $b_y = 10,5$  мм. 4. Материал упора — сталь 45; 41,5...46,5 HRC.

В последовательных штампах для точной фиксации полосы недостаточно только одного упора, так как упоры не обеспечивают точности и соосности пробитого отверстия и наружного контура. Для получения точных изделий обязательно необходимо применять **фиксаторы**, устраняющие погрешности подачи полосы. Фиксаторов полоса позиционируется по предварительно пробитым отверстиям. На рис. 2.13 представлены типовые конструкции фиксаторов, в табл. 2.13–2.15 их размеры.

Таблица 2.13

## Основные размеры стержневых фиксаторов (рис. 2.13, а), мм

$d_{\text{ф}}$	$d''_{\text{ф}}$	$d'_{\text{ф}}$	$h_{\text{ф}}$	$H_{\text{ф}}$	$h'_{\text{ф}}$	$d_{\text{ин}}$
Свыше 1,0 до 1,5	3,2	5,0	3	16	12	6
Свыше 1,5 до 2,0				18	13	
Свыше 2,0 до 2,8				20	14	
Свыше 2,8 до 3,8	4,0	6,0	4	25	18	8
Свыше 3,8 до 4,8	5,0	7,1	6	28		
Свыше 4,8 до 6,0	6,3	8,0				

Окончание табл. 2.13

$d_{\Phi}$	$d''_{\Phi}$	$d'_{\Phi}$	$h_{\Phi}$	$H_{\Phi}$	$h'_{\Phi}$	$d_{in}$
Свыше 6,0 до 7,8	8,0	10,0	8	32	20	12
Свыше 7,8 до 9,8	10,0	12,0		40	26	14
Свыше 9,8 до 11,8	12,0	14,0				16

Примечание. Материал фиксатора — сталь У8А; 51,5...55,2 НРС.

Таблица 2.14

**Основные размеры стержневых удлиненных фиксаторов  
(рис. 2.13, б), мм**

$d_{\Phi}$	$h_{\Phi}$	$H_{\Phi}/h'_{\Phi}$
Свыше 1,5 до 2,3	6	35/33,5; 39/37,5; 43/41,5; 48/46,5; 53/51,5; 59/57,5; 66/64,5
Свыше 2,3 до 3,0	6	59/57,5; 40/37,5; 44/41,5; 49/46,5; 54/51,5; 60/57,5; 67/64,5
Свыше 3,0 до 3,8	6	37/34,5; 41/38,5; 45/42,5; 50/47,5; 55/52,5; 61/58,5; 68/65,5
Свыше 3,8 до 4,8	8	38/34,5; 42/38,5; 46/42,5; 51/47,5; 56/52,5; 62/58,5; 69/65,5; 73/69,5
Свыше 4,8 до 6,0	8	38/34,5; 42/38,5; 46/42,5; 51/47,5; 56/52,5; 62/58,5; 69/65,5; 73/69,5; 77/73,5
Свыше 6,0 до 9,8	10	40/34,5; 44/38,5; 48/42,5; 53/47,5; 58/52,5; 54/58,5; 71/65,5; 75/69,5; 79/73,5; 83/77,5; 88/82,5

Примечание. Материал — сталь У8А; 51,5...55,2 НРС.

Конструкция выталкивателя ударного действия включает (рис. 2.14): толкающий стержень 1, траверсу 2, толкатели 3 и выталкиватель 4. В процессе обратного хода ползуна прессы толкающий стержень 1 упирается в неподвижное коромысло (планку) прессы и останавливается. При этом конструктивно связанные со стержнем 1 останавливаются траверса 2, толкатели 3 и выталкиватель 4. Остановка сопровождается ударом. Остальные детали верхней части штампа, включая и вырубленные изделия, продолжают движение вверх. Движущиеся изделия упираются в неподвижный выталкиватель 4 и останавливаются, а матрица 6 продолжает движение вверх относительно неподвижного изделия, которое удаляется из рабочей зоны матрицы.

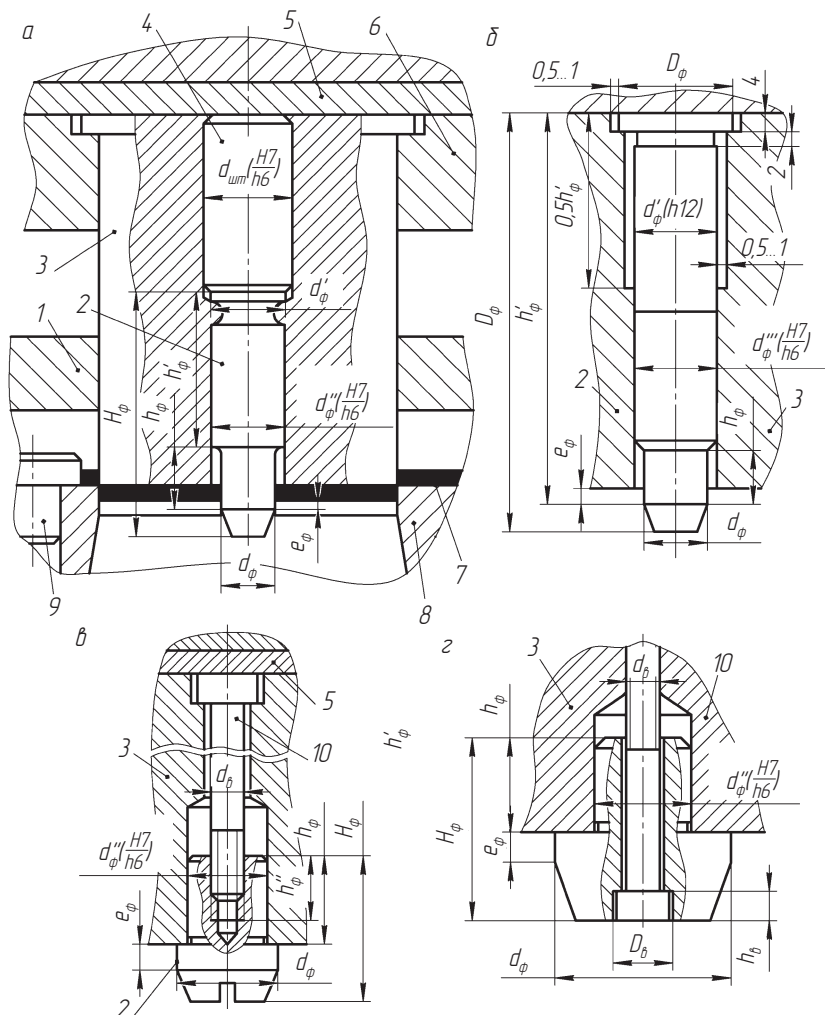


Рис. 2.13. Схемы конструкций фиксаторов:

а – стержневые для отверстий диаметром 1,0...12 мм; б – стержневые удлиненные для отверстий диаметром 1,5...10 мм; в – с резьбовым отверстием для отверстий диаметром 10...18 мм; г – со ступенчатым отверстием для отверстий диаметром 18...50 мм; 1 – съемник; 2 – фиксатор; 3 – пуансон; 4 – штифт; 5 – плита подкладная; 6 – пуансонодержатель; 7 – полоса; 8 – матрица; 9 – грибовый упор; 10 – винт



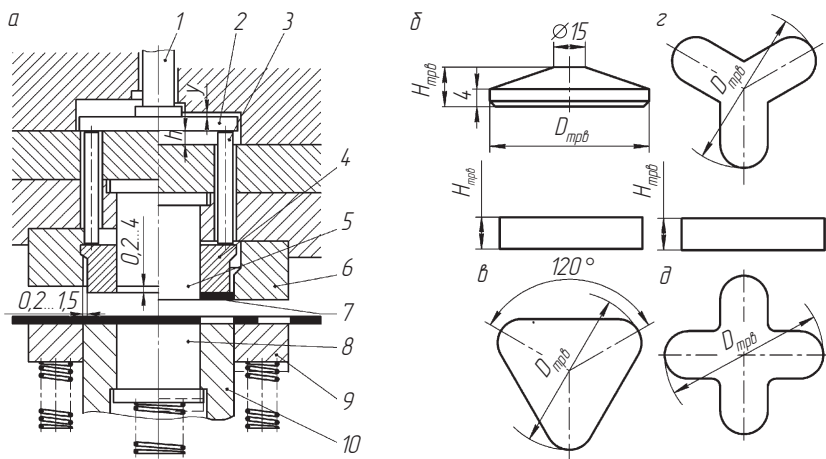


Рис. 2.14. Схема конструкции и формы траверс выталкивающих устройств:

*a* — схема штампа с выталкивателями ударного и плавного действия; *б* — круглая траверса в форме усеченного конуса; *в, з, д* — трех- и четырехпорные траверсы; 1 — стержень толкающий; 2 — траверса; 3 — толкатель; 4 — выталкиватель верхний; 5 — пуансон пробивной; 6 — матрица; 7 — изделие; 8 — выталкиватель нижний; 9 — съемник; 10 — пуансон-матрица

Выталкиватель плавного действия 8 установлен в отверстии пуансон-матрицы 10 и поджимается пружинами или специальными буферными устройствами. В процессе рабочего хода выталкиватель под действием пуансона 5 утопает и при обратном ходе удаляет из отверстия пуансон-матрицы 10 отход изделия. Для удаления отхода из отверстия пуансон-матрицы необходимо предварительное сжатие пружины, превышающее усилие выталкивания.

Диаметр стержня 1 принимается 4...58 мм, длина — 300...800 мм. В качестве толкателя 3 применяют специальные гладкие стержни или штифты. Размеры траверс приведены в табл. 2.16.

Таблица 2.16

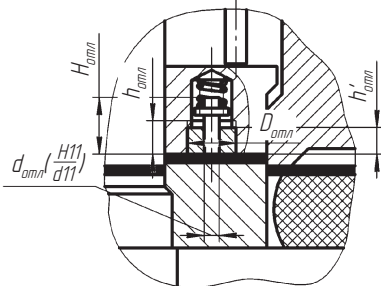
Основные размеры траверс, мм

Диаметр	20; 20	25; 28	32; 36	40; 45	50; 56	63; 71
Высота	5,0	6,3	8,0	10,0	12,0	14,0

**Отлипатели** предусмотрены для отделения вырубленных изделий из тонколистового материала от плоской поверхности торца пуансона. В большинстве случаев прилипание происходит в результате действия адгезионных сил смазочного материала, наносимого на поверхность полосы в процессе ее протирания ветошью. Применяются отлипатели в вырубных и совмещенных штампах. При автоматической работе применение отлипателей обязательно, выполняют их с прижимами. Основные размеры отлипателей приведены в табл. 2.17.

Таблица 2.17

Основные размеры отлипателей, мм



$d_{отл}$	$D_{отл}$	$H_{отл}$	$h_{отл}$	$h'_{отл}$
2	M6 × 0,75	16	9,5	8
4	M8 × 1,0	18	11,5	10

### 2.2.3. Формообразующие детали разделительных штампов

**Матрицы.** Габаритные размеры матрицы определяются размерами рабочей зоны. В табл. 2.18 приведены минимальные габаритные размеры прямоугольных матриц в зависимости от размеров рабочей зоны.

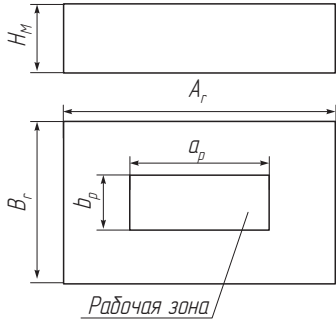
Толщина матрицы  $H_M$  определяется по эмпирической зависимости

$$H_M = S + K_M \sqrt{a_p + b_p} + 7,$$

где  $S$  — толщина штампуемого материала;  $a_p, b_p$  — размеры рабочей зоны, мм;  $K_M$  — коэффициент, определяется по табл. 2.19.

Таблица 2.18

## Минимальные габаритные размеры матриц и рабочей зоны, мм



$a_p \times b_p$ , не более	$A_r \times B_r$ , не менее	$a_p \times b_p$ , не более	$A_r \times B_r$ , не менее	$a_p \times b_p$ , не более	$A_r \times B_r$ , не менее
30 × 20	63 × 50	110 × 80	180 × 140	180 × 130	250 × 220
40 × 20	80 × 50	130 × 80	200 × 140	200 × 130	280 × 220
50 × 20	100 × 50	150 × 60	220 × 140	220 × 130	320 × 220
40 × 30	80 × 63	180 × 60	250 × 140	250 × 130	360 × 220
50 × 30	100 × 63	200 × 60	280 × 140	280 × 130	400 × 220
70 × 30	125 × 63	100 × 100	160 × 160	320 × 130	450 × 220
40 × 40	80 × 80	110 × 100	180 × 160	180 × 180	250 × 250
50 × 40	100 × 80	130 × 100	200 × 160	200 × 180	280 × 250
70 × 40	125 × 80	180 × 100	250 × 160	220 × 180	320 × 250
80 × 40	140 × 80	200 × 100	280 × 160	250 × 180	360 × 250
100 × 40	160 × 80	220 × 100	320 × 160	280 × 180	400 × 250
50 × 50	100 × 100	110 × 110	180 × 180	320 × 180	450 × 250
70 × 50	125 × 100	130 × 110	200 × 180	360 × 180	500 × 250
80 × 50	140 × 100	150 × 110	220 × 180	200 × 200	280 × 280
100 × 50	160 × 100	180 × 110	250 × 180	220 × 200	320 × 280
110 × 50	180 × 100	200 × 110	280 × 180	250 × 200	360 × 280
130 × 50	200 × 100	220 × 110	320 × 180	280 × 200	400 × 280
70 × 60	125 × 125	250 × 110	360 × 180	320 × 200	450 × 280
80 × 60	140 × 125	130 × 130	200 × 200	360 × 200	500 × 280
100 × 60	160 × 125	150 × 130	220 × 200	410 × 200	560 × 280
110 × 60	180 × 125	180 × 130	250 × 200	220 × 220	320 × 320
130 × 60	200 × 125	200 × 130	280 × 200	250 × 280	360 × 320

Окончание табл. 2.18

$a_p \times b_p$ , не более	$A_r \times B_r$ , не менее	$a_p \times b_p$ , не более	$A_r \times B_r$ , не менее	$a_p \times b_p$ , не более	$A_r \times B_r$ , не менее
150 × 60	220 × 125	220 × 130	320 × 200	280 × 220	400 × 220
180 × 60	250 × 125	250 × 130	360 × 200	320 × 220	450 × 320
80 × 80	140 × 140	280 × 130	400 × 200	360 × 220	500 × 320
100 × 80	160 × 140	130 × 130	220 × 220	410 × 220	560 × 320
450 × 220	630 × 320	360 × 250	500 × 360	320 × 280	450 × 400
250 × 250	360 × 360	410 × 250	560 × 360	360 × 280	500 × 400
280 × 250	400 × 360	450 × 250	630 × 360	410 × 280	560 × 400
320 × 250	450 × 360	280 × 280	400 × 400	450 × 280	630 × 400

Таблица 2.19

Значение коэффициента  $K_M$ 

Прочность материала матрицы $\sigma_B$ , МПа	Значение $K_M$	Прочность материала матрицы $\sigma_B$ , МПа	Значение $K_M$
До 200	0,5	500...1000	1,3
200...300	0,8	Более 1000	1,5...2,0
300...500	1,0		

Значения  $H_M$  необходимо округлить до ближайшего большего числа из следующего ряда чисел: 8, 10, 12, 16, 20, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 71, 80.

Диаметры винтов и штифтов выбираются в соответствии с табл. 2.20. Число винтов определяется из условия, что расстояние между двумя ближайшими винтами не должно превышать 90 мм.

Таблица 2.20

## Диаметры штифтов и винтов для крепления матриц, мм

Наибольший габаритный размер (наружный диаметр) матрицы, мм	Технологическое усилие, воспринимаемое матрицей, кН					
	До 500		500...1000		Более 1000	
	Винт	Штифт	Винт	Штифт	Винт	Штифт
До 100	M6	6	M8	6	—	—
Свыше 100 до 125	M8	8	M10	8	—	—
Свыше 125 до 160	M10	8	M12	10	M12	10
Свыше 160 до 250	M10	10	M12	10	M12	10
Свыше 250 до 280	M10	10	M12	10	M12	10



Окончание табл. 2.20

Наибольший габаритный размер (наружный диаметр) матрицы, мм	Технологическое усилие, воспринимаемое матрицей, кН					
	До 500		500...1000		Более 1000	
	Винт	Штифт	Винт	Штифт	Винт	Штифт
Свыше 280 до 400	M12	10	M12	10	M12	10
Более 400	M12	10	M12	12	M16	12

Число штифтов определяют из условия, что каждый самостоятельный элемент штампа, который должен быть неподвижным относительно матрицы, и сама матрица должны фиксироваться двумя штифтами.

Пример размещения рабочей зоны и отверстий для крепления матрицы штампа последовательного действия показан на рис. 2.15.

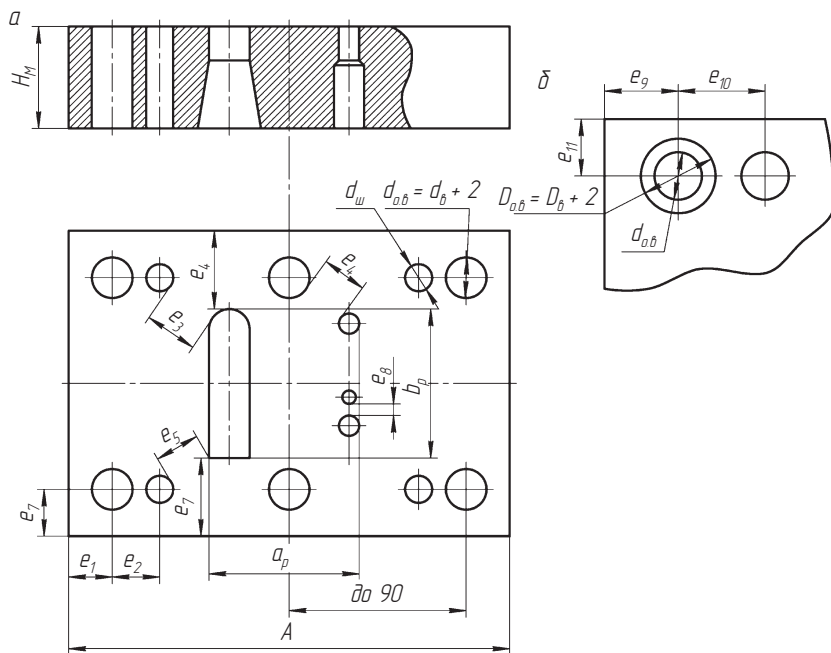


Рис. 2.15. Матрица штампа последовательного действия:

$d_b$  — диаметр стержня винта;  $D_b$  — диаметр головки винта;  $d_{об}$  — диаметр отверстия под стержень винта;  $D_{об}$  — диаметр углубления под головку винта;  $d_{ш}$  — диаметр отверстия под штифт

Координаты винтов и штифтов определяются по табл. 2.21, 2.22.

Таблица 2.21

**Размеры и наименьшие значения координат отверстий под винты и штифты для крепления матриц (рис. 2.15), мм**

Длина $A$ матрицы, мм	Диаметр винта (штифта)										Число винтов в одном ряду
	М6 (6)		М8 (6; 8)		М10 (8; 10)		М12 (10; 12)		М16 (12)		
	$e_1$	$e_2$	$e_1$	$e_2$	$e_1$	$e_2$	$e_1$	$e_2$	$e_1$	$e_2$	
До 100	7,5	12	10	16	—	—	—	—	—	—	2
Свыше 100 до 125	—	—	10	16	12,5	20	—	—	—	—	2
Свыше 125 до 160	—	—	—	—	12,5	20	15	25	—	—	2
Свыше 160 до 250	—	—	—	—	15	20	15	25	—	—	3
Свыше 250 до 280	—	—	—	—	15	20	15	25	—	—	3
Свыше 280 до 400	—	—	—	—	—	—	15	25	—	—	3
Более 400	—	—	—	—	—	—	15	25	20	32	3

Таблица 2.22

**Наименьшее расстояние между элементами стальной матрицы (рис. 2.15), мм**

Материал матрицы	$e_3$	$e_4$	$e_5$	$e_6$	$e_7$		$e_8$
					$d_{o.b} \leq 8,5$	$d_{o.b} > 8,5$	
У8А, У10А, 7ХЗ, 9ХС, 9ХВГ	$0,8d_{o.b}$	$1,2H_M$	$d_{o.b}$	$2,5H_M$	$1,2d_{o.b}$	$1,4d_{o.b}$	$2S$
Х12М, Х12Ф1	$0,6d_{o.b}$	$H_M$	$0,8d_{o.b}$	$2H_M$	$d_{o.b}$	$1,2d_{o.b}$	$1,5S$

Наружный диаметр матрицы круглой формы принимают в зависимости от диаметра  $d_M$  окружности, в которой вписывается ее рабочая зона (табл. 2.23).

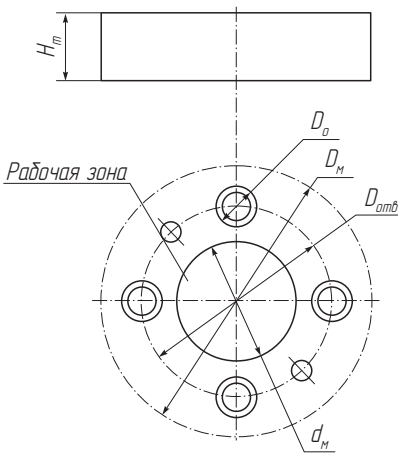
Форму рабочих и провальных отверстий в матрице для пробивки и вырубки принимают по табл. 2.24.

Провальное отверстие в матрице должно эквидистантно повторять рабочий контур с учетом нависания рабочего контура матрицы над провальным отверстием: не более чем на 1,5 мм при наличии фасок или закруглений или не более чем на угол  $\beta$  при наличии уклона на всей высоте. Допускается спрямление отдельных

участков контура провального отверстия или их сооружение при условии, что нависание на этих участках не превысит 3 мм. При этом условии для рабочих контуров матрицы сложной конфигурации провальное отверстие можно выполнить цилиндрическим. Провальное отверстие также следует скруглить, когда рабочий контур матрицы имеет острые или прямые углы. При этом в углах увеличение нависания рабочего контура матрицы над контуром провального отверстия должно быть на 0,3...0,4 мм относительно принятого.

Таблица 2.23

Геометрические параметры круглых матриц, мм

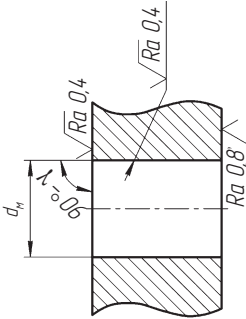


$d_M$	$D_M$	$d_M$	$D_M$
До 15	50	Свыше 115 до 130	200
Свыше 15 до 25	63	Свыше 130 до 150	220
Свыше 25 до 35	80	Свыше 150 до 180	250
Свыше 35 до 50	100	Свыше 180 до 210	280
Свыше 50 до 75	125	Свыше 210 до 250	320
Свыше 75 до 85	140	Свыше 250 до 280	360
Свыше 85 до 105	160	Свыше 280 до 310	400
Свыше 105 до 115	180		

Примечание.  $D_0 \leq \frac{D_M - d_M}{6}$ ;  $D_{отв} = \frac{D_M + d_M}{2}$ , где  $D_0$  — диаметр отверстия под головку винта.

Таблица 2.24  
**Форма и размеры рабочих провалных отверстий в матрице для пробивки и вырубки**

Тип	Форма отверстия	Назначение отверстия	Размеры			
			S, мм	$\beta$	$\alpha$	$h_{\text{пр}}$ , мм
1		<p>Для пробивки отверстий диаметром до 8 мм и для вырубки простых контуров, в которых отсутствуют консолюженные элементы, ослабляющие сечение матрицы</p>	До 5	2°	10'	6
			Свыше 0,5 до 1,0	3°	15'	6...8
			Свыше 1,0 до 2,5			6...8
			Свыше 2,5 до 4,0	8...10		
			Свыше 4,0 до 5,0	8...10		
2		<p>Для вырубки фигурных контуров и матриц, в которых имеются консолюные расположенные элементы</p>	Свыше 5,0 до 10,0	3°	1°	15
			Свыше 10	4°	1°	18

3	 <p>The drawing shows a cylindrical part with a diameter <math>d_n</math> and a length <math>N</math>. The top surface has a roughness specification of <math>Ra 0,4</math>. The side surface has a roughness specification of <math>Ra 0,8</math>. The bottom surface has a roughness specification of <math>Ra 0,4</math>. The part is shown with hatching to indicate its orientation.</p>	Для матриц (пуансон-матриц) с обратным вы-талкивателем детали. Пре-имущественно в штампах совмещенного действия	$\gamma = 5'$
---	---	---	---------------

Основные виды вставных матриц представлены на рис. 2.16. В табл. 2.25 приведены размеры наиболее распространенных типов матриц с круглым отверстием.

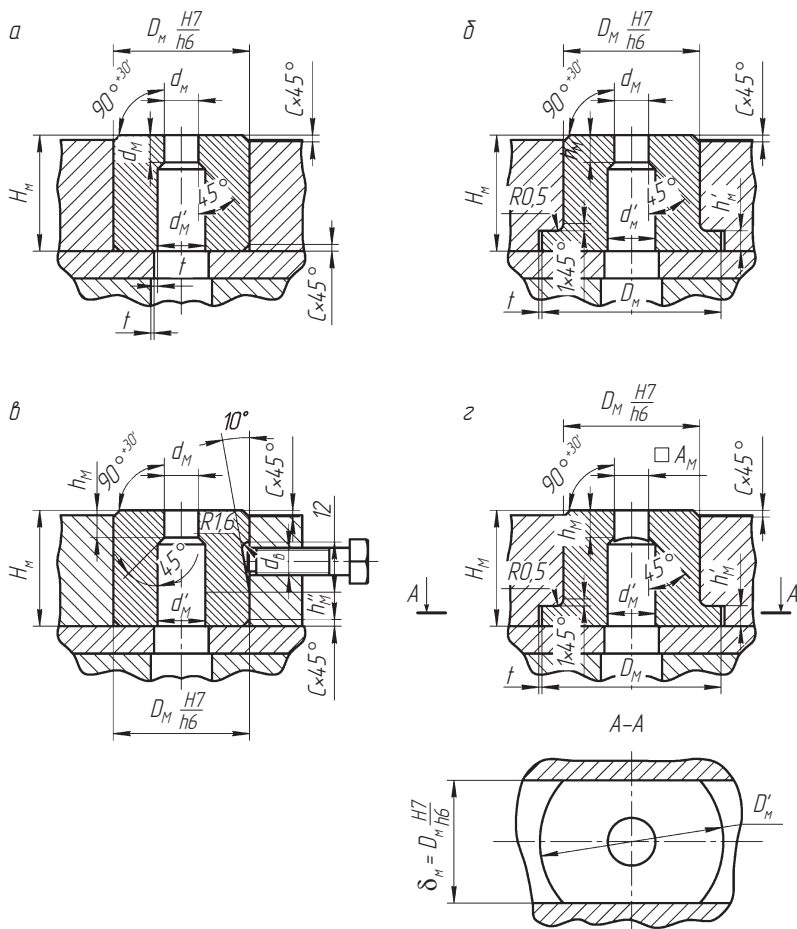


Рис. 2.16. Основные виды вставных матриц:  
 а — с круглым рабочим отверстием; б — с круглым рабочим отверстием и фланцем; в — с круглым рабочим отверстием, быстросменные; з — с квадратным рабочим отверстием

Таблица 2.25

**Основные размеры матриц с круглым рабочим  
отверстием (рис. 2.16, а, б), мм**

$d_m$	$d'_m$	$D_m$	$D'_m$	$H_m/h_m$
Свыше 1,0 до 1,5 Свыше 1,5 до 2,0	2,0	6,3	—	8/3
	2,5	8,0	—	12/4
	—	8,0	12	12/4; 16/5; 20/5; 25/6
Свыше 2,0 до 2,5 Свыше 2,5 до 3,0	3,0	8,0	—	8/3
	3,5	10	—	12/4
	—	10	14	12/4; 16/5; 20/5; 25/6
Свыше 3,0 до 3,5 Свыше 3,5 до 4,0	4,0	12	—	10/3; 14/4
	4,5	12	16	12/4; 16/5; 20/5; 25/6
Свыше 4,0 до 4,5 Свыше 4,5 до 5,0	5,0	14	—	10/3; 14/4
	5,5	14	18	12/4; 16/5; 20/5; 25/6
Свыше 5,0 до 6,0	6,5	16	—	12/4; 16/5
		20	—	14/5; 18/6
		16	20	16/5; 20/5; 25/6
		18	22	28/7; 32/8
		20	24	20/6; 25/7; 28/8; 32/9
		22	26	36/10
Свыше 6,0 до 7,0	7,5	18	—	12/4; 16/5
		22	—	16/5; 20/6
		16	20	16/5; 20/5; 25/6
		18	22	28/7; 32/8
		22	26	20/6; 25/7; 28/8; 32/9
		25	30	36/10
Свыше 7,0 до 8,0	8,5	18	—	12/4; 16/5
		22	—	16/5; 20/6
		18	22	16/5; 20/5; 25/6
		20	24	28/7; 32/8
		22	26	20/6; 25/7; 28/8; 32/9
		25	30	36/10
Свыше 8,0 до 9,0	9,5	20	—	14/4; 18/5
		25	—	18/6; 22/7
		18	22	16/5; 20/5; 25/6

Продолжение табл. 2.25

$d_M$	$d'_M$	$D_M$	$D'_M$	$H_M/h_M$
Свыше 8,0 до 9,0	9,5	20	24	28/7; 32/8
		25	30	20/6; 25/7; 28/8; 32/9
		28	32	36/10
Свыше 9,0 до 10	10,5	20	—	14/4; 18/5
		25	—	18/6; 22/7
		20	24	16/5; 20/5; 25/6
		22	26	28/7; 32/8
		25	28	20/6; 25/7; 28/8; 32/9
		30	32	36/10
Свыше 10 до 11	11,5	22	—	16/5; 20/5
		28	—	20/6; 22/7
Свыше 11 до 12	12,5	22	26	16/5; 20/5; 25/6
		25	30	28/7; 32/8
		28	32	20/6; 25/7; 28/8; 32/9
		32	36	36/10
Свыше 12 до 13 Свыше 13 до 14	13,5 14,5	25	—	18/5; 22/6
		32	—	22/7; 25/7
		25	30	16/5; 20/5; 25/6
		28	32	28/7; 32/8
		32	36	20/6; 25/7; 28/8; 32/9
		36	40	36/10; 40/12
Свыше 14 до 15 Свыше 15 до 16	15,5 16,5	28	—	20/5; 22/6
		36	—	22/7; 25/7
		28	32	16/5; 20/5; 25/6
		32	36	28/7; 32/8
		36	40	20/6; 25/7; 28/8; 32/9
		40	45	36/10; 40/12
Свыше 16 до 17	17,5	32	—	22/6; 25/6
		40	—	22/7; 25/7
		28	32	16/5; 20/5; 25/6
		32	36	28/7; 32/8
		36	40	20/5; 25/7; 28/8; 32/9
		40	45	36/10; 40/12



Окончание табл. 2.25

$d_m$	$d'_m$	$D_m$	$D'_m$	$H_m/h_m$
Свыше 17 до 18	18,5	32	—	22/6; 25/6
		40	—	22/7; 25/7
		32	36	16/5; 20/5; 25/6
		36	40	28/7; 32/8; 36/8
		40	45	20/6; 25/7; 28/8; 32/9
		45	50	36/10; 40/12
Свыше 18 до 19	19,5	36	—	22/6; 25/6
		42	—	22/7; 25/7
		32	36	16/5; 20/5; 25/6
		36	40	28/7; 32/8; 36/8
		40	45	20/6; 25/7; 28/8; 32/9
		45	50	36/10; 40/12

При конструировании быстросменных матриц с круглым отверстием (см. рис. 2.16, *в*) необходимо учитывать следующие соотношения.

При  $d_m = 3...12$  мм общая высота  $H_m$  должна быть равна 20 или 25 мм, а при  $d_m \geq 12$  мм — 20, 25, 28 или 32 мм. Высоту  $h_m$  или  $h'_m$  (мм) следует назначать в зависимости от  $H_m$ : 20 мм — 6; 25 мм — 7; 28 мм — 8; 32 мм — 9.

В зависимости от резьбы винтов для крепления матриц выбираются: 20 мм — М8; 25 мм — М10; 28, 32 мм — М12.

Размеры матрицы с квадратным отверстием (см. рис. 2.16, *з*) выбирают из следующих отношений: диаметр  $D_m$  следует выполнять на 3...8 мм больше, чем для соответствующих усиленных матриц с фланцем (см. табл. 2.25).

Общую высоту матрицы  $H_m$  для  $A_m = 3...10$  мм принимают 16, 20, 25, 28 или 32 мм; для  $A_m > 10$  мм — 16, 20, 25, 28, 32, 36 или 40 мм.

Высоту  $h_m$  и  $h'_m$  (мм) принимают в зависимости от  $H_m$ : 16 мм — 5; 4; 20 — 6; 6; 25 — 7; 6; 28 — 8; 6; 32 — 9; 6; 36 — 10; 8; 40 мм — 12; 8.

**Пуансоны.** Конструкции и крепление стандартных пробивных пуансонов представлены на рис. 2.17, размеры — в табл. 2.26.

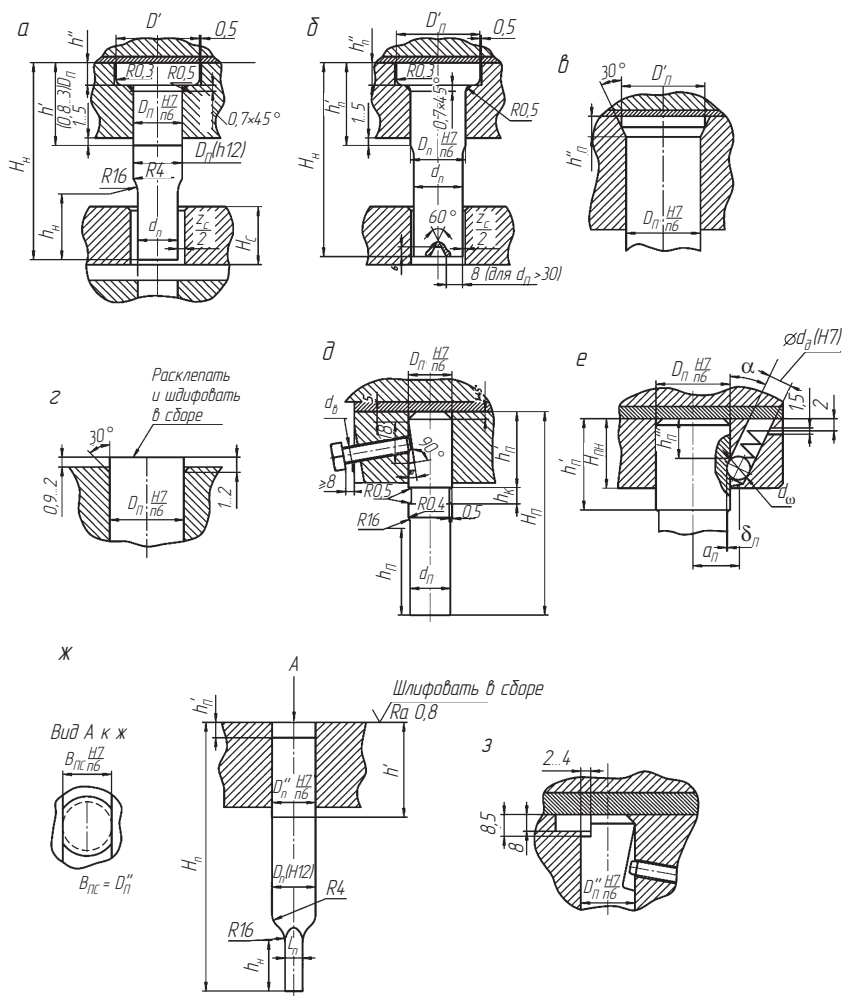


Рис. 2.17. Типы пуансонов с круглой посадочной частью:  
 а — диаметром 1...24 мм; б — диаметром 24...52 мм; в — с коническим фланцем; г — без фланца (под раскленку); д — диаметром 3...24 мм с винтовым креплением; е — диаметром 1,5...24 мм с шариковым креплением; ж — для некруглых отверстий с фиксацией по фланцу; з — для некруглых отверстий с фиксирующей шпонкой

Таблица 2.26

**Основные размеры пуансонов для пробивки круглых отверстий  
(рис. 2.17, а, б), мм**

$d_{\text{п}}$	$D_{\text{п}}$	$D'_{\text{п}}$	$H_{\text{п}}$														
			32		36		40		45		50			56			
			$h_{\text{п}}$	$h''_{\text{п}}$	$h_{\text{п}}$	$h''_{\text{п}}$	$h_{\text{п}}$	$h''_{\text{п}}$	$h_{\text{п}}$	$h''_{\text{п}}$	$h_{\text{п}}$	$h'_{\text{п}}$	$h''_{\text{п}}$	$h_{\text{п}}$	$h'_{\text{п}}$	$h''_{\text{п}}$	
Пуансоны по ГОСТ 16621–80 (см. рис. 2.7, а)																	
От 1 до 2	3,2	6	5	4	5	4	8	4	8	4	10	—	4	10	25	4	
Свыше 2 до 3	5,0	8	8	4	8	4	8	4	8	6	10	—	6	10	25	6	
Свыше 3 до 4	5,0	8	8	4	8	4	10	4	10	6	12	—	6	12	25	6	
Свыше 4 до 5	6,3	10	8	4	8	4	10	4	10	6	12	—	6	12	25	6	
Свыше 5 до 7	8,0	12	10	4	10	4	12	4	12	6	14	—	6	14	25	6	
Свыше 7 до 8	10	14	10	4	10	4	12	4	12	6	14	—	6	14	25	6	
Свыше 8 до 11	12	16	10	4	10	4	12	4	12	6	14	—	6	14	25	6	
Свыше 11 до 13	14	18	10	4	10	4	12	4	12	6	14	—	6	14	25	6	
Свыше 13 до 15	16	20	10	4	10	4	12	4	12	6	14	—	6	14	25	6	
Свыше 15 до 17	18	22	10	4	12	4	14	4	14	6	16	—	6	16	25	6	
Свыше 17 до 19	20	24	10	4	12	4	14	4	14	6	16	—	6	16	25	6	
Свыше 19 до 21	22	26	10	4	12	4	14	4	14	6	16	—	6	16	25	6	
Свыше 21 до 24	25	30	10	4	12	4	14	4	14	6	16	—	6	16	25	6	
Пуансоны по ГОСТ 16625–80 (см. рис. 2.7, б)																	
От 24 до 26	28	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	6	—	25	6	
Свыше 26 до 30	32	36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	6	—	25	6	
Свыше 30 до 34	36	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	6	—	25	6	

Продолжение табл. 2.26

$d_{II}$	$D_{II}$	$D'_{II}$	$H_{II}$														
			32		36		40		45		50			56			
			$h_{II}$	$h''_{II}$	$h_{II}$	$h''_{II}$	$h_{II}$	$h''_{II}$	$h_{II}$	$h''_{II}$	$h_{II}$	$h'_{II}$	$h''_{II}$	$h_{II}$	$h'_{II}$	$h''_{II}$	
Свыше 34 до 38	40	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	6	—	25	6
Свыше 38 до 44	45	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	6	—	25	6
Свыше 44 до 48	50	55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	6	—	25	6
Свыше 48 до 52	56	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	6	—	25	6

Продолжение табл. 2.26

$d_{II}$	$D_{II}$	$D'_{II}$	$H_{II}$								
			63			67			71		
			$h_{II}$	$h'_{II}$	$h''_{II}$	$h_{II}$	$h'_{II}$	$h''_{II}$	$h_{II}$	$h'_{II}$	$h''_{II}$
Пуансоны по ГОСТ 16621–80 (см. рис. 2.7, а)											
От 1 до 2	3,2	6	12	25	4	12	25	4	—	—	—
Свыше 2 до 3	5,0	8	12	25	6	12	25	6	—	—	—
Свыше 3 до 4	5,0	8	12	25	6	12	25	6	14	28	6
Свыше 4 до 5	6,3	10	12	25	6	12	25	6	14	28	6
Свыше 5 до 7	8,0	12	14	25	6	14	25	6	16	28	6
Свыше 7 до 8	10	14	14	25	6	14	25	6	16	28	6
Свыше 8 до 11	12	16	16	25	6	16	25	6	18	28	6
Свыше 11 до 13	14	18	16	25	6	16	25	6	18	28	6
Свыше 13 до 15	16	20	16	25	6	16	25	6	18	28	6
Свыше 15 до 17	18	22	18	25	6	18	25	6	20	28	6
Свыше 17 до 19	20	24	18	25	6	18	25	6	20	28	6

Окончание табл. 2.26

$d_{\text{п}}$	$D_{\text{п}}$	$D'_{\text{п}}$	$H_{\text{п}}$								
			63			67			71		
			$h_{\text{п}}$	$h'_{\text{п}}$	$h''_{\text{п}}$	$h_{\text{п}}$	$h'_{\text{п}}$	$h''_{\text{п}}$	$h_{\text{п}}$	$h'_{\text{п}}$	$h''_{\text{п}}$
Свыше 19 до 21	22	26	18	25	6	18	25	6	20	28	6
Свыше 21 до 24	25	30	18	25	6	18	25	6	20	28	6
Пуансоны по ГОСТ 16625–80 (см. рис. 2.7, б)											
От 24 до 26	28	32	—	25	6	—	28	6	—	28	6
Свыше 26 до 30	32	36	—	25	6	—	28	6	—	28	6
Свыше 30 до 34	36	40	—	25	6	—	28	6	—	28	6
Свыше 34 до 38	40	45	—	25	6	—	28	6	—	28	6
Свыше 38 до 44	45	50	—	25	6	—	28	6	—	28	6
Свыше 44 до 48	50	55	—	25	6	—	28	6	—	28	6
Свыше 48 до 52	56	60	—	25	6	—	28	6	—	28	6

Примечание.  $d_{\text{п}}$  — диаметр рабочей части пуансона.

Пуансоны с коническим фланцем (рис. 2.17, в) изготавливают со следующими размерами (табл. 2.27).

Таблица 2.27

### Размеры пуансонов с коническим фланцем

$d_{\text{п}}$	$D_{\text{п}}$	$d_{\text{п}}$	$D_{\text{п}}$
Свыше 1,0 до 1,5	2,0	Свыше 9,0 до 11,0	12
Свыше 1,5 до 2,0	2,5	Свыше 11 до 13	14
Свыше 2,0 до 2,5	3,2	Свыше 13 до 15	16
Свыше 2,5 до 3,5	4,0	Свыше 15 до 17	18
Свыше 3,5 до 4,5	5,0	Свыше 17 до 19	20
Свыше 4,5 до 5,5	6,3	Свыше 19 до 21	22
Свыше 5,5 до 7,0	8,0	Свыше 21 до 24	25
Свыше 7,0 до 9,0	10		

Примечание.  $d_{\text{п}}$  — диаметр рабочей части пуансона.

Диаметр конического фланца  $D'_n$  определяют в зависимости от диаметра рабочей зоны части пуансона  $d_n$  (мм): 1...7 —  $D_n + 1$ ; 7...13 —  $D_n + 1,5$ ; 13...17 —  $D_n + 2$ ; 17...21 —  $D_n + 2,5$ ; 21...24 —  $D_n + 3$ .

Размеры пуансонов с расклепанными фланцами (рис. 2.17, е) принимают по аналогии с коническими фланцами.

Посадочные размеры для быстросменных пуансонов с винтовым креплением (см. рис. 2.17, д) приведены в табл. 2.28, с шариковым креплением (см. рис. 2.17, е) — в табл. 2.29.

Таблица 2.28

**Посадочные размеры для пуансонов с винтовым креплением**

$d_n$	$D_n$	$d_n$	$D_n$
От 3 до 6	10	Свыше 14 до 16	20
Свыше 6 до 8	12	Свыше 16 до 18	22
Свыше 8 до 10	14	Свыше 18 до 21	25
Свыше 10 до 12	16	Свыше 21 до 24	28
Свыше 12 до 14	18		

Таблица 2.29

**Посадочные размеры для пуансонов с шариковым креплением**

$d_n$	$D_n$	$d_n$	$D_n$
От 1,5 до 2,5	6,3	Свыше 10 до 13	16
Свыше 2,5 до 4,0	8,0	Свыше 13 до 16	20
Свыше 4,0 до 5,0	10	Свыше 16 до 19	22
Свыше 5,0 до 10	12	Свыше 19 до 24	25

Общую высоту пуансонов с винтовым креплением  $H_n$  принимают по табл. 2.24: при  $d_n = 3...5$  мм — от 63 до 100 мм; при  $d_n > 55$  мм — от 63 до 125 мм. Высоту посадочной части  $h'_n$  принимают в зависимости от общей высоты  $H_n$  по табл. 2.30.

Таблица 2.30

**Высота посадочной части пуансонов с винтовым креплением**

$H_n$	$h'_n$	$H_n$	$h'_n$
63...71	30	95; 100	42
75; 80	34	110	53
85; 90	38	125	63

Общую высоту пуансонов с шариковым креплением принимают по табл. 2.26: при  $d_{\text{п}} = 1,5...5$  мм — от 56 до 67; при  $d_{\text{п}} > 5$  мм — от 56 до 100 мм.

Высоту посадочной части  $h'_{\text{п}}$  принимают в зависимости от  $H_{\text{п}}$  по табл. 2.31.

Таблица 2.31

**Высота посадочной части пуансонов с шариковым креплением**

$H_{\text{п}}$	$h'_{\text{п}}$	$H_{\text{п}}$	$h'_{\text{п}}$
56...67	30	80; 85	38
71; 75	34	90...100	42

Высоту  $h''_{\text{п}}$  до начала канавки принимают: для  $h'_{\text{п}} = 30$  мм — 9,8 мм; для  $h'_{\text{п}} = 34...42$  мм — 12,3 мм.

Глубину  $b_{\text{п}}$  канавки принимают: для  $h'_{\text{п}} = 30$  — более 2 мм; для  $h'_{\text{п}} = 34...42$  мм — 3 мм.

Диаметры шариков следующие: 6,35, 8, 9,5, 12,5 мм. Соответственно, диаметры (мм) отверстия под шарик и пружину имеют следующие значения: 6,3...10 и 6,5; 12; 16 и 8,2; 12,7; 20...25 и 9,8; 12,7.

Для таких пуансонов применяют следующие пружины из проволоки диаметром: 0,7; 0,8; 1 мм с диаметром пружин соответственно: 5,5; 7,0 мм и для 1 мм — 8,5 мм или 11 мм.

Пуансоны для некруглых отверстий по всей длине должны иметь одинаковую форму сечения. Посадочная часть пуансона в случае его выполнения с одинаковым по всей длине сечением должна являться основной деталью, по которой необходимо подгонять отверстия пуансонодержателя. Сопряжение пуансона с отверстием в пуансонодержателе выполняют в системе вала по посадке  $\frac{N7}{h6}$ , а для больших усилий —  $\frac{R7}{h6}$ . Если посадочную часть пуансона изготавливают несколько больших размеров, чем рабочую, то может быть применена посадка в системе отверстия  $\frac{H7}{n6}$ .

Пуансоны при сравнительно небольших размерах окружности, в которую они вписываются, следует выполнять с круглой посадочной частью и фиксировать их положение путем посадки фланца с лыской в паз пуансонодержателя или с помощью шпонки.

Некруглые пуансоны малых размеров закрепляют в пуансонодержателе путем расклепки (рис. 2.18).

Припуск на расклепку принимают в зависимости от глубины фаски и размеров пуансона:

□ при  $b_{\text{рк}} = 1$  мм:  $a_{\text{рк}} = 1,7$  мм для  $L_{\text{п}} \leq 2$  мм; для  $a_{\text{рк}} = 1,2$  мм;  $L_{\text{п}} = 2 \dots 3$  мм;  $a_{\text{рк}} = 0,9$  мм для  $L_{\text{п}} = 2 \dots 4$  мм;

□ при  $b_{\text{рк}} = 1,5$  мм:  $a_{\text{рк}} = 1,4$  мм для  $L_{\text{п}} = 4 \dots 5$  мм; для  $a_{\text{рк}} = 1,2$  мм  $L_{\text{п}} = 5 \dots 6$  мм;

□ при  $b_{\text{рк}} = 2$  мм: для  $a_{\text{рк}} = 2,5$  мм  $L_{\text{п}} = 4 \dots 5$  мм; для  $a_{\text{рк}} = 2$  мм  $L_{\text{п}} = 5 \dots 6$  мм.

Более крупные пуансоны расчеканивают, т.е. расклепывают без припуска  $a_{\text{рк}}$ . Расклепку и расчеканку применяют для штамповки материала толщиной до 4 мм. Варианты креплений пуансонов некруглой формы представлены на рис. 2.19.

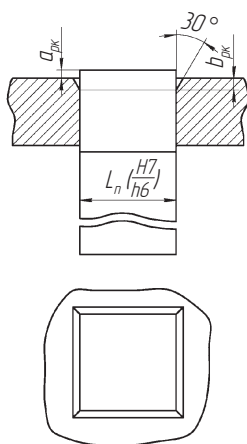


Рис. 2.18. Припуск на расклепку пуансона

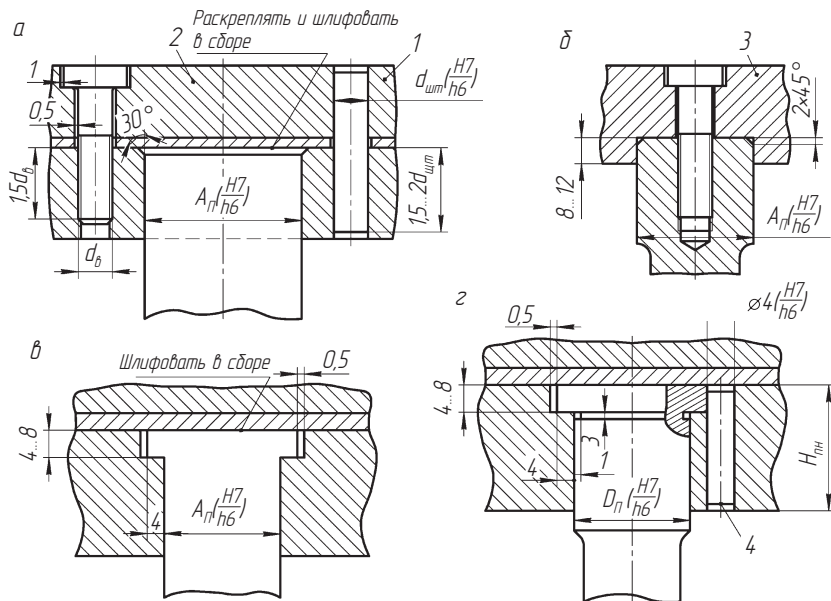


Рис. 2.19. Варианты крепления пуансонов некруглой формы: *а* – в пуансонодержателе; *б* – в плите; *в* – фиксирование фланцем; *г* – фиксирование круглой посадочной части штифтом; 1 – пуансонодержатель; 2, 3 – плита верхняя; 4 – штифт



**Шаговые ножи.** Рабочую часть шаговых ножей выполняют в двух исполнениях: с гладкой рабочей поверхностью (рис. 2.20, а, в) и с выступом-противоотжимом (рис. 2.20, б, г).

Ножи с гладкой рабочей поверхностью применяют только в тех случаях, когда выступ на пуансоне заменяется противоотжимом, обеспечиваемым конструкцией других деталей штампа.

Тыльная часть шаговых ножей выполняется двух типов — гладкая, под последующую расклепку (рис. 2.20, а, б) и с фланцем для крепления (рис. 2.20, в, г).

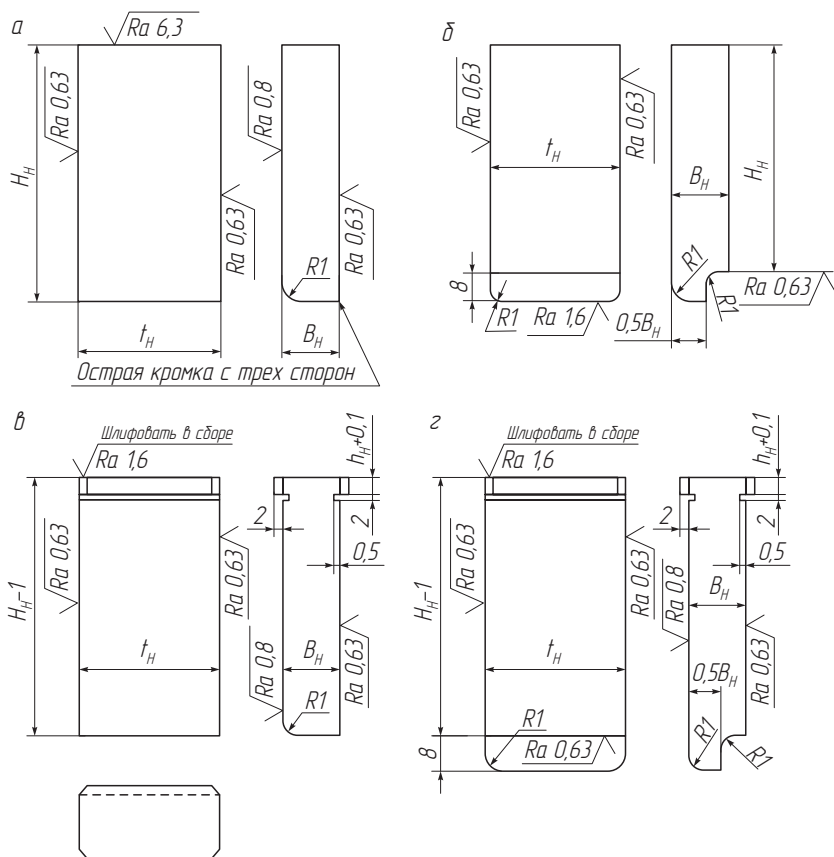


Рис. 2.20. Шаговые ножи:

а, в — с гладкой рабочей поверхностью; б, г — с выступом-противоотжимом

Длина шаговых ножей вычисляется по формулам (2.1), (2.2). Если предельное отклонение допуска  $\frac{T_1}{4}$  оказывается больше величины  $h_6$ , то поле допуска на длину  $t_n$  следует принимать равным  $h_6$ . Если предельное отклонение  $\frac{T_1}{4}$  оказывается меньше величины  $h_6$ , оставляют расчетное значение допуска.

В зависимости от значения  $t_n$  по табл. 2.32 определяют остальные размеры ножей.

Таблица 2.32

Размеры шаговых ножей  $h_n$  (рис. 2.20), мм

$t_n$	$B_n$	$H_n$												
Поле допуска $h_6$		32	36	40	45	50	55	63	67	71	75	80	84	89
От 6 до 12	6	4	4	4	6	6	6	6	—	—	—	—	—	—
Свыше 12 до 24	8	4	4	4	6	6	6	6	6	6	—	—	—	—
Свыше 24 до 36	10	—	—	4	6	6	6	6	6	6	6	6	—	—
Свыше 36 до 50	12	—	—	—	6	6	6	6	6	6	6	6	8	—
Свыше 50 до 100	14	—	—	—	—	6	6	6	6	6	6	6	8	8

*Примечание.* Приведены значения  $H_n$  для ножей с фланцем (рис. 2.20, в, г). Для ножей без фланца (рис. 2.20, а, б) высоту  $H_n$  следует принимать больше на 1 мм (для расклепки в пуансонодержателе).

## 2.2.4. Штампы для чистовой вырубki

Штампы для чистовой вырубki-пробивки в сравнении с обычными штампами отличаются повышенной прочностью формообразующих деталей, массивностью верхней и нижней плит, точностью направляющих узлов.

Штампы для чистовой вырубki-пробивки подразделяют на два основных вида:

- 1) с подвижной пуансон-матрицей (пуансоном) и неподвижным прижимом;
- 2) с неподвижной пуансон-матрицей (пуансоном) и подвижным прижимом;

Подвижность и неподвижность определяются относительно исходной заготовки в процессе ее вырубki или пробивки.

На рис. 2.21 представлена схема штампа *первого вида*. Применяются такие штампы для получения изделий небольших размеров, содержащих несколько отверстий.

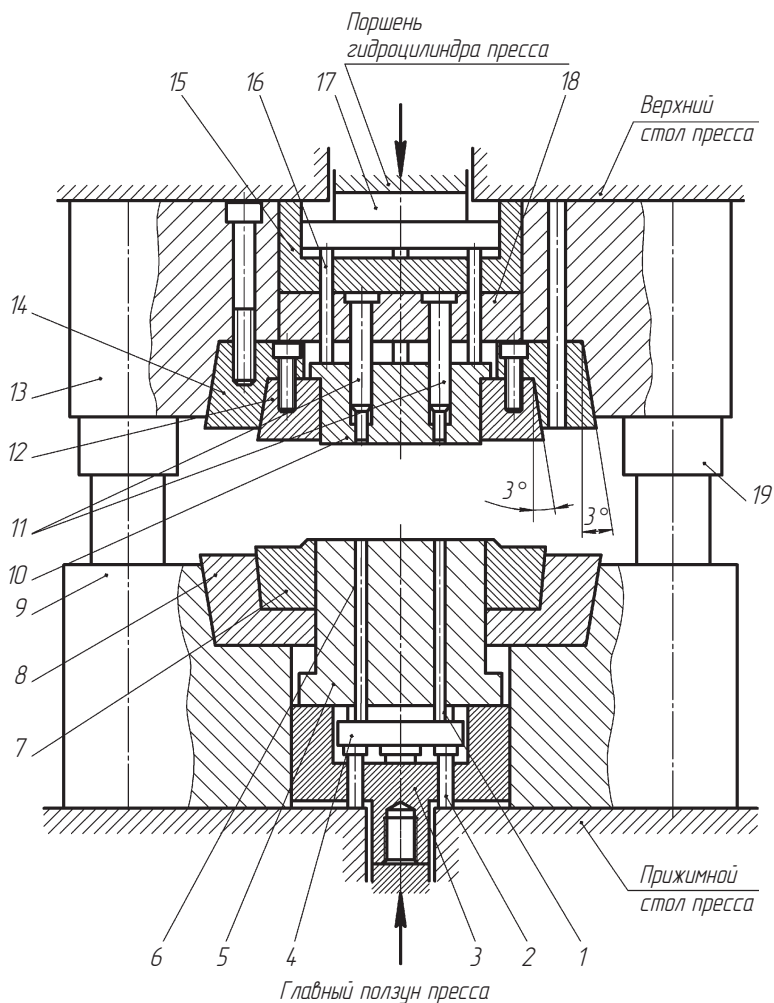


Рис. 2.21. Схема штампа с подвижной пуансон-матрицей и неподвижным прижимом (первый вид):

1 – выталкиватель; 2 – толкатель; 3 – хвостовик; 4 – траверса; 5 – пуансон-матрица; 6 – выталкиватель; 7 – прижим; 8 – обойма; 9 – плита нижняя; 10 – выталкиватель; 11 – пуансон; 12 – матрица; 13 – плита верхняя; 14 – обойма; 15 – опора; 16 – толкатель; 17 – подпятник; 18 – пуансонодержатель; 19 – шариковый направляющий узел

Штамп смонтирован на блоке, состоящем из утолщенных для повышения жесткости плит 9, 13 и соединенных шариковыми направляющими узлами 19. Нижняя плита 9 устанавливается и крепится на прижимном столе пресса; хвостовик 3 крепится резбовым концом к главному ползуну пресса. Верхняя плита 13 крепится к верхнему столу пресса, а подпятник 17 упирается в поршень гидроцилиндра пресса.

В начале процесса штамповки при ходе прижимного стола главного ползуна пресса вверх исходная заготовка зажимается между прижимом 7 и матрицей 12; затем прижим осуществляется в зоне прилегающей к очагу деформации между пуансон-матрицей 5 и выталкивателем 10, а места образования отходов зажимаются между пробивными пуансонами 11 и выталкивателями 1, 6.

В процессе штамповки пуансон-матрица 5 перемещается вверх под действием усилия главного ползуна пресса, передаваемого через хвостовик 3. Прижим 7 остается неподвижным, обеспечивая постоянное сжатие исходной заготовки усилием, передаваемым через нижнюю плиту 9 прижимным столом пресса. При этом поддерживается постоянное сжатие мест образования отходов, поскольку выталкиватели 1, 6 через траверсу 4 и толкатели 2 опираются на тот же прижимной стол пресса.

При ходе пуансон-матрицы 5 вверх выталкиватель 10 утапливается относительно матрицы 12 и пуансонов 11, закрепленных в пуансонодержателе 18, которые через опору 15 упираются в верхний стол пресса и остаются неподвижными. При этом усилие от выталкивателя 10 через толкатель 16 и подпятник 17 передается гидросистеме пресса. Затем осуществляется вырубка детали по контуру и пробивка отверстий. При обратном ходе пуансон-матрица 5 опускается; затем опускаются прижим 7 и выталкиватели 1, 6, а выталкиватель 10 под действием усилия гидросистемы пресса выталкивает полученную заготовку из полости матрицы 12.

Изделия больших размеров со значительным числом отверстий получают на штампах *второго вида* (рис. 2.22).

В верхней части штампа неподвижно закреплены обойма 1 с матрицей 3, в которой перемещается выталкиватель 12. Движение выталкивателю передается от верхней гидроопоры пресса через подпятник 8 и толкатель 9. В верхней плите 2 между опорой 5

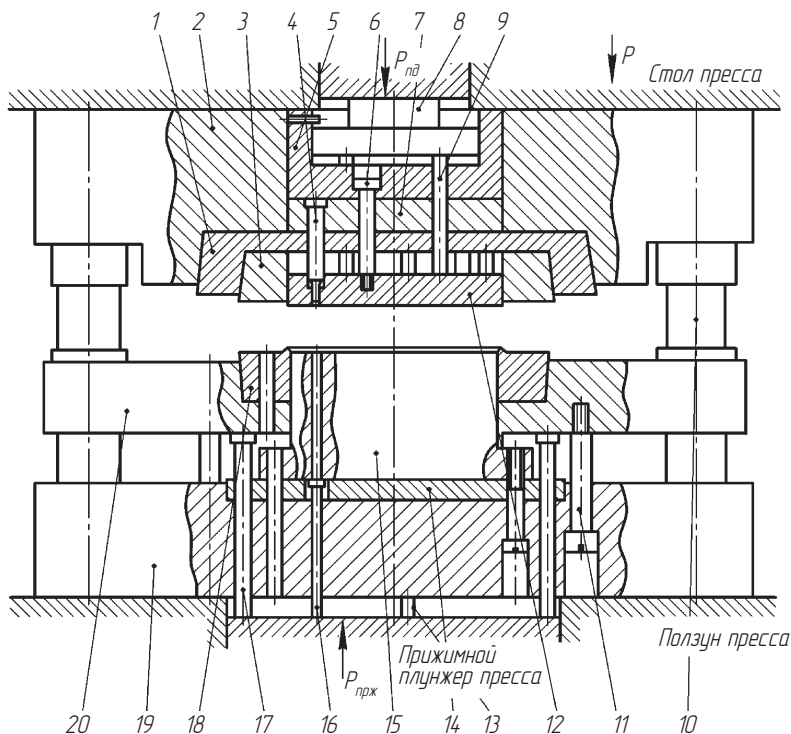


Рис. 2.22. Схема штампа с неподвижной пуансон-матрицей и подвижным прижимом (второй вид):

1 — обойма; 2 — плита верхняя; 3 — матрица; 4 — пуансон; 5 — опора; 6, 11 — винты; 7 — пуансонодержатель; 8 — подпятник; 9, 13, 17 — толкатели; 10 — направляющая колонка; 12, 16 — выталкиватели; 14 — прокладка; 15 — пуансон-матрица; 18 — прижим; 19 — плита нижняя; 20 — плита промежуточная

и обоймой 1 установлен пуансонодержатель 7 с размещенными в нем пробивными пуансонами 4.

На нижней плите 19 на прокладке 14 установлена и закреплена пуансон-матрица 15, в которой перемещаются выталкиватели 16, опирающиеся на прижимной плунжер пресса. По пуансон-матрице перемещается прижим 18, закрепленный в промежуточной плите 20. Сама плита передвигается по направляющим колонкам 10, удерживается винтом 11 и через толкатели 17 передает усилие

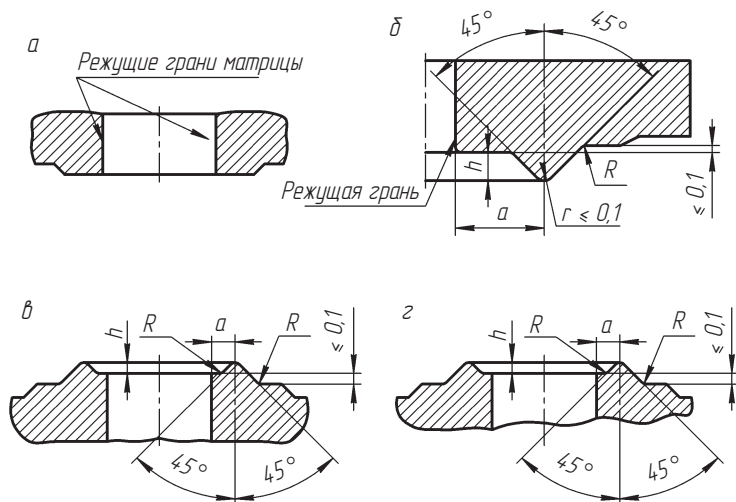


Рис. 2.23. Профили матриц (а, б) и прижимов (в, г) для чистовой вырубki-пробивки

на прижимной плунжер прессы, обеспечивая зажатие исходной заготовки.

На поверхностях матриц и прижимов чистовых вырезных штампов с целью создания дополнительного давления выполняются клиновидные ребра (рис. 2.23). На прижиме простой конфигурации клиновидные ребра располагаются эквидистантно контуру отверстия. Сложные участки контура прижима (пазы, острые углы, выступы, зубья) клиновидное ребро должно огибать плавно по более простому контуру.

В табл. 2.33 и 2.34 приведены рекомендуемые размеры клиновидных ребер на матрице и на прижиме, в табл. 2.35 — размеры круглых матриц.

Таблица 2.33

Размеры клиновидного ребра на матрице (рис. 2.23, а, б), мм

Толщина материала $S$	$h$	$a$	$R$
0,5...4,5	0	—	—
4,5...5,5	0,8	2,5	0,8
5,6...7,0	1	3	1

Окончание табл. 2.33

Толщина материала $S$	$h$	$a$	$R$
7,1...9,0	1,2	3,5	1,2
9,1...11	1,5	4,5	1,5
11,1...13	1,8	5,5	2
13,1...15	2,2	7	3
15,1...18	2,5	9	3
18,1...20	3,0	10	3

Таблица 2.34

Размеры клиновидного ребра на прижиме (рис. 2.23, в, г), мм

Толщина вырубаемой детали $S$	Рис. 2.23, в			Толщина вырубаемой детали $S$	Рис. 2.23, г		
	$h$	$a$	$R$		$h$	$a$	$R$
0,5...0,9	0,2	0,5	0,2	5,6...7	0,7	3	0,2
1,0...1,7	0,3	1	0,2	7,1...9	0,8	3,5	0,2
1,8...2,2	0,4	1,4	0,2	9,1...11	1	4,5	0,5
2,3...2,7	0,5	1,7	0,2	11,1...13	1,2	5,5	0,5
2,8...3,2	0,6	2,1	0,2	13,1...15	1,6	7	0,5
3,3...3,7	0,7	2,5	0,2	15,1...18	1,8	9	0,5
3,8...4,5	0,8	2,8	0,2	18,1...20	2	10	0,5
4,6...5,5	0,5	2,5	0,2				

Таблица 2.35

Основные размеры круглых матриц и обойм для чистой вырубki (рис. 2.21, г), мм

$d_m$	$D_m$	$H_m$	$D_{об}$	$H_{об}$
До 25	75	20	120	28
Свыше 25 до 32	85		130	
Свыше 32 до 40	95	25	150	36
Свыше 40 до 50	110		170	
Свыше 50 до 63	130	32	190	45
Свыше 63 до 80	150		210	
Свыше 80 до 100	170	40	240	56
Свыше 100 до 200	210		270	

Пуансоны для пробивки отверстий скругляют радиусом  $0,1...0,2$  мм. Размеры пуансона принимают по таблицам для обычных пуансонов.

## 2.3. Гибочные штампы

Гибочные штампы конструируются с учетом пружинения материала. Первую группу образуют штампы, основанные на корректировке угла изгиба на угол пружинения. Вторую группу образуют штампы, основанные на правке, калибровке, иногда подчеканке, заготовке в зоне гибки.

Типовые конструктивные схемы штампов, обеспечивающих корректировку пружинения, приведены на рис. 2.24.

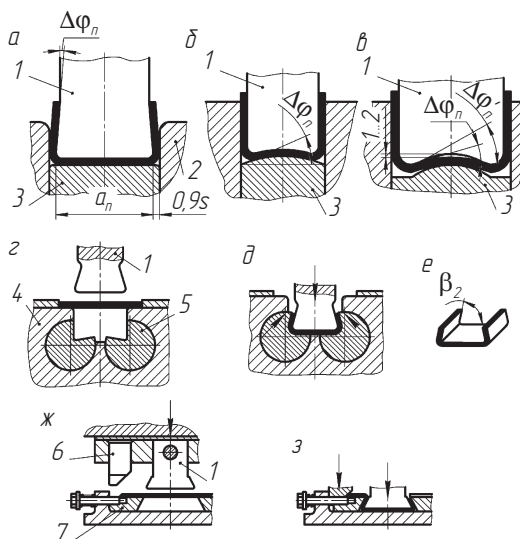


Рис. 2.24. Схемы конструкций штампов, обеспечивающих корректировку пружинения материала заготовок с использованием:

*a* — скошенных пуансонов; *б, в* — пуансонов с выпуклостями; *г, д* — поворотных матриц; *ж, з* — подвижных полуматриц; 1 — пуансон; 2 — матрица; 3 — выталкиватель; 4 — основание матрицы; 5 — поворотная полуматрица; 6 — клин; 7 — подвижная полуматрица



Определенной компенсации пружинения можно достичь за счет выполнения на пуансоне двух скосов под углом  $\Delta\varphi_{\Pi}$  (рис. 2.24, а) и применения при этом заниженных зазоров между матрицей и пуансоном.

Пружинение можно также компенсировать путем образования в штампуемой заготовке выпуклости с углом ее касательной к горизонтали  $\varphi_{\Pi}$  (рис. 2.24, б). После гибки пружинение выпуклой полки компенсирует пружинение в углах заготовки.

С целью исключения жесткого удара в конце рабочего хода выпуклость на выталкивателе и выемку на пуансоне рекомендуется выполнить по схеме, представленной на рис. 2.24, в. При этом принимается  $\Delta\varphi'_{\Pi} = (1,5...1,8)\Delta\varphi_{\Pi}$ .

Компенсацию пружинения можно обеспечить путем применения поворотных полуматриц и соответствующих скосов на пуансоне (рис. 2.24, з, д). Штампы подобной конструкции обеспечивают изгиб полки относительно горизонтального основания под углом  $\beta < 90^{\circ}$  (рис. 2.24, е). Компенсация пружинения или гибка заготовок под углом  $\beta < 90^{\circ}$  могут быть обеспечены подвижными полуматрицами, перемещающимися клиньями (рис. 2.24, ж, з).

**Гибка с правкой и калибровкой** отгибаемых полок изделий производится на штампах с подвижными элементами (рис. 2.25).

Для обеспечения точного изгиба применяется штамп с поворотными створками 2 (рис. 2.25, а), которые шарнирно соединены с выталкивателем 1. В исходном положении створки раскрываются горизонтально и располагаются на одном уровне с торцом выталкивателя. Заготовка укладывается на поверхность выталкивателя и позиционируется фиксаторами 3. При движении пуансона 4 вниз заготовка загибается между торцами пуансона и выталкивателя и в фиксируемом положении перемещается по ходу движения пуансона. Поворотные створки 5 поворачиваются вокруг шарниров и отгибают боковые полки изделия. В конце рабочего хода поворотные створки занимают вертикальное положение, а пуансон осуществляет калибровку горизонтальной полки.

Правка и калибровка боковых полок *снаружи* изделия осуществляется подвижными полуматрицами. Осевое движение полуматриц осуществляется от упора-толкателя 7 (рис. 2.25, б) или выступа на пуансоне 4 (рис. 2.25, в). В поперечном направлении матрицы перемещаются по наклонным поверхностям, осуществ-

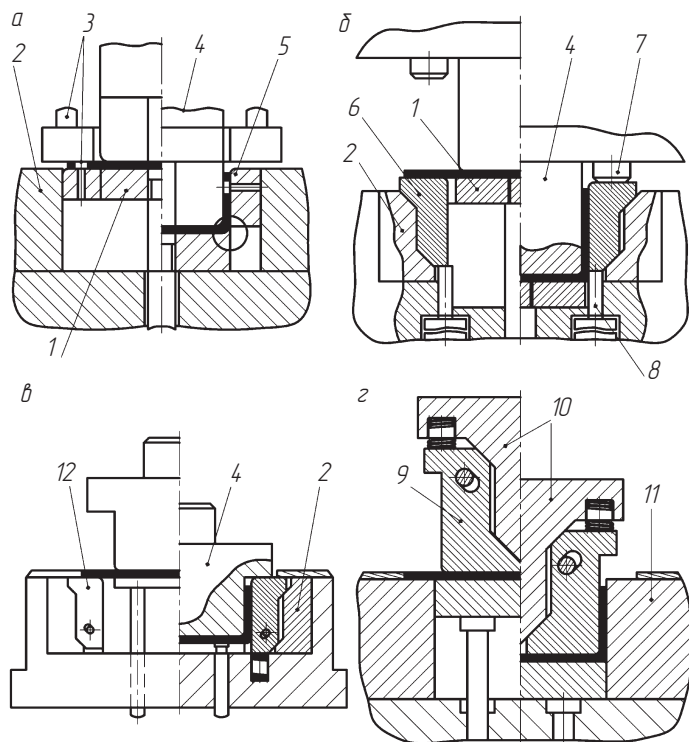


Рис. 2.25. Схемы конструкций штампов, корректирующих пружинение: *a* — поворотными створками; *б, в* — подвижными полуматрицами; *г* — подвижными вкладышами составного пуансона; 1 — выталкиватель; 2 — обойма; 3 — фиксаторы; 4 — пуансон; 5 — поворотные створки; 6 — подвижная полуматрица; 7 — упор-толкатель; 8 — толкатель; 9 — подвижный вкладыш; 10 — пуансон; 11 — матрица

вляя при этом калибровку полок. В исходное положение матрицы возвращаются подпружиненными толкателями 8 (рис. 2.23, *в*).

Правка и калибровка боковых полок *изнутри* изделия осуществляется подвижными вкладышами 9 составного пуансона 10. Подвижные вкладыши сопрягаются с пуансоном по наклонным поверхностям. В конце рабочего хода пуансона вкладыши перемещаются в поперечном направлении. При этом одновременно осуществляется правка и калибровка горизонтальной и вертикальной (боковой) полок.

Схемы типовых конструкций гибочных штампов представлены на рис. 2.26. На рис. 2.26, *a–в* представлены схемы штампов для **гибки Г-образных изделий**. Процесс гибки начинается только после защемления части заготовки с помощью прижима 1 (рис. 2.26, *a*), после чего свободная часть заготовки отгибается матрицей 3. Усилие прижима  $P_{\text{пр}}$  должно быть достаточным для обеспечения плоскостности защемленной полки изделия. При недостаточном усилии прижима работа штампа продолжается до упора прижима в верхнюю плиту и сопровождается правкой горизонтальной полки. Обязательным условием надежной работы штампа является наличие противоотжима 2 для матрицы 3.

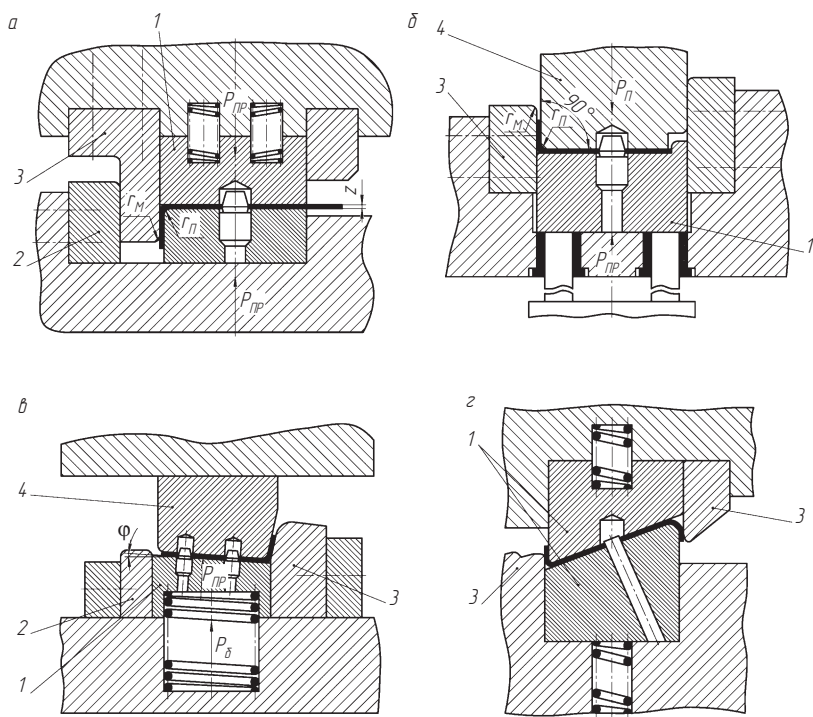


Рис. 2.26. Схемы типовых конструкций гибочных штампов (начало; продолжение и окончание см. на с. 148 и 149): *a, б, в* – Г-образных изделий; *г* – Z-образных изделий; 1 – прижим; 2 – противоотжим; 3 – матрица; 4 – пуансон

При расположении отгибаемой полки вертикально вверх (рис. 2.26, б) матрица 3 в процессе работы штампа остается неподвижной, а пуансон 4 совершает возвратно-поступательное движение от ползуна пресса. При такой конструкции отпадает необходимость в противоотжиме. Желательно матрицу располагать внутри массивной плиты.

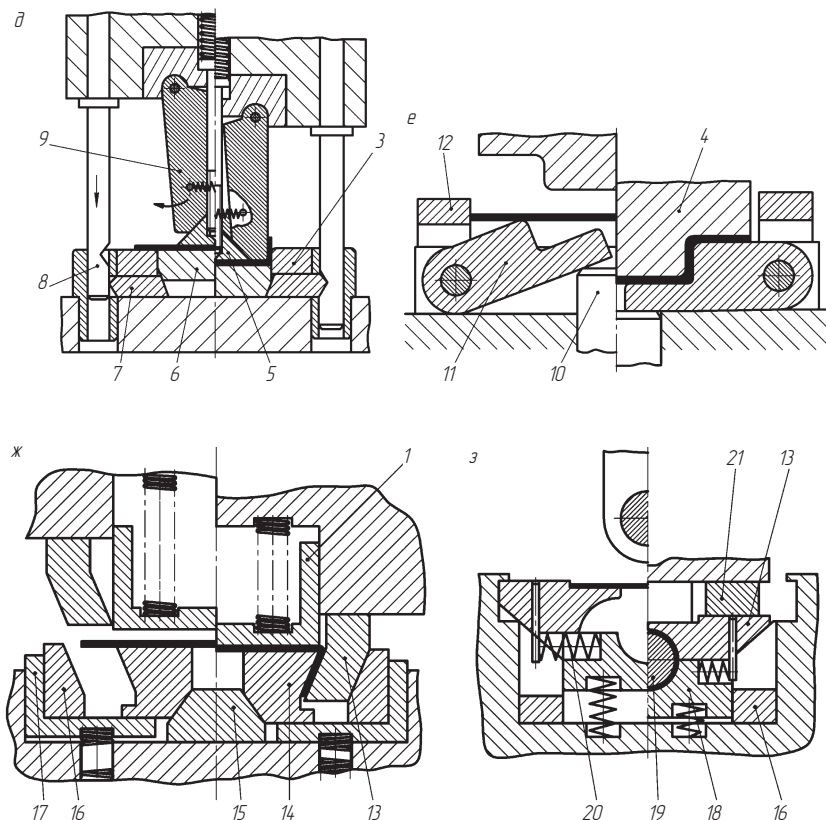


Рис. 2.26. Продолжение (начало см. на с. 147, окончание — на с. 149): д, е — П-образных изделий; ж — двухугловых V-образных изделий; з, и — втулок; 1 — прижим; 3 — матрица; 4 — пуансон; 5 — прижим клиновидный; 6 — опора; 7 — ползушка; 8 — фиксатор; 9 — пуансон поворотный; 10 — толкатель; 11 — полуматрицы поворотные; 12 — упор; 13 — пуансон-клинья; 14 — матрицы-ползушки; 15 — призма; 16 — клиновые вкладыши; 17 — подъемник; 18 — полуматрица; 19 — пуансон; 20 — пружина; 21 — подкладка

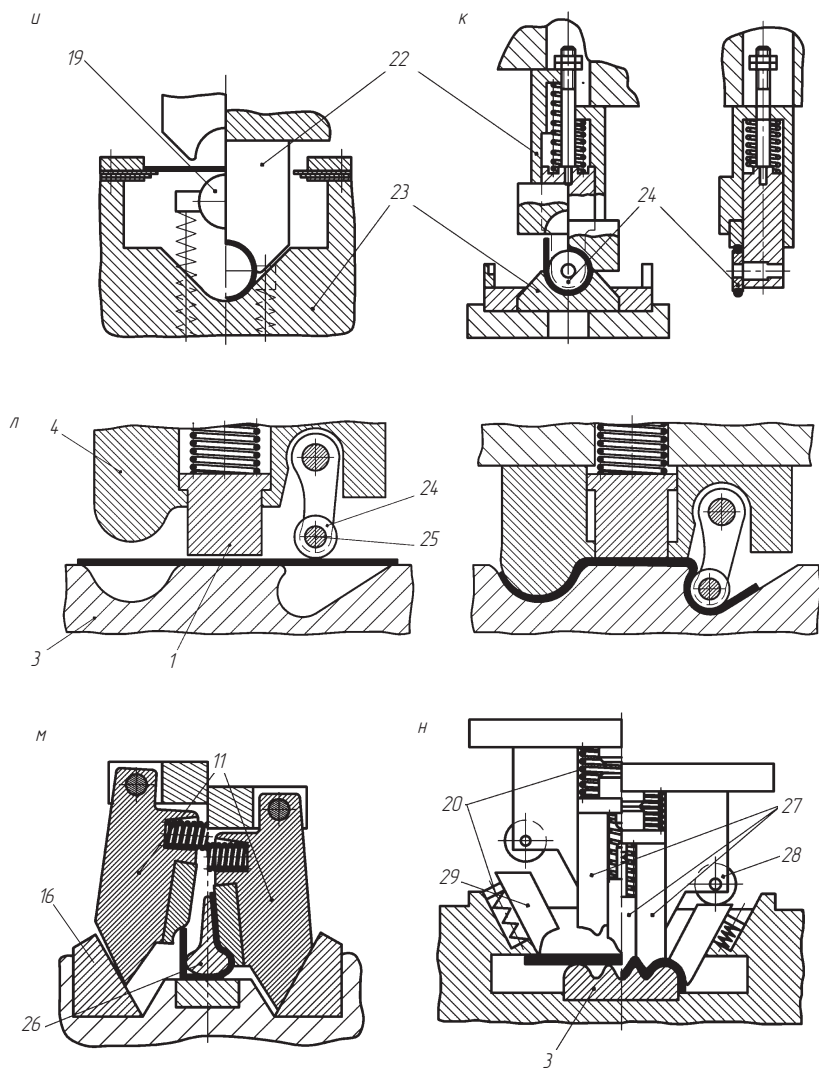


Рис. 2.26. Окончание (начало и продолжение см. на с. 147 и 148): *и* — втулок; *к* — проволочных колец; *л, м, н* — изделий сложной формы; 1 — прижим; 3 — матрица; 4 — пуансон; 11 — полуматрицы поворотные; 16 — клиновые вкладыши; 19 — пуансон; 20 — пружина; 22 — верхняя полуматрица; 23 — нижняя полуматрица; 24 — пуансон роликовый; 25 — ось; 26 — пуансон фасонный; 27 — пуансон вертикальный; 28 — ролики; 29 — пуансон боковой

Конструкция, обеспечивающая защемление заготовки на наклонной плоскости (рис. 2.26, в), позволяет получить более точный угол изгиба по сравнению с рассмотренными конструкциями. При наладке штампа такой конструкции можно компенсировать пружинение корректировкой углов рабочих элементов матрицы 3, пуансона 4 и прижима 1. Кроме того, при наклонном положении заготовки имеется возможность осуществлять правку одновременно двух полок. В данном случае противоотжим 2 служит опорой для прижима 1 и предотвращает его смещение в горизонтальной плоскости.

Наклонное положение заготовки используется также в штампах для *гибки Z-образных изделий* (рис. 2.26, з). В конструкции использованы две боковые матрицы 3 и два прижима 1, расположенные в верхней и нижней частях штампа. Гибка начинается с защемления заготовки между двумя прижимами и заканчивается правкой, когда оба прижима жестко смыкаются с верхней и нижней частями штампа.

Для *гибки П-образных двухугольных изделий* предназначен штамп, представленный на рис. 2.26, д. Плоская заготовка зажимается между клиновым прижимом 5 и опорой 6, которая жестко фиксируется в двух крайних положениях матрицей 3. В крайнем верхнем положении опора 6 опирается на боковые наклонные поверхности ползушек 7, которые остаются временно неподвижными. При движении верхней части штампа вниз в определенный момент времени клиновидные пазы на фиксаторах 8 оказываются расположенными напротив ползушек. Ползушки 7 начинают раздвигаться, а опора начинает перемещаться вертикально вниз. Полки заготовки начинают загибаться. При этом поворотные пуансоны 9 скользят по наклонным поверхностям прижима 5 и раздвигаются. Движение поворотных пуансонов в крайнем нижнем положении заканчивается правкой и калибровкой вертикальных полок.

*Четырехугольная гибка П-образных изделий* осуществляется на штампе с поворотными полуматрицами (рис. 2.26, е). Заготовка укладывается на наклонно расположенные полуматрицы 11 и позиционируется по упору 12. Полуматрицы в крайнем верхнем положении штампа опираются на толкатель 10. В процессе рабочего хода заготовка начинает деформироваться между вертикально перемещающимся пуансоном 4 и поворачивающимися вокруг осей

полуматрицами 11. Процесс гибки заканчивается, когда полуматрицы займут горизонтальное положение. В процессе обратного хода полуматрицы под действием толкателя возвращаются в исходное наклонное положение, а заготовка выталкивается.

**Двухугольная гибка V-образных изделий** (рис. 2.26, ж) осуществляется между горизонтально перемещающимися матрицами-ползушками 14 и подвижными пуансон-клиньями 13, перемещающимися в двух направлениях: вертикальном и горизонтальном. В начальном положении заготовка укладывается на матрицы-ползушки и зажимается прижимом 1. При дальнейшем движении верхней части штампа концы заготовки под действием вертикально перемещающихся пуансон-клиньев 4 изгибаются на  $90^\circ$ . После этого матрицы-ползушки начинают скользить по наклонным поверхностям призмы 15 и раздвигаться в горизонтальном положении. Боковые пуансон-клинья также получают горизонтальное движение навстречу друг другу от клиновых вкладышей 16. В результате боковые полки изгибаются и калибруются под острым углом в процессе встречного движения матриц-ползушек и пуансон-клиньев. При обратном движении верхней части штампа матрицы-ползушки поднимаются вверх подпружиненным подъемником 17. При этом матрицы сближаются, а пуансон-клинья, наоборот, раздвигаются. В результате полученное изделие освобождается от формообразующих элементов и удаляется с поверхности штампа.

**Гибка втулок из плоских заготовок** осуществляется в штампе, показанном на рис. 2.26, з. Штамп включает две матрицы-ползушки 14, расположенные с возможностью перемещения на подпружиненной полуматрице 18. В нижнем положении штампа матрицы-ползушки и полуматрицы в сборе формируют наружную поверхность штампуемой втулки. Внутренняя поверхность втулки формируется цилиндрическим пуансоном 19, расположенным горизонтально. В исходном положении матрицы-ползушки заходят в соответствующие выступы, расположенные в плите.

Плоская заготовка укладывается и позиционируется на поверхности матриц-ползушек. При опускании верхней части штампа плоская заготовка начинает огибать поверхность цилиндрического пуансона. В момент соприкосновения заготовки с полуматрицей заготовка принимает U-образную форму.

Движение нагрузки пресса через специальную подкладку 21 передается на матрицы-ползушки, которые скользят по наклонным поверхностям клиновых вкладышей 16 и двигаются навстречу друг другу. При этом вертикальные полки U-образной заготовки начинают огибать поверхность цилиндрического пуансона. Процесс гибки заканчивается в момент соприкосновения матриц-ползушек. Заготовка принимает цилиндрическую форму. При обратном движении верхней части штампа подпружиненная матрица 18 поднимается вверх, а матрицы-ползушки раздвигаются сжатыми пружинами 20 пуансона 19.

Другой вариант конструкции штампа для гибки втулок представлен на рис. 2.26, и. Конструкцией предусмотрены две полуматрицы 22, 23, расположенные в верхней и нижней частях штампа, и подвижный подпружиненный пуансон 19. Плоская заготовка укладывается в специальный трафарет сверху под пуансоном. При движении верхней полуматрицы заготовка огибает поверхность пуансона. При этом усилие деформации заготовки должно быть меньше усилия сжатия пружины. Заготовка приобретает  $\cap$ -образную форму. В процессе дальнейшего движения заземленной заготовки вертикальные полки упираются в формообразующую поверхность нижней полуматрицы 23 и закругляются вокруг цилиндрической поверхности пуансона. В конце рабочего хода происходит правка и калибровка заготовки по наружной поверхности. При обратном движении ползуна пресса штамп раскрывается, подпружиненный пуансон поднимается вверх, а готовая втулка снимается с его поверхности. Конструкция штампа отличается простотой и надежностью, однако в процессе огибания возможен перекосяк или смещение заготовки.

Конструкция штампа (рис. 2.26, к), аналогичная предыдущей, используется и для **гибки колец из проволочной заготовки**. Конструкцией предусмотрены две полуматрицы 22, 23, жестко закрепленные в верхней и нижней частях штампа, и подвижный подпружиненный пуансон 24, выполненный в виде ролика. Проволочная заготовка укладывается до упора в трафарете. В процессе движения верхней части штампа роликовый пуансон изгибает заготовку, которая приобретает U-образную форму и оказывается неподвижно заземленной между подпружиненным пуансоном и нижней полуматрицей. В процессе дальнейшего движения ползуна пресса



верхняя полуматрица продолжает движение относительно неподвижных вертикально расположенных стержневых частей заготовки, которые скользят по цилиндрической поверхности полуматрицы и огибают поверхность роликового пуансона 24. В конце рабочего хода происходит жесткая правка и калибровка между полуматрицами изогнутого кольца.

Штамп для *гибки с поднутрением* представлен на рис. 2.26, л. Штамп включает матрицу 3 и два пуансона 4, 24. Пуансон 4 закреплен неподвижно на верхней части штампа, роликовый пуансон 24 установлен с возможностью поворота вокруг оси 25. Гибка начинается с защемления заготовки между прижимом 1 и матрицей 3. Изгиб заготовки между матрицей и пуансоном 4 осуществляется в процессе вертикального движения пуансона. Роликовый пуансон 24 получает дополнительно вращательное (поворотное) движение в результате качения ролика по наклонной поверхности матрицы. В итоге заготовка изгибается с поднутрением (см. рис. 2.26, справа). При возвратном движении верхней части штампа роликовый пуансон поворачивается в обратную сторону и выходит из поднутрения. Полученное изделие выталкивается из матрицы.

*Гибка фасонных хомутиков* осуществляется в штампе, представленном на рис. 2.26, м. Предварительно плоской исходной заготовке придается П-образная форма. Полученное изделие устанавливается на плите штампа таким образом, чтобы фасонный пуансон 26 оказался между вертикальными полками П-образной заготовки. В процессе рабочего хода полуматрицы 11 движутся вертикально вниз и одновременно скользят по наклонным поверхностям клиновых вкладышей 16, совершая одновременно встречное вращательное движение. В результате вертикальные полки П-образной заготовки обжимаются поворотными полуматрицами по поверхности фасонного пуансона.

*Гибка фасонных изделий с чередующимся профилем* осуществляется на многопуансонном штампе (см. рис. 2.26, н). Штамп включает вертикальные подпружиненные пуансоны 27 и боковые наклонные подпружиненные пуансоны 29. Количество вертикальных пуансонов определяется числом впадин профиля. Вертикальные пуансоны в процессе рабочего хода могут перемещаться друг относительно друга. Это позволяет без разрушения (разрыва) заготовки заполнить впадины матрицы 3.

Боковые наклонные пуансоны предназначены для загиба части заготовки по краям матрицы. Вертикальное перемещение боковых пуансонов сообщается от верхней части штампа через ролики 28. Горизонтальное перемещение боковых пуансонов осуществляется в результате скольжения по наклонным поверхностям. В процессе встречного горизонтального перемещения боковых пуансонов происходит загибание краев заготовки. Гибка завершается правкой и калибровкой изделия. Возврат вертикальных и наклонных пуансонов в исходное положение осуществляется пружинами 20.



## 2.4. Вытяжные штампы

Вытяжку осуществляют преимущественно на прессах простого и двойного действия. Необходимость двойного, тройного или даже многократного действия вызывается требованием соответствующего прижима исходной заготовки или полуфабриката в процессе вытяжки для исключения складкообразования.

Штампы для вытяжки классифицируют по следующим основным признакам: наличию прижима, использованию прессы простого или двойного действия и направлению вытяжки (вниз или вверх дном). В табл. 2.36 приведены соответствующие типы (I, II–IX) наиболее часто применяемых штампов.

Таблица 2.35

Основные типы штампов

Тип штампа	Направление вытяжки	
	Дном вниз	Дном вверх
Штампы без прижима, устанавливаемые на пресс простого действия:		
для первой вытяжки	I	—
для последующих вытяжек	II	—
Штампы с прижимным устройством:		
на пресс простого действия:		
для первой вытяжки	III	VI
для последующих вытяжек	—	VII
на пресс двойного действия:		
для первой вытяжки	IV	VIII
для последующих вытяжек	V	IX

Технологические схемы штампов для вытяжки дном вниз на прессе простого действия для первой вытяжки (тип I) представлены на рис. 2.27, а, б; для последующих вытяжек (тип II) — на рис. 2.27, в.

Схема конструкции для первой вытяжки с прижимом, устанавливаемым на прессе простого действия (тип III), представлена на рис. 2.28. Штамп предназначен для вытяжки и обрезки фланца заданной высоты. Круглая исходная заготовка укладывается на плоскость матрицы в отверстие трафарета 13. При движении верхней части штампа вниз прижимное кольцо 4 под воздействием буфера 5 прижимает заготовку к поверхности матрицы. Вытяжной

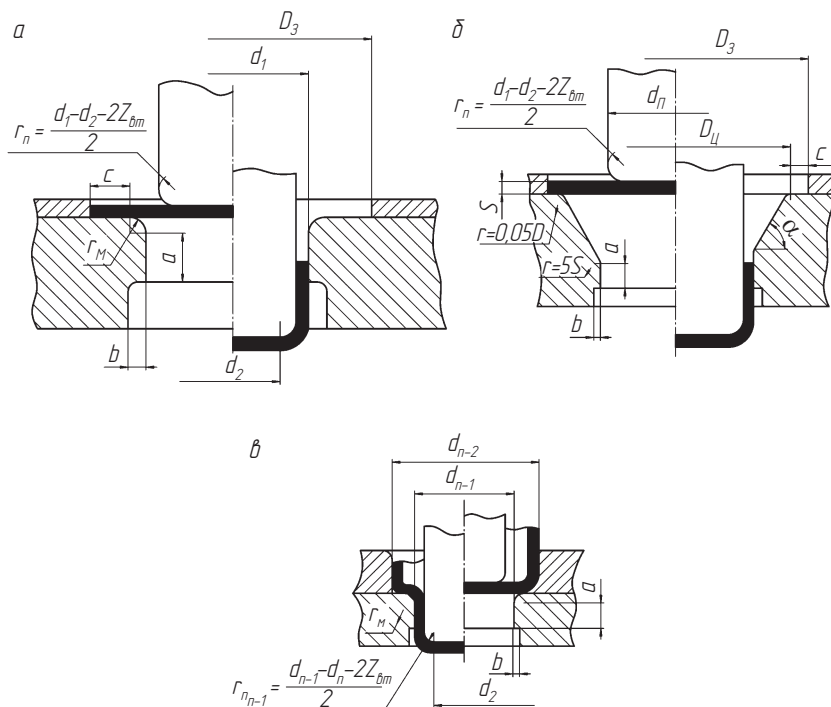


Рис. 2.27. Технологические схемы штампов для вытяжек дном вниз на прессе простого действия:

а — для первой вытяжки с цилиндрической матрицей (тип I); б — для первой вытяжки с конической матрицей (тип I); в — для последующих вытяжек (тип II)

пуансон 3, закрепленный на отрезном пуансоне 6, осуществляет вытяжку. В процессе вытяжки выталкиватель 15 опускается вниз. В конце рабочего хода отрезной пуансон 6 отделяет фланцевую часть от основного изделия.

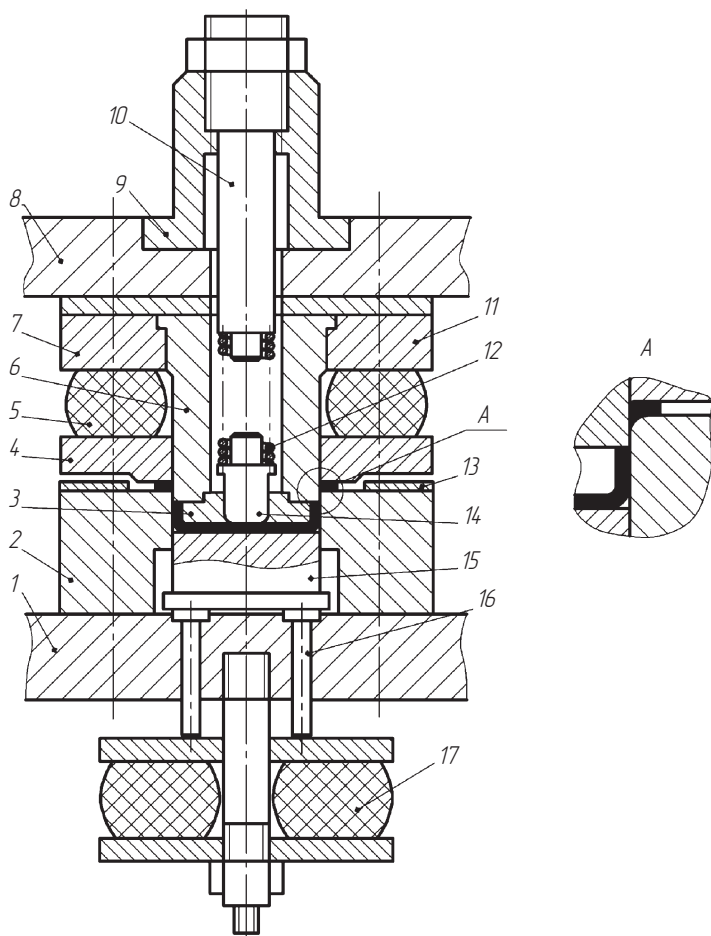


Рис. 2.28. Штамп для первой вытяжки и отрезки (тип III):  
 1 — плита; 2 — матрица; 3 — пуансон вытяжной; 4 — кольцо прижимное; 5 — буфер; 6 — пуансон отрезной; 7 — прокладка; 8 — плита верхняя; 9 — хвостовик; 10 — шпилька; 11 — пуансонодержатель; 12 — пружина; 13 — трафарет; 14 — съемник; 15 — выталкиватель; 16 — толкатель; 17 — буфер

В процессе обратного хода полученное изделие вначале удаляется из матрицы 2 выталкивателем 15, а затем снимается с пуансона съемником 14.

Штамп для первой вытяжки и вырубki заготовки, устанавливаемый на прессе двойного действия (тип IV), представлен на рис. 2.29.

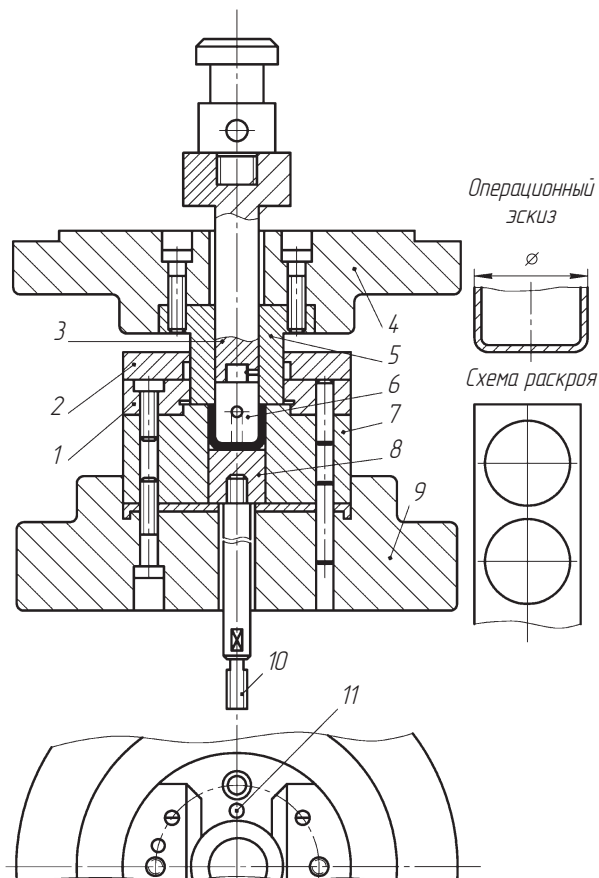


Рис. 2.29. Штамп совместного действия для вырубki и вытяжки стакана (тип IV):

1 — матрица вырубная; 2 — съемник; 3 — пуансонодержатель; 4 — плита верхняя; 5 — пуансон вырубной; 6 — пуансон вытяжной; 7 — матрица вытяжная; 8 — выталкиватель; 9 — плита нижняя; 10 — толкатель; 11 — упор

Исходной заготовкой является полоса, которую подают между направляющими съемника 2 до упора 11. Вырубка заготовки осуществляется пуансоном 5 на матрице 1. Пуансон 5 одновременно является прижимным кольцом, осуществляющим прижим заготовки. Формообразование стакана производится между вытяжным пуансоном 6 и матрицей 7. В процессе обратного хода верхней части штампа вначале поднимается вытяжной пуансон 6. Полученное изделие остается в полости матрицы 7. Затем поднимается вырубной пуансон 5, а изделие удаляется из полости матрицы выталкивателем 8.

Штамп для последующих вытяжек дном вниз на прессе двойного действия (тип V) представлен на рис. 2.30.

Предварительно полученная на первой операции полая заготовка устанавливается в выемку выталкивателя 1 и опирается на кромку матрицы 3. Прижим осуществляется стаканом 4, а вытяжка — пуансоном 2. При опускании и подъеме прижим направляется колонками и втулками 5.

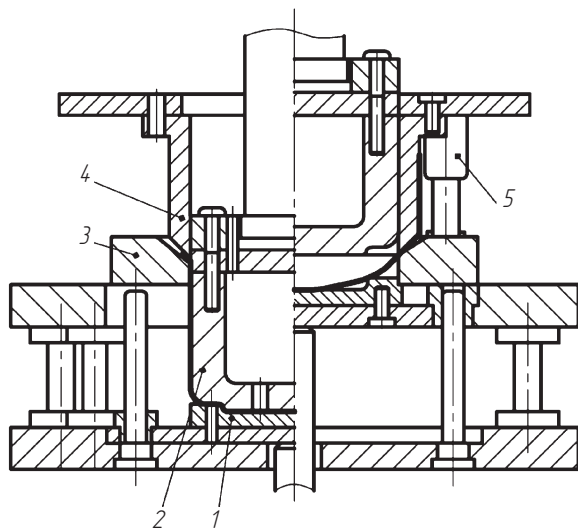


Рис. 2.30. Штамп для последующих вытяжек на прессе двойного действия (тип V):

1 — выталкиватель; 2 — пуансон; 3 — матрица; 4 — стакан прижимной; 5 — колонки и втулки

Штамп для первой вытяжки дном вверх на прессе простого действия (тип VI) представлен на рис. 2.31. Исходной заготовкой является полоса, которая подается между боковыми упорами 10 до упора 6. В процессе движения ползуна пресса вниз полоса защемляется между прижимной плитой 5 и плоскостью матрицы 4, затем пуансон-матрица 9 на матрице 4 осуществляет вырубку заготовки, и при дальнейшем движении происходит вытяжка по внутренней поверхности пуансон-матрицы 9 неподвижным пуансоном 1.

Прижимное кольцо 3 опускается и сжимает фланцевую часть заготовки, предотвращая складкообразование. При обратном ходе ползуна пресса буферное устройство через толкатель 2 поднимает прижимное кольцо 3, снимая при этом вытянутое изделие с поверхности пуансона 1. Изделие остается в полости пуансона-матрицы 9 и удаляется выталкивателем 8, усилие на который передается от коромысла пресса через толкатель 7.

Штамп для последующей вытяжки дном вверх на прессе простого действия (тип VII) представлен на рис. 2.32.

Предварительно вытянутая заготовка подается на прижимное кольцо 1. Вытяжка осуществляется подвижной матрицей 2 на неподвижном пуансоне 3. Прижимное кольцо 1 опирается на толкатели,

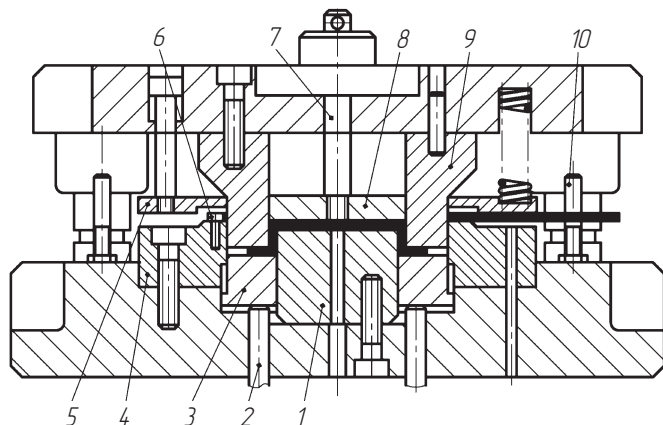


Рис. 2.31. Штамп совместного действия для вытяжки дном вверх и вырубки (тип VI):

1 — пуансон вытяжной; 2 — толкатель; 3 — кольцо прижимное; 4 — матрица вырубная; 5 — плита прижимная; 6 — упор; 7 — толкатель; 8 — выталкиватель; 9 — матрица-пуансон; 10 — упор боковой

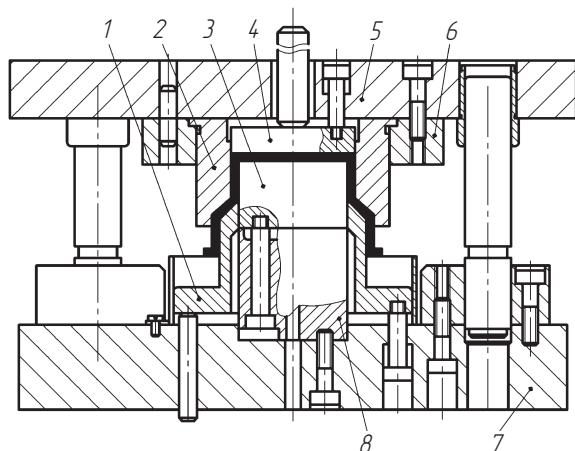


Рис. 2.32. Штмп для второй вытяжки дном вверх (тип VII):  
 1 — прижимное кольцо; 2 — матрица; 3 — пуансон; 4 — выталкиватель; 5 —  
 плита верхняя; 6 — матрицедержатель; 7 — плита нижняя; 8 — пуансонодер-  
 жатель

действующие от буферного устройства пресса. Изделие снимается с неподвижного пуансона прижимным кольцом, а из подвижной матрицы 2 удаляется выталкивателем 4, приводимым в действие коромыслом пресса.

Штмпы для вытяжки дном вверх (тип VIII, IX), предназначенные для работы на прессах двойного действия, встречаются очень редко и поэтому не рассматриваются.

## 2.5. Штмпы для вытяжки с преднамеренным утонением стенок изделия



Вытяжку с утонением применяют для изготовления глубоких, преимущественно цилиндрических заготовок (гильзы, тонкостенные трубы, баллоны и т.п.). Исходная заготовка имеет форму колпачка и изготавливается обычно однооперационной вытяжкой. Утонение при вытяжке осуществляется за счет уменьшения толщины стенок. При этом возрастает высота изделий. Толщина донной части исходной заготовки практически не претерпевает изменений. Технологические расчеты штмпов приведены в п. 1.4.2.



Конструктивная схема штампа для вытяжки с утонением представлена на рис. 2.33 (справа относительно осевой линии — начало процесса вытяжки, слева — окончание). Штамп предназначен для эксплуатации на гидравлическом прессе.

Штамп включает три стопочно установленные по высоте матрицы 6, 8, 9. Для предотвращения образования радиальных трещин матрицы запрессованы по посадке с натягом в бандажные обоймы. Матрицы и установочные кольца в корпусе 16 затягиваются в осевом направлении гайкой 4. Пуансон 1 зажимается к плите гайкой 2. Исходная заготовка в форме колпачка устанавливается

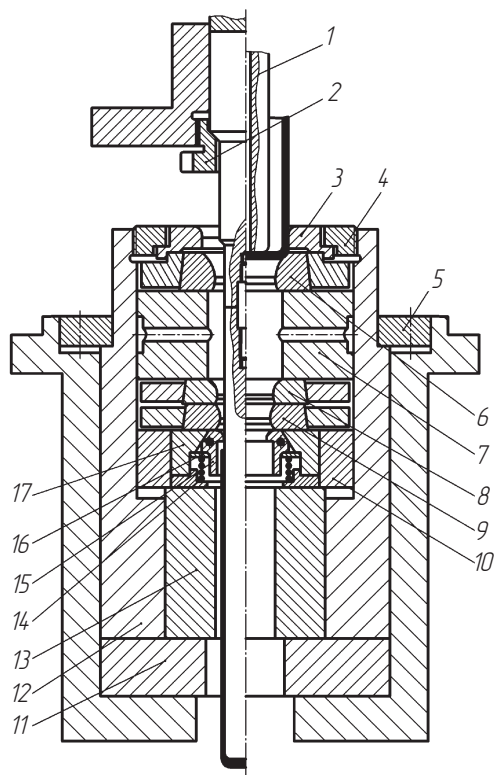


Рис. 2.33. Схема штампа для вытяжки с утонением:  
 1 — пуансон; 2, 4 — гайки специальные; 3, 7, 10 — кольца упорные; 5 — крышка; 6, 8, 9 — матрицы; 11 — плита; 12 — корпус; 13 — опора; 14 — пружина; 15 — ось; 16 — сектор поворотный; 17 — втулка

и центрируется в отверстии установочного кольца 3. Вытянутая заготовка снимается с пуансона раздвижным съемником, состоящим из трех подпружиненных секторов 12.

*Матрицы* (рис. 2.34, а) имеют форму кольца. Поверхность полости состоит из направляющей (входной) цилиндрической части диаметром  $D_{вх}$ , рабочих частей: конической с углом  $2\alpha$  при вершине и цилиндрической диаметром  $D$ , а также выходной конической части с углом при вершине  $2\beta$ . Входная часть матрицы предназначена для центрирования заготовки относительно оси матрицы, что необходимо для получения полуфабрикатов заданной точности.

Диаметр входной части матрицы рекомендуется принимать на 0,5...1,8 % больше диаметра заготовки. При вытяжке через несколько матриц направляющая часть выполняется только в верхней матрице. Иногда направляющая часть выполняется в виде отдельного кольца, высота которого составляет 0,3...0,6 диаметра калибрующего пояса.

Угол  $\alpha$  рабочей конической части поверхности матрицы (угол ската) принимается 4...22°. При коэффициенте вытяжки  $\epsilon \geq 0,5$  влияние угла  $\alpha$  на усилие вытяжки незначительно; при  $\epsilon < 0,5$  минимальное усилие наблюдается при  $\alpha = 8...14^\circ$

Угол ската 4...9° обеспечивает возможность достижения предельного формоизменения и равномерную деформацию по толщине стенки, но при этом снижается точность заготовки, увеличивается разностенность и связанные с ней косина кромки и кривизна,

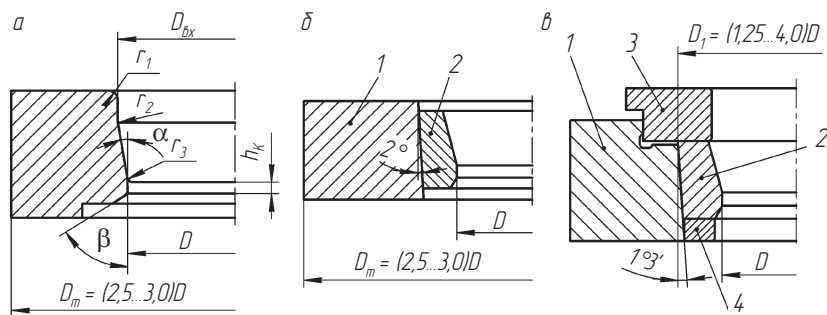


Рис. 2.34. Конструкции матриц:

а — цельная; б, в — составные бандажированные; 1 — бандаж; 2 — вкладыш; 3 — установочное кольцо; 4 — опорное кольцо

увеличиваются потери на преодоление сил трения. Высота конической части рабочей поверхности матрицы составляет 1,2...1,3 высоты очага деформации.

Калибрующий поясok обеспечивает формирование наружной поверхности заготовки. Его высоту  $h_k$  принимают равной  $(0,1...0,05)D$ . Меньшее значение принимают для матрицы большего диаметра. Увеличение высоты калибрующего пояса практически не влияет на усилие вытяжки, но увеличивает возможность налипания металла на поверхность матрицы.

Сопряжение рабочих поверхностей выполняется тороидальной поверхностью радиусом  $r_3 = (0,5...1,0)h_k$ .

Выходная часть матрицы оформляется в виде конуса с углом  $\beta$ , равным  $20^\circ$  или  $70^\circ$ . При  $\beta = 70^\circ$  обеспечивается возможность съема полуфабриката упором. В этом случае кромка, образованная пересечением поверхностей калибрующего пояса и выходного ската матрицы, выполняется острой. Съем упором в выходной конус матрицы возможен при степенях деформации не более 40 % и при глубине заготовки не более двух диаметров.

Выполнение угла  $\beta = 20...60^\circ$  обеспечивает благоприятные условия работы калибрующего пояса (исключает его выкрашивание), но при этом необходимо специальное устройство для съема заготовки с пуансона.

Для снижения себестоимости заготовок и уменьшения расхода инструментальных сталей рекомендуется применять сборные матрицы (рис. 2.34, б). Вкладыш 2 запрессовывается в бандаж 1 с натягом  $(0,0035...0,0040)D$ .

Второй тип составной матрицы (рис. 2.34, в) обеспечивает возможность регулирования диаметра  $D$  калибрующего пояса за счет изменения глубины запрессовки при смене опорного кольца 4.

В процессе эксплуатации сборных матриц из строя выходит только вкладыш (царапины, задиры). Вкладыши можно подвергать многократному восстановлению путем шлифования, полирования и хромирования. Увеличение калибрующей части в этом случае можно компенсировать увеличением глубины запрессовки.

Применяют два типа крепления матриц — жесткое и плавающее. В последнем случае матрица имеет возможность радиального смещения и самоустанавливается по пуансону.

Рабочая поверхность пуансона имеет форму конуса (рис. 2.35, *a*) и сопрягается с торцом тороидальной поверхностью радиусом  $r_{\text{п}}$ , который составляет 0,5...2 толщины донной части заготовки. Минимальная длина пуансона складывается из высот: исходной заготовки, матриц с центрирующими кольцами, наибольшей глубины заготовки, высоты съемника, свободного хода пуансона и высоты его крепления. Профиль пуансона на каждом переходе следует подгонять по профилю заготовки на предыдущем переходе.

Минимальный зазор ( $0,003d_{\text{п}}$ ) обеспечивает центрирование заготовки по пуансону и тем самым получение детали требуемой точности. Меньший зазор может привести к недоходу торца пуансона до дна заготовки, следствием чего будет образование внутреннего уступа в нижней части изделия. Большой зазор между пуансоном и заготовкой требует либо жесткого крепления матриц, либо применения центрирующей втулки, которая сопрягается с цилиндрической частью пуансона и внутренней поверхностью изделия.

Как правило, в пуансонах, диаметр которых превышает 80 мм, выполняется сквозное осевое отверстие. Такое отверстие обеспечивает интенсивное и равномерное охлаждение пуансона во время термической обработки и предназначено для выхода смазывающей эмульсии и воздуха во время вытяжки.

Конструкции хвостовой части пуансонов показаны на рис. 2.35, *б–д*. Конструкции типов *б, в* применяются при диаметре пуансона до 30...50 мм; при больших размерах используются крепления типов *з, д*.

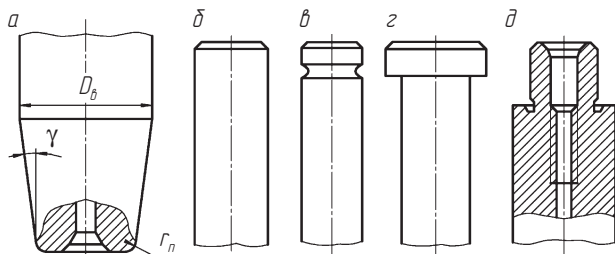


Рис. 2.35. Конструкции пуансонов:  
*a* — рабочая часть; *б–д* — хвостовые части

Диаметр конической части пуансона на промежуточном переходе

$$d_k = d_{\text{п}} [1 + 0,003(1 + n - k)],$$

где  $k$  — порядковый номер перехода;  $n$  — число переходов.

Диаметр матрицы определяется в сечении, имеющем наибольшее относительное уменьшение площади поперечного сечения заготовки

$$D_k = \sqrt{1,27F_k^2 + d_k^2},$$

где  $F_k$  — площадь поперечного сечения заготовки на  $k$ -м переходе;  $d_k$  — диаметр пуансона на  $k$ -м переходе.

При малой конусности пуансона, большой глубине и малой стенке заготовки ее съем с пуансона с помощью выходного ската матрицы приводит к затягиванию обратно в матрицу и разрушению. В этих случаях применяются специальные устройства — *съемники* (рис. 2.36).

Съемники устанавливаются под матрицей. Часто корпус съемника служит для матрицы опорой. Заготовки снимаются с пуансона раздвижными или поворотными элементами.

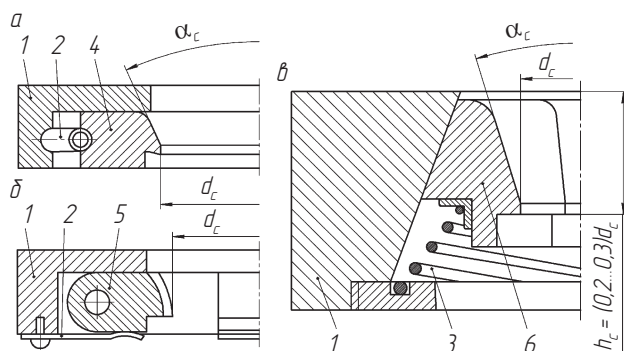


Рис. 2.36. Конструкции съемников:

$a, в$  — раздвижные;  $б$  — поворотный; 1 — корпус; 2, 3 — пружины; 4 — сектор раздвижной цилиндрической; 5 — кулачок поворотный; 6 — сектор раздвижной конической



## 2.6. Штампы для гидромеханической вытяжки

Процесс гидромеханической вытяжки состоит в деформировании заготовок жестким пуансоном «в жидкостной матрице». Этим способом можно получать изделия цилиндрической, сферической, параболической, конической формы из высокопрочных материалов, из сплавов с низкими показателями пластичности, материалов, склонных к схватыванию с материалом инструмента. Преимуществами процесса гидромеханической вытяжки являются:

- активное влияние сил трения между пуансоном и заготовкой, возникающих при прижатии заготовки к поверхности пуансона давлением жидкости;
- значительное снижение сил трения между заготовкой и матрицей;
- возможность получения изделий с большими степенями деформации за один переход.

Существуют две основные схемы реализации процесса: гидромеханическая вытяжка с вытеснением жидкости из жесткой матрицы через регулируемый клапан и гидромеханическая вытяжка с вытеснением жидкости через зазор между фланцем заготовки и торцевой поверхностью матрицы.

С точки зрения простоты осуществления и технологических возможностей наиболее перспективной является вытяжка с вытеснением жидкости через зазор. Процесс вытяжки по этой схеме может осуществляться как из плоских, так и пространственных заготовок с прижимом и без прижима.

По своей конструкции штампы для гидромеханической вытяжки отличаются от штампов обычной вытяжки следующими особенностями: глухая рабочая полость матрицы; наличие в полости матрицы жидкости высокого давления; необходимость в заполнении матрицы рабочей жидкостью и отводе ее при штамповке из-под фланца или стенки заготовки (последующие переходы).

Схема конструкции штампа для первой вытяжки с вытеснением жидкости через зазор из плоской заготовки представлена на рис. 2.37, а.

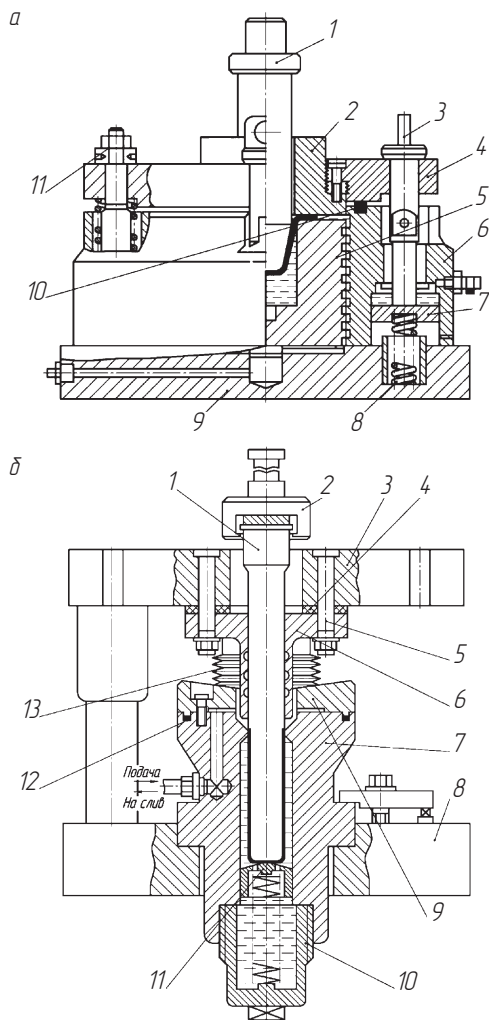


Рис. 2.37. Схема штампа для гидромеханической вытяжки:

*a* — для первой вытяжки с вытеснением жидкости через зазор из плоской заготовки: 1 — пуансон; 2 — прижим; 3 — тяга; 4 — крышка; 5 — матрица; 6 — корпус; 7 — поршень; 8 — пружина; 9 — плита; 10 — уплотнение; 11 — гайка;  
*б* — для последующих переходов гидромеханической вытяжки: 1 — пуансон; 2 — хвостовик; 3 — плита верхняя; 4 — компенсатор; 5 — болт; 6 — прижим; 7 — матрица; 8 — плита нижняя; 9 — фиксатор; 10 — стакан; 11 — выталкиватель; 12 — уплотнение; 13 — сильфонная защита

Штамп включает пуансон 1, крепящийся непосредственно в ползуна пресса. Прижим 2 соединяется с крышкой 4 и сопрягается с корпусом 6. Матрица 5 размещена в корпусе 6 и торцом опирается на плиту 9. На наружной поверхности матрицы выполнена винтовая канавка, сообщающаяся со сливными отверстиями. В корпусе имеется отверстие гидроцилиндра, внутри которого размещен подпружиненный поршень 7. Перемещение поршня вниз осуществляется тягой 3, а подъем производится пружиной сжатия 8. Между торцевыми поверхностями крышки и корпуса размещено уплотнение 10.

Штамп работает следующим образом. Плоская заготовка укладывается на торец матрицы. Прижим 2 устанавливается в отверстие корпуса 6, а крышка 4 затягивается гайками 11. Откидная тяга 3 вводится в паз крышки и поджимается гайкой.

В процессе рабочего хода ползуна пресса пуансон 1 входит в отверстие прижима и внедряется в заготовку. При этом в полости матрицы создается давление, а между поверхностями заготовки и торцом матрицы образуется зазор, заполняемый жидкостью. В результате между поверхностями имеет место жидкостное трение, способствующее перемещению заготовки относительно поверхности матрицы. Под действием давления жидкости заготовка приобретает форму жесткого пуансона. Избыток жидкости выдавливается из полости штампа через винтовую канавку и сливные отверстия. Одновременно поршень под действием тяги 3 опускается вниз, а полость гидроцилиндра заполняется жидкостью.

При обратном ходе ползуна пресса пуансон 1 выводится из штампа, крышка вместе с прижимом снимается, готовое изделие извлекается из штампа. При этом автоматически происходит заполнение полости матрицы жидкостью, которая выдавливается из полости гидроцилиндра поршнем 7.

На рис. 2.37, б представлен штамп для последующих переходов гидромеханической вытяжки. Штамп предназначен для использования на прессах двойного действия.

Сменный пуансон 1 устанавливается с помощью плавающего хвостовика 2 во внутреннем ползуна пресса. В процессе движения пуансон направляется по отверстию прижима 6, который через компенсаторы 4 болтами 5 крепится в верхней плите 3. Сменная матрица 7 прихватами закреплена на нижней неподвижной плите 8.



На верхнем торце матрицы установлен фиксатор 9. Между торцами матрицы размещено металлическое уплотнение 12. Во избежание разбрызгивания жидкости предусмотрена сильфонная защита 13. К нижнему торцу матрицы крепится резбовой стакан 10, заполняемый жидкостью. Внутри матрицы размещен подпружиненный выталкиватель 11. В матрице выполнены отверстия для подачи и слива жидкости.

Для обеспечения равномерности зазора между пуансоном и матрицей штамп оснащен направляющими колонкой и втулкой. Величина зазора выбирается в пределах  $(1,1...1,2)S_0$  на первом переходе и  $(1,2...1,5)S_0$  на последующих, где  $S_0$  — исходная толщина заготовки.

Штамп работает следующим образом. Исходная заготовка устанавливается в отверстии фиксатора 9. При движении вниз наружного ползуна прижим 6 входит в заготовку и фиксирует ее положение. В процессе последующего движения внутреннего ползуна пресса пуансон 1 внедряется в донную часть заготовки. При этом в полости матрицы поднимается давление, под действием которого заготовка принимает форму жесткого пуансона. Одновременно жидкость проникает в зазор между стенками заготовки и суженной частью матрицы, обеспечивая жидкостное трение. Избыток жидкости вытекает через сливные отверстия. При обратном ходе ползунов пресса изделие удаляется из полости матрицы подпружиненным выталкивателем 11, а полость заполняется жидкостью.

Штампы для гидромеханической вытяжки позволяют достичь и даже превысить предельные значения коэффициентов вытяжки. Количество переходов с вытяжкой на обычных штампах сокращается в разы. Один штамп для гидромеханической вытяжки может заменить несколько механических штампов.



## 2.7. Штампы для холодного выдавливания

### 2.7.1. Универсальные блоки и пакеты

Штампы для холодного выдавливания нормализованы и включают универсальные блоки и пакеты, предназначенные для осуществления прямого, обратного и комбинированного выдавливания (см. табл. 1.36). Применяются блоки без направляющих и с направ-

ляющими колонками. Блоки без направляющих колонок могут использоваться только на специализированном оборудовании, отличающемся повышенной жесткостью.

**Универсальные блоки и пакеты для прямого прессования** (рис. 2.38, а; 2.39, а) включают фланец 11, предназначенный для крепления верхней подвижной части штампа к ползуну пресса. В цилиндрической части центрального отверстия фланца размещается опорный вкладыш 10, а в конической части отверстия — цанга 9, в которой зажимаются сменные пуансоны. Гайкой 7 осуществляется затягивание подпружиненной цанги и находящегося в ней пуансона.

Нижняя неподвижная часть штампа включает основание 2, устанавливаемое и закрепляемое на столе пресса. В отверстии основания размещаются матрицедержатель 3 и специальная гайка 5. Внутри конического отверстия гайки устанавливаются сменные матрицы.

Центрирование формобразующих элементов осуществляется выставлением матрицы 3 по пуансону 4 (рис. 2.39, а). Для этого предназначена центрирующая втулка 2.

Выставленная сборка: матрицедержатель 3, гайка 5 и матрица фиксируются в основании стопорными винтами 15 и контргайками 16 (см. рис. 2.38, а). Для предотвращения во время работы случайного поворота матрицы или пуансона при выдавливании изделия некруглой формы, что может вызвать поломку штампа и аварию, в блоке предусмотрены специальные штифты 4, 12.

Удаление готового изделия из матрицы осуществляется выталкивателем 1 (см. рис. 2.39, а), который приводится в действие буферным устройством пресса. Сжатие буферного устройства производится толкателями 13 (см. рис. 2.38, а) в процессе рабочего хода.

**Универсальные блоки и пакеты для обратного выдавливания** (рис. 2.38, б; 2.39, б) отличаются от аналогичных узлов для прямого выдавливания конструкцией съемного устройства, которое размещается на основании 2 и состоит из подпружиненной плиты 11, перемещающейся по направляющим колонкам 6 и втулкам 12.

На плите съема смонтирован раздвигающийся съемник 4 (см. рис. 2.39, б), который плотно охватывает поверхность пуансона 2. В процессе рабочего хода подпружиненная плита съема совместно с верхней частью штампа опускается вниз. При обратном ходе плита съема сжатыми пружинами 7 (см. рис. 2.38, б) поднимается вверх, жестко упирается в торец гаек 14 и останавливается. Пуансон

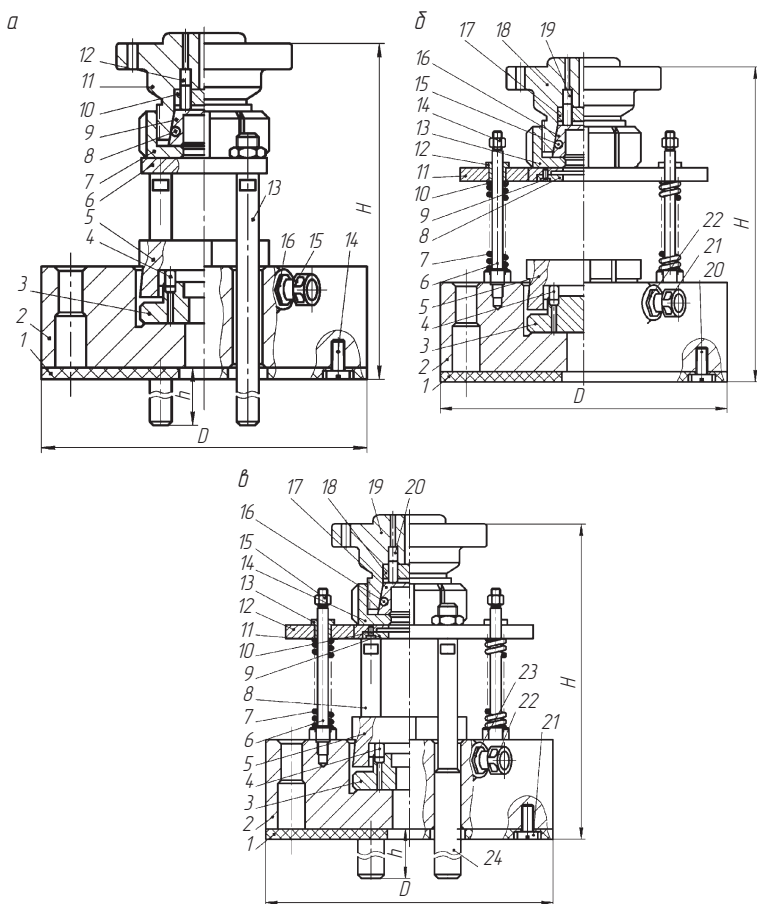


Рис. 2.38. Универсальные блоки для выдавливания:

*a* – прямого (1 – прокладка; 2 – основание; 3 – матрицедержатель; 4, 12 – штифты; 5, 7 – гайки специальные; 6 – плита подвижная; 8 – пружина; 9 – цанга; 10 – вкладыш; 11 – фланец; 13 – толкатель; 14 – винт; 15 – болт; 16 – контргайка); *б* – обратного (1 – прокладка; 2 – основание; 3 – матрицедержатель; 4, 19 – штифты; 5, 13 – гайки специальные; 6 – колонка; 7, 15 – пружины; 8, 10 – шайбы; 9, 20, 21 – винты; 11 – плита съема; 12 – втулка; 14, 22 – гайки; 16 – цанга; 17 – вкладыш; 18 – фланец); *в* – комбинированного (1 – прокладка; 2 – основание; 3 – матрицедержатель; 4, 20 – штифты; 5, 14, 15, 23 – гайки; 6 – колонка; 7, 16 – пружины; 8, 24 – толкатели; 9, 11 – шайбы; 10, 21, 22 – винты; 12 – плита подвижная; 13 – втулка; 17 – цанга; 18 – вкладыш верхний; 19 – фланец)

с выдавленным изделием продолжает движение вверх. Изделие при этом ударяется торцом в съемник и снимается с поверхности пуансона.

**Универсальные блоки и пакеты для комбинированного выдавливания** принципиально не отличаются от соответствующих

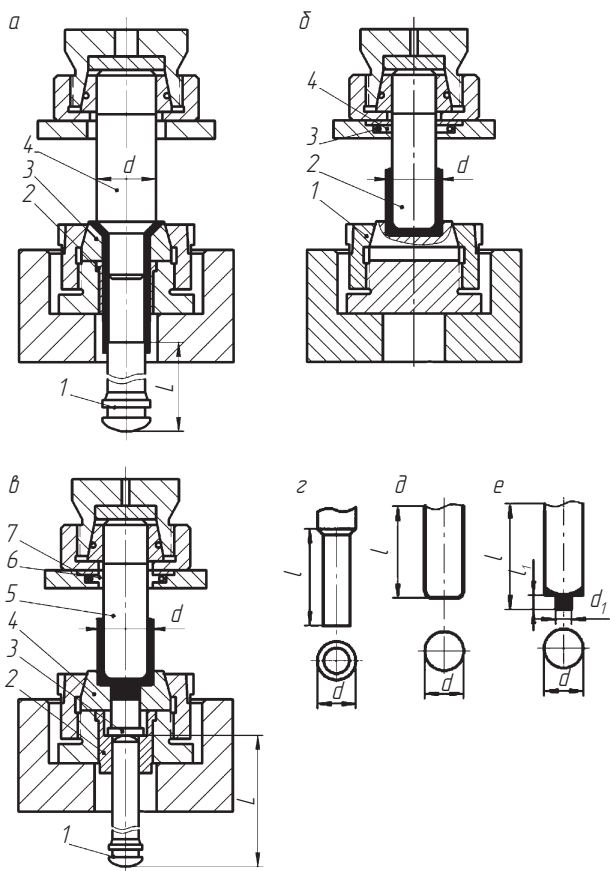


Рис. 2.39. Сменные пакеты для выдавливания:

*a* – прямого (1 – выталкиватель; 2 – втулка; 3 – матрица; 4 – пуансон); *б* – обратного (1 – матрица; 2 – пуансон; 3 – пружина; 4 – съемник секционный); *в* – комбинированного (1 – выталкиватель; 2 – втулка; 3 – толкатель; 4 – матрица; 5 – пуансон; 6 – съемник секционный; 7 – пружина); *z-e* – форма изделий, получаемых, соответственно, прямым, обратным и комбинированным выдавливанием

узлов для прямого и обратного выдавливания. Они могут содержать одновременно выталкиватели и съемники, конструкции которых аналогичны рассмотренным выше.

Универсальные блоки с направляющими колонками (рис. 2.40) могут использоваться на универсальном оборудовании. Использование блоков с колонками имеет ряд преимуществ с точки зрения хранения, установки и съема с пресса и транспортировки. С целью повышения точности и жесткости целесообразно применять штампы с четырьмя колонками, расположенными по углам.

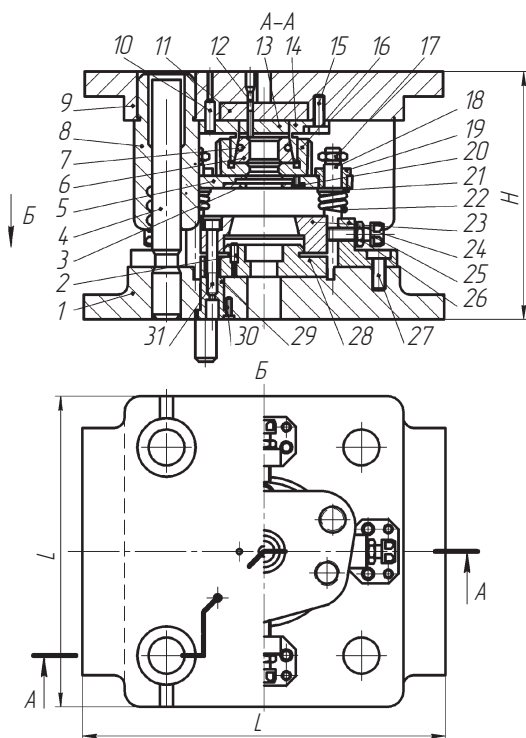


Рис. 2.40. Универсальный блок с направляющими колонками для прямого прессования:

1, 9 — плиты нижняя и верхняя; 2 — втулка направляющая; 3 — пружина; 4 — цапга; 5 — плитка подвижная; 6 — колонка; 7, 10, 12 — штифт; 8, 15, 20, 22, 25 — винт; 11 — плитка подкладная; 13, 23 — вкладыши; 14, 18 — фланец; 16, 17, 21 — гайки; 19 — упор; 24 — пробка; 26 — толкатель; 27, 30, 31 — винты; 28 — матрица; 29 — втулка

Основные размеры блоков без направляющих и с направляющими колонками для прямого, обратного и комбинированного выдавливания приведены, соответственно, в табл. 2.37–2.39.

Таблица 2.37

**Основные размеры штамповых блоков для прямого выдавливания  
(рис. 2.38, а; 2.39, а), мм**

Наибольшие размеры штампуемых изделий		Штамповочные блоки без направляющих колонок		Штамповочные блоки с направляющими колонками			
$d$	$l$	$D$	$H$	$B$	$L$	$H$	$h$
25	60	320	275	300	400	240	$l + 15$
36	80	360	290	400	520	310	
50	100	400	325	400	520	320	

Примечание.  $B \times L$  – габаритные размеры в плане.

Таблица 2.38

**Основные размеры штамповых блоков для обратного выдавливания  
(рис. 2.38, б; 2.39, б), мм**

Размеры штампуемых изделий			Штамповочные блоки без направляющих колонок			Штамповочные блоки с направляющими колонками			
$d$	$l_{\max}$	$l_{\min}$	$D$	$H_{\max}$	$H_{\min}$	$B$	$L$	$H_{\max}$	$H_{\min}$
25	70	20	320	330	280	300	400	330	280
36	110	25	360	385	300	400	520	380	300
50	140	32	400	445	335	400	520	435	325

Примечание.  $B \times L$  – габаритные размеры в плане.

Таблица 2.39

**Основные размеры штамповых блоков для комбинированного выдавливания (рис. 2.38, в; 2.39, в), мм**

Размеры штампуемых изделий				Штамповочные блоки без направляющих колонок						Штамповочные блоки с направляющими колонками					
$d$ , наибольшее	$d_1$ , наименьшее	$l_{\max}$	$l_{\min}$	$l_{1\max}$	$D$	$H_{\max}$	$H_{\min}$	$h$	$l_1$	$B$	$L$	$H_{\max}$	$H_{\min}$	$h$	
															25
36	14	125	40	14	360	385	300	$l_1 + 5$	14	400	520	385	300	$l_1 + 5$	
50	20	160	50	20	400	445	335	—	20	—	—	445	335	—	

Примечание.  $B \times L$  – габаритные размеры в плане.

### 2.7.2. Конструирование формообразующих деталей штампов для холодного выдавливания

**Пуансоны и оправки.** Типовые конструкции пуансонов представлены на рис. 2.41.

Пуансоны для **прямого выдавливания** можно разделить на пуансоны без оправок (рис. 2.41, а, б) и пуансоны с оправками (рис. 2.41, в). *Пуансоны без оправок* рекомендуется выполнять со скошенным торцом под углом  $1...2^\circ$  (рис. 2.41, б).

Размер  $d$  принимается по размеру контейнера матрицы так, чтобы обеспечивался зазор между ними, равный  $0,2...0,5$  мм для компенсации упругих деформаций сжатия пуансона. Остальные размеры рекомендуется принимать из следующих соотношений:

$$D = (1,1...1,5)d; R = 0,1d; h = 5...15 \text{ мм};$$

$$L_{\text{п}} = (1,5...2,5)d; 2\alpha_1 = 60^\circ.$$

Оправки применяются для ограничения радиального течения металла и получения полости заданных поперечных размеров (рис. 2.41, в). Применять сплошные *пуансоны с оправкой* нецелесообразно, так как во время выдавливания оправка под действием изгибающих и растягивающих напряжений отрывается. Торцы пуансона и поверхность оправки шлифуются и полируются. Для облегчения извлечения оправки из поковки рабочая часть выполняется конической с углом  $30^\circ$ .

Пуансоны для **обратного выдавливания** претерпевают нагрузку на 20 % большую по сравнению с другими схемами штамповки. Напряженное состояние рабочей части пуансонов зависит от конструктивного оформления головки пуансона, радиусов переходов, угла конусности торца, наличия и размеров площадки на торце головки и др.

В типовой конструкции пуансона для обратного выдавливания (рис. 2.41, г) размер пояска  $d$  назначается по максимально допустимому размеру полости заготовки; остальные размеры назначаются из соотношений:

$$2\alpha \leq 150^\circ; 2\alpha_1 = 40...60^\circ; d_1 = (0,2...0,5)d; D_1 = 1,5d;$$

$$D \approx 2d; l_k = (2...3) \text{ мм}; R = 0,2d; h = 5...15 \text{ мм};$$

$$L_{\text{п}} = (1,5...2,5)d; z = (0,05...0,15) \text{ мм}.$$

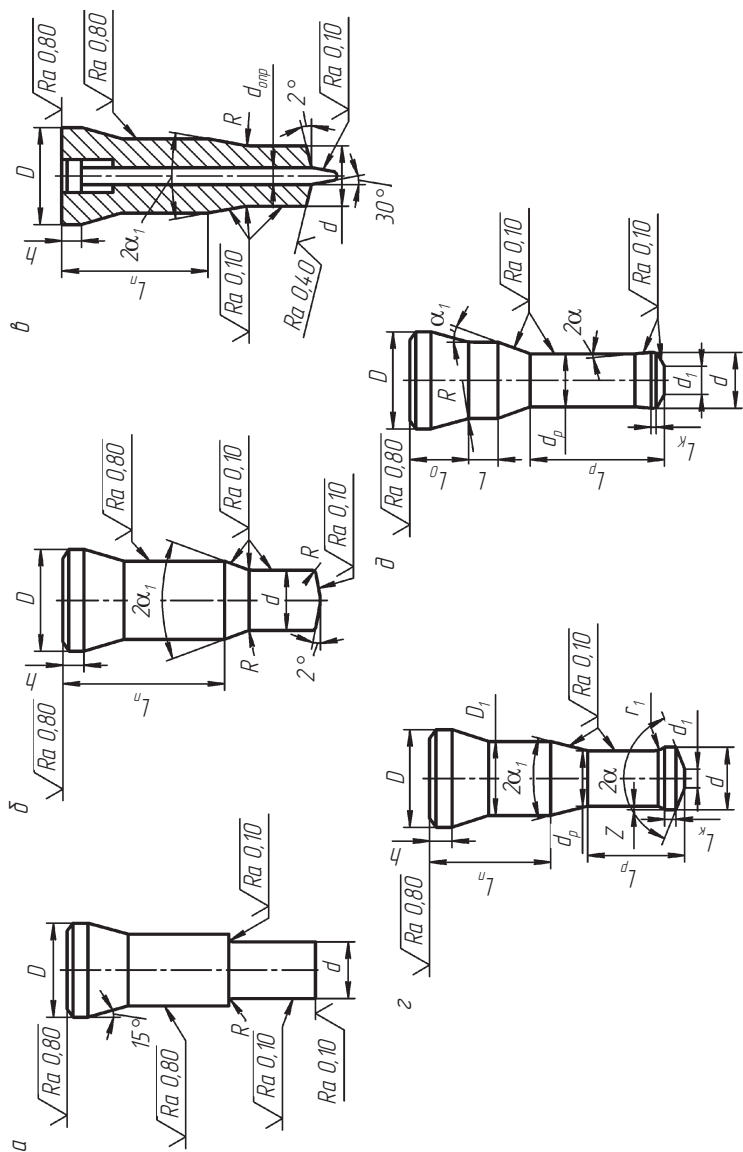


Рис. 2.41. Типовые конструкции пуансонов для прямого (а–е) и обратного (ж, д) выдавливания



Конструкция пуансона (рис. 2.41, *д*) также обеспечивает высокую стойкость. Основные размеры пуансона определяются соотношениями:

$$d_1 = d - [2R + (0,2...0,3)d]; \quad l_k = 0,3\sqrt{d}...0,7\sqrt{d}$$

$$2\alpha = 160...170^\circ; \quad R = 0,05d...0,1d.$$

Твердосплавный пуансон для обратного выдавливания представлен на рис. 2.42. Плавные переходы в поперечном сечении, малые различия в диаметрах и малая высота способствуют тому, что при ударном приложении нагрузки пуансон может обеспечить достаточно высокую работоспособность. Твердосплавные пуансоны рекомендуется применять в тех случаях, когда стальные пуансоны выходят из строя вследствие износа, а не поломок.

Геометрические размеры твердосплавных пуансонов определяются из соотношений:

$$R_1 = 0,05d; \quad d_1 = d - (2R_1 + 0,2d); \quad d_2 = d - (0,1...0,2) \text{ мм};$$

$$d_4 = 1,3d_1; \quad R_2 = 0,2d_1...0,4d_1; \quad b = \frac{\sqrt{d}}{4};$$

$$\alpha = 5...7^\circ; \quad \beta = 4...5^\circ; \quad \gamma = 15...30^\circ.$$

**Матрицы.** Конструкция матрицы, геометрия формообразующих частей зависят от вида технологической операции, усилия штамповки, формы и размеров деформируемой заготовки. Матрица для калибровки обычно имеет две полости: верхнюю рабочую, размеры которой определяются требуемыми размерами заготовки,

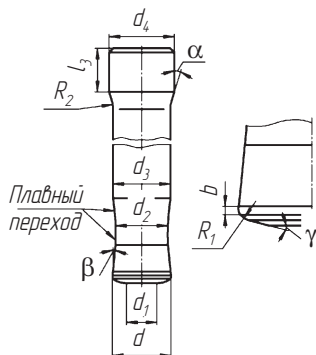


Рис. 2.42. Твердосплавный пуансон для обратного выдавливания

и нижнюю, в которой устанавливается выталкиватель (рис. 2.43, а). Для того чтобы избежать появления трещин в месте перехода от рабочей полости к фаске нижней полости, необходимо предусмотреть плавный радиусный переход. Для повышения стойкости матрицы перепад диаметров рабочей полости и полости для выталкивания должен быть минимальным. После 50–100 ударов увеличивается рабочая полость матрицы непосредственно в зоне деформации, что повышает силу выталкивания. Для уменьшения влияния износа на силу выталкивания полость матрицы выполняется с небольшой конусностью (до  $1^\circ$ ).

Матрица для **прямого выдавливания** имеет цилиндрическую заходную полость, которая служит для установки заготовки, формообразующую полость для придания заготовке соответствующей формы, и нижнюю полость, обеспечивающую направление движения выдавленной заготовки (рис. 2.43, б). Высота заходной полости определяется требуемой высотой заготовки и величиной захода пуансона в матрицу перед выдавливанием, которая назначается в пределах 5...10 мм. Большая высота заходной полости приводит к увеличению сил трения в начальный момент штамповки и значительному увеличению давления на пуансон. Поэтому рекомендуется, чтобы отношение высоты заходной полости к ее диаметру не превышало 10.

Формообразующая полость состоит из переходной части от цилиндрической заходной части к формообразующему пояску и самого пояска.

Для получения сплошных деталей обычно применяются матрицы, имеющие коническую переходную часть с углом при вершине  $2\alpha = 70...90^\circ$ , что обеспечивает технологичность изготовления, достаточно равномерное и плавное распределение нагрузки в процессе выдавливания, необходимое для увеличения продолжительности срока службы матрицы. При уменьшении угла  $2\alpha$  до  $30^\circ$  возникают большие напряжения на боковых стенках матрицы, возможно полное снятие смазочного материала с поверхности заготовки. Увеличение угла  $2\alpha$  до  $160...180^\circ$  вызывает рост давления. Важным фактором, определяющим стойкость матрицы, является радиус  $r_1$  перехода от цилиндрической части в коническую и от нее — к формообразующему пояску (см. рис. 2.43, б), который выполняется для уменьшения трения и давления на инструмент.

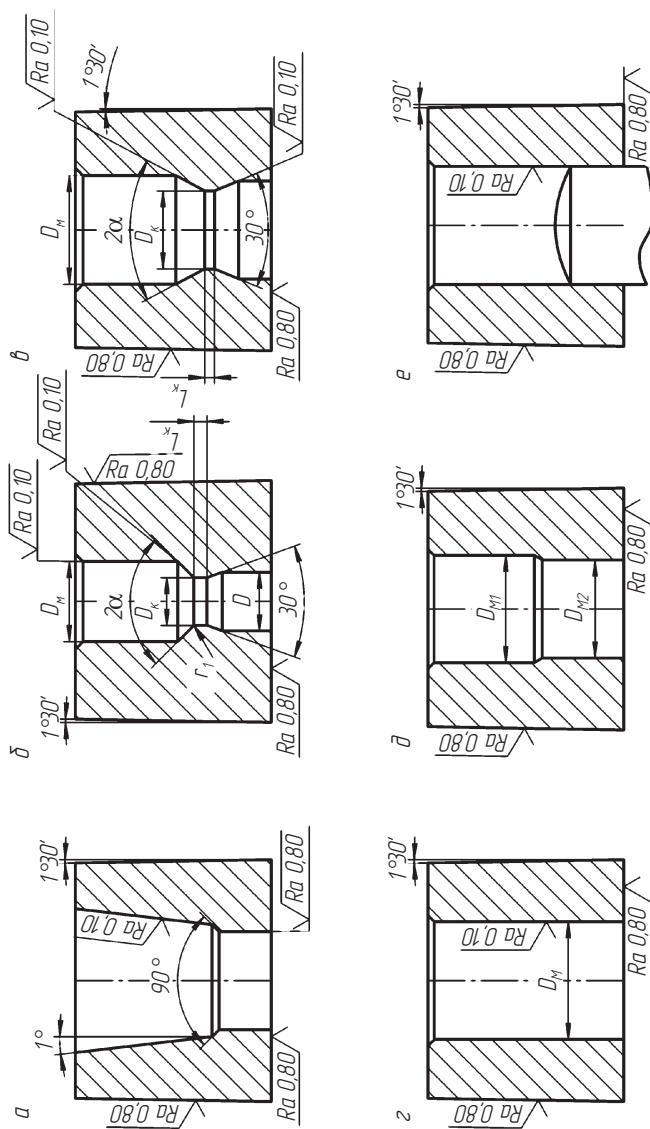


Рис. 2.43. Конструкции матриц:

*a* — для калибровки; *б* — прямого выдавливания; *в* — редуцирования; *г-е* — обратного выдавливания

Высота формообразующего пояска обычно определяется по формуле

$$L_k = (0,8...1,2)\sqrt{D_m}.$$

Для матрицы, показанной на рис. 2.43, б, диаметры  $D_m$  и  $D_k$  назначаются по минимально допустимым размерам готовых изделий; остальные размеры:  $r_1 = 0,1D_m$ ;  $L_k = 0,2D_k$ . Если выдавливаемая часть деталей имеет значительную длину, то на некотором расстоянии от калибрующего пояска предусматривают направляющий поясок с размером  $D = D_k + 0,1$  мм с целью обеспечения прямолинейности поверхности выдавливаемой детали.

Полость матрицы для редуцирования по конфигурации аналогична полости матрицы для прямого выдавливания (см. рис. 2.43, в). Основное отличие заключается в том, что контейнер для загрузки заготовок значительно более короткий и меньше угол конической переходной части ( $2\alpha \leq 30^\circ$ ). При редуцировании заготовок из углеродистых сталей контейнер обычно служит только для центрирования заготовки, а длина не превышает  $(1...1,5)D_m$ . Остальные размеры, как и у матриц, для прямого выдавливания.

Матрицы для **обратного выдавливания** выполняются с верхней частью и полостью, соответствующей форме и размерам получаемой заготовки (рис. 2.43, г–е). В нижнюю часть полости устанавливается выталкиватель, торцовая поверхность которого является формообразующей поверхностью донной части заготовки. Если в дне заготовки не предусматривается получение фасок или уступов, то матрица имеет гладкую сквозную полость (рис. 2.43, г), а если предусматривается, то матрица имеет ступенчатую форму (рис. 2.43, д). В последнем варианте выталкиватель необходимо точно установить относительно ступеньки матрицы с учетом его упругой деформации во время выдавливания, иначе ухудшаются условия течения металла. При выдавливании стаканов с относительно тонким дном наблюдается отклонение формы дна из-за утягивания вверх его краев. Когда высота очага деформации не превосходит толщины дна стакана, происходит интенсивное течение металла краевой зоны в зазор между пуансоном и матрицей, в результате чего периферийные слои нижнего торца выдавливаемого стакана отделяются от дна матрицы. Утяжка может быть устранена, если рабочий торец выталкивателя выполнить со скошенными краями (рис. 2.43, е).

Стенки сквозной рабочей полости выполняются строго цилиндрическими или для облегчения выталкивания — с уклоном около  $1^\circ$ . Величина уклона зависит от толщины стенки детали, высоты заготовки и требуемой точности. Глубина рабочей полости матрицы определяется высотой заготовки, которая при загрузке в матрицу должна быть ниже верхнего ее торца не менее чем на 5 мм.

## 2.8. Штампы для холодного гидропрессования



Процесс гидропрессования представляет разновидность прямого прессования, при котором передача давления на деформируемую заготовку осуществляется через жидкую среду. При этом заготовка помещается в контейнер и заходным конусом перекрывает отверстие формообразующего инструмента — матрицы. Между боковыми поверхностями заготовки и стенками контейнера имеется зазор. Полость контейнера заполняется рабочей жидкостью и перекрывается пуансоном. На пуансоне и матрице установлены уплотнения. При перемещении пуансона давление жидкости возрастает и при определенном давлении начинается истечение металла через отверстие матрицы.

Высокое давление в рабочей камере контейнера может создаваться как перемещением пуансона, так и внешним источником жидкости высокого давления.

При прессовании жидкостью реализуется наиболее благоприятная для увеличения технологической пластичности материала заготовки схема напряженного состояния — неравномерное всестороннее сжатие. Деформация заготовки осуществляется в режиме жидкостного контактного трения.

По сравнению с механическим выдавливанием гидропрессование имеет следующие основные преимущества:

- вследствие малых сил контактного трения усилия деформирования снижаются на 20...40 %, повышается стойкость инструмента;

- отсутствие контакта недеформируемой части заготовки с контейнером позволяет деформировать заготовки различных размеров и поперечного сечения из одного контейнера;

□ прессование жидкостью обеспечивает получение изделий с мелкозернистой структурой, улучшает физико-механические характеристики металла, позволяет обрабатывать труднодеформируемые материалы.

На рис. 2.44 показан штамп для прямого гидропрессования прутков. Штамп предназначен для эксплуатации на обычном универсальном гидравлическом прессе. Работа штампа осуществляется следующим образом. Усилие прессы через подвижную траверсу 1 и опорную плиту 2 передается на плунжер 3, который создает гидростатическое давление рабочей жидкости 6, находящейся в полости многослойного контейнера 4. Матрица 7 установлена в матрицедержателе 8 и сопрягается с внутренней поверхностью контейнера. Передняя часть заготовки 5 точно сопрягается с входной поверхностью матрицы. Плунжер, двигаясь вниз, создает давление, достаточное для выдавливания заготовки через матрицу.

Вспомогательная гидросистема прессы посредством колонок 10 в процессе прессования прижимает контейнер к матрицедержателю 8.

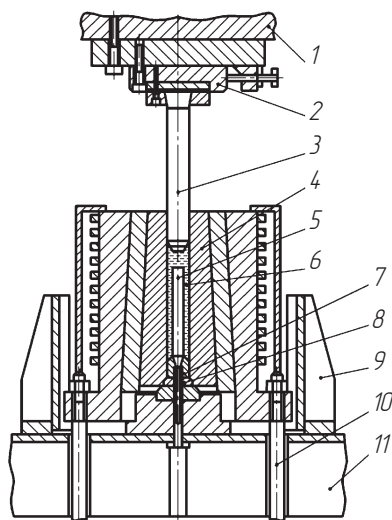


Рис. 2.44. Конструктивная схема штампа для прямого гидропрессования: 1 — траверса; 2 — опорная плита; 3 — плунжер; 4 — контейнер; 5 — заготовка; 6 — жидкость; 7 — матрица; 8 — матрицедержатель; 9 — направляющий кронштейн; 10 — колонка; 11 — неподвижная траверса

Установка очередной заготовки 5 в матрицу 7 осуществляется после подъема колонками 10 контейнера 4, направление движения которого осуществляется кронштейном 9.

Инструмент для гидропрессования включает контейнер, матрицу, плунжер (пуансон) и оправку (иглу). Его важнейшая особенность заключается в необходимости использования уплотнений высокого давления, что значительно усложняет его конструкцию. Успешное осуществление процесса гидропрессования черных и цветных металлов в значительной мере обусловлено правильным выбором уплотнений для контейнера, матрицы и плунжера. Поэтому необходимо рассматривать инструмент совместно с уплотнениями высокого давления.

**Контейнер** предназначен для выдавливания изделий (полуфабрикатов) из металлов через матрицу путем воздействия на заготовку рабочей жидкости, находящейся под высоким давлением. Он обычно выполняется в виде полого цилиндра, выдерживающего высокое давление рабочей жидкости, в который, с одной стороны, вставляется плунжер или пробка, удерживаемая затвором (установки мультипликаторного типа), а с другой — матрица для прессования изделий. Герметизация контейнера обеспечивается с помощью уплотнений высокого давления. Контейнер в связи с воздействием внутреннего гидростатического давления работает главным образом на растяжение. Основная задача, решаемая при разработке конструкции контейнера, заключается в уменьшении растягивающих напряжений и в замене их напряжениями сжатия. Контейнер является самым ответственным и весьма дорогостоящим элементом инструмента для гидроэкструзии, поэтому выбору его конструкции и ее надежности уделяется особое внимание.

На установках для гидропрессования изделий из черных и цветных металлов нашли применение однослойные, многослойные и сегментные конструкции контейнеров (рис. 2.45).

Анализ основных типов конструкций контейнеров показывает, что наиболее простым является *однослойный* (рис. 2.45, а). Однако однослойные контейнеры недостаточно надежны. Согласно теории упругости, при давлениях жидкости в контейнере, превышающих величину  $0,58\sigma_s$  материала контейнера, внутренние слои, прилегающие к отверстию, начинают пластически деформироваться. При этом наружные слои лишь слегка напряжены.

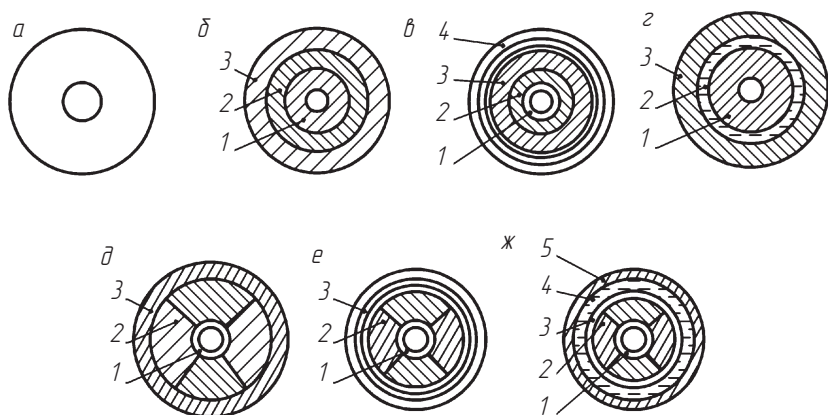


Рис. 2.45. Принципиальные схемы конструкции контейнеров: *a* – однослойный; *б* – многослойный (1, 2, 3 – соответственно, внутренняя, средняя и наружная втулки); *в* – многослойный с обмоткой стальной лентой (1, 2, 3 – соответственно, внутренняя, средняя и наружная втулки; 4 – наружный слой из шайб или обмотки лентой); *г* – многослойный с гидравлической поддержкой (1, 3 – внутренняя и наружная втулки; 2 – жидкость под давлением); *д* – сегментный с наружной втулкой (1, 3 – внутренняя и наружная втулки; 2 – сегменты); *е* – сегментный с обмоткой стальной лентой (1 – внутренняя втулка; 2 – сегменты; 3 – обмотка лентой); *ж* – сегментный с гидравлической поддержкой (1, 3, 5 – соответственно, внутренняя, средняя и наружная втулки; 2 – сегменты; 4 – жидкость под давлением)

При давлении 0,8...1,0 МПа и выше наиболее эффективным является применение многослойных и сегментных контейнеров. *Многослойные* контейнеры (рис. 2.45, *б*) могут иметь две и более втулки, однако их количество не должно превышать пяти.

У многослойных контейнеров должен быть обеспечен гарантированный, постепенно уменьшающийся к периферии натяг. Создание необходимого натяга обеспечивается горячей запрессовкой цилиндрических втулок или холодной запрессовкой конических втулок.

Надежными являются конструкции контейнеров, у которых наружная втулка или состоит из шайб, вырезанных из листов, или заменена обмоткой стальной лентой (рис. 2.45, *в*).

При конструировании контейнеров для работы в условиях сверхвысоких давлений необходимо стремиться к тому, чтобы



материал контейнеров работал в условиях сжатия. В этом плане перспективны конструкции, предусматривающие подпор жидкостью, которая позволяет регулировать напряжение (рис. 2.45, *г, ж*).

*Сегментные* контейнеры (рис. 2.45, *д, е*) или имеют наружную втулку, установленную по посадке с натягом, или сегменты обматываются стальной лентой.

**Матрица** предназначена для придания прессуемой заготовке определенной формы, заданных размеров и необходимой шероховатости поверхности. Простейший вариант конструкции матрицы представляет собой полый цилиндр, имеющий заходную коническую, калибрующую цилиндрическую и выходную коническую части. По конструкции матрицы можно разделить на три группы: моноблочные, составные и бандажированные.

*Моноблочные* матрицы помещаются в контейнер. При этом используется боковая гидравлическая поддержка, которая создается рабочей жидкостью. В процессе гидропрессования под воздействием радиальных нагрузок в матрице возникают растягивающие напряжения. Боковой гидродопор позволяет снизить растягивающие напряжения до уровня допустимых, тем самым предотвращая разрушение матрицы. В качестве уплотняющих элементов применяются резиновые и стальные кольца, устанавливаемые в верхнем или нижнем уступах (рис. 2.46).

Моноблочные матрицы используются при гидропрессовании прутков, труб и несложных профилей.

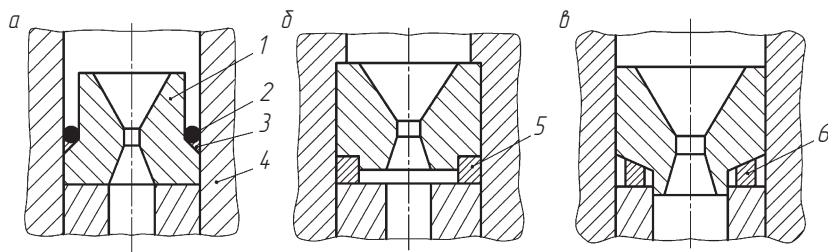


Рис. 2.46. Моноблочные матрицы:

*а* — с верхним коническим уступом; *б* — с нижним плоским уступом; *в* — с нижним коническим уступом; 1 — матрица; 2 — резиновое кольцо круглого сечения; 3 — металлическое кольцо треугольного сечения; 4 — контейнер; 5 — металлическое кольцо трапециевидального сечения; 6 — металлическое кольцо трапециевидального сечения

Для осуществления гидропрессования сложных профилей целесообразно использовать *составные* матрицы (рис. 2.47, *а*), которые состоят из рабочих и поддерживающих сегментов 1, 2, входного конуса 5, опорной втулки 3, соединяемых вместе герметизирующей оболочкой 4. Она помещается в контейнер 6, где уплотняется с помощью резинового кольца круглого сечения и стального кольца треугольного сечения. Составные матрицы отличаются от моноблочных повышенной технологичностью, меньшими трудоемкостью и эксплуатационными расходами.

Существенным недостатком моноблочных и составных матриц является большой объем контейнера, занимаемый ими. Указанный недостаток устраняется применением *бандажированных* матриц, которые не входят в контейнер, а примыкают к нему (рис. 2.47, *б-г*). Герметизация бандажированных матриц осуществляется с помощью уплотнений конусного типа.

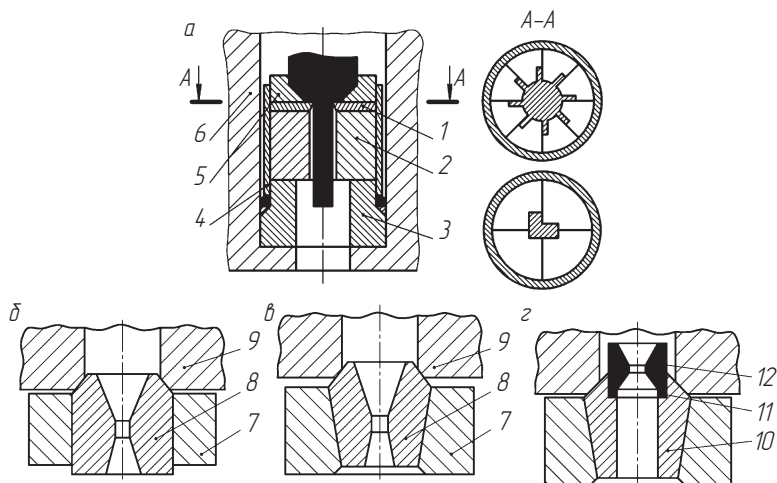


Рис. 2.47. Схемы матриц:

*а* — составной; *б* — бандажированной с цилиндрическим бандажным кольцом; *в* — с коническим бандажным кольцом; *г* — бандажированной с коническим бандажным кольцом и твердосплавной вставкой; 1, 2 — сегменты рабочие и поддерживающие; 3 — опорная втулка; 4 — эластичная оболочка; 5 — входной конус; 6 — контейнер; 7 — бандажное кольцо; 8 — матрица; 9 — контейнер; 10 — матрицедержатель; 11 — уплотнительное кольцо; 12 — твердосплавная вставка

**Плунжеры** предназначены для создания в контейнере высокого давления рабочей жидкости. В зависимости от расположения уплотнений плунжеры делят на два типа: *ступенчатые* — уплотнение закрепляется на плунжере (рис. 2.48, *a–z*); *гладкие* — уплотнение размещается в контейнере (рис. 2.48, *д*).

Плунжеры относятся к высоконагруженным и наиболее ответственным цилиндрическим деталям инструмента, которые должны быть устойчивыми на продольный изгиб. По условиям устойчивости плунжера на продольный изгиб отношение длины его рабочей части к диаметру, определяемое расчетом и подтвержденное экспериментально, принимается не более 5,0...5,5 при давлениях в контейнере до 1,5 МПа и не более 4,5 при давлениях до 2,0...2,5 МПа.

Основания плунжеров могут иметь цилиндрическую или коническую форму (угол конуса 30...60°). Наибольший диаметр основания плунжера принимается равным 1,2...1,5 рабочего диаметра. Опорная поверхность основания плунжера выполняется плоской или сферической. Для самоустановки плунжера при центрировании желательнее использование сферической поверхности основания плунжера. Использование плунжеров с одним диаметром по всей длине рабочей части (рис. 2.48, *a, б*) может привести к заклиниванию, поэтому часто изготавливаются плунжеры ступенчатые с центрирующим пояском (рис. 2.48, *в, z*). Длина центрирующего пояса

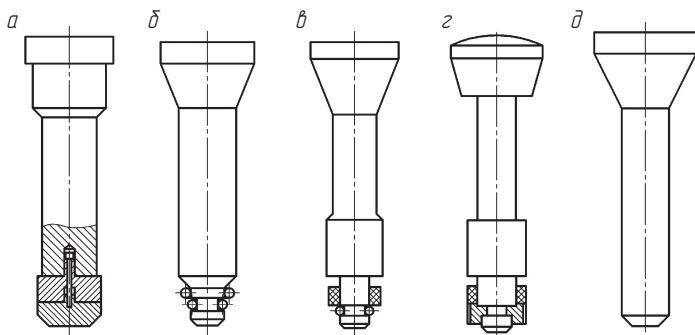


Рис. 2.48. Плунжеры для гидропрессования:

*a* — ступенчатый с цилиндрическим основанием; *б* — ступенчатый с коническим основанием; *в* — ступенчатый с коническим основанием и центрирующим пояском; *z* — ступенчатый со сферической опорной поверхностью и центрирующим пояском; *д* — гладкий

составляет  $0,7...1,0$  диаметра плунжера, и выполняется поясок с зазором относительно контейнера, равным  $0,05...0,15$  мм (в зависимости от величины диаметра). На остальной длине диаметр рабочей части плунжера выполняется на  $0,5...1,0$  мм меньше диаметра центрирующего пояска, что исключает заклинивание.

Для герметизации контейнеров чаще всего используются подвижные уплотнения, устанавливаемые на ступенчатых плунжерах (рис. 2.49, *a-d*). Неподвижные уплотнения устанавливаются в контейнерах и используются с гладкими плунжерами (рис. 2.49, *e*).

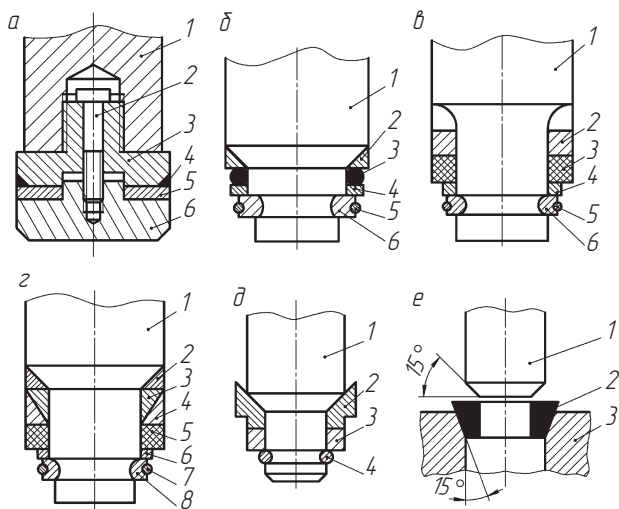


Рис. 2.49. Конструкции уплотнений плунжеров для гидропрессования: *a* – подвижное типа пресс-шайбы (1 – плунжер; 2 – винт; 3 – основание; 4 – коническое кольцо; 5 – медное кольцо; 6 – грибок); *б* – подвижное с двумя кольцами треугольного и круглого сечения (1 – плунжер; 2 – стальное кольцо; 3 – резиновое кольцо; 4 – шайба; 5 – пружинное кольцо; 6 – разъемное кольцо); *в* – подвижное с двумя кольцами прямоугольного сечения (1 – плунжер; 2 – металлическое кольцо; 3 – фторопластовое кольцо; 4 – шайба; 5 – пружинное кольцо; 6 – разъемное кольцо); *г* – подвижное с четырьмя кольцами (1 – плунжер; 2–4 – металлические кольца; 5 – фторопластовое кольцо; 6 – шайба; 7 – пружинное кольцо; 8 – разъемное кольцо); *д* – подвижное с кольцом V-образного сечения (1 – плунжер; 2 – уплотнительное кольцо; 3 – нажимное кольцо; 4 – пружинное кольцо); *е* – неподвижное (1 – плунжер; 2 – кольцо; 3 – контейнер)

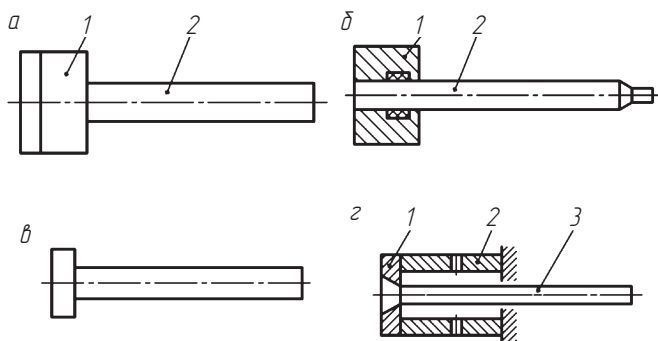


Рис. 2.50. Конструкции оправок для гидропрессования труб: *a* — подвижная, закрепленная на плунжере (1 — плунжер; 2 — оправка); *б* — ступенчатая, закрепленная в оправкодержателе механизма для перемещения оправки (1 — плунжер; 2 — оправка); *в* — подвижная, перемещающаяся вместе с заготовкой; *г* — неподвижная (1 — шайба; 2 — втулка; 3 — оправка)

К достоинствам ступенчатых плунжеров можно отнести сравнительно простую конструкцию и доступность их для осмотра и ремонта. В то же время ступенчатые переходы ослабляют прочность плунжеров. Кроме того, необходимо с высокой точностью размеров и низкой шероховатостью обрабатывать отверстия контейнера.

Гладкие плунжеры позволяют устранить отмеченные недостатки, поэтому они нашли широкое применение.

**Оправки** предназначены для формообразования отверстий в прессуемых трубах. В поперечном сечении они имеют форму отверстий. Конструкции оправок для гидропрессования труб приведены на рис. 2.50. Прочность оправок определяется расчетом на растяжение. Для их изготовления используются те же, что и для плунжеров, высоколегированные стали с термообработкой, обеспечивающей максимальную прочность.

## 2.9. Штамповые узлы и детали общего назначения



**Съемники.** Жесткий открытый съемник (рис. 2.51, *a*) применяется в мелкосерийном производстве для грубой вырубке изделий толщиной более 3 мм или при пробивке отверстий в крупных изделиях. Небезопасен в работе.

Жесткий закрытый съемник (рис. 2.51, *б*) применяется в штампах с направляющими колонками, а в пакетных штампах используется одновременно в качестве дополнительного направляющего устройства. Безопасен в работе.

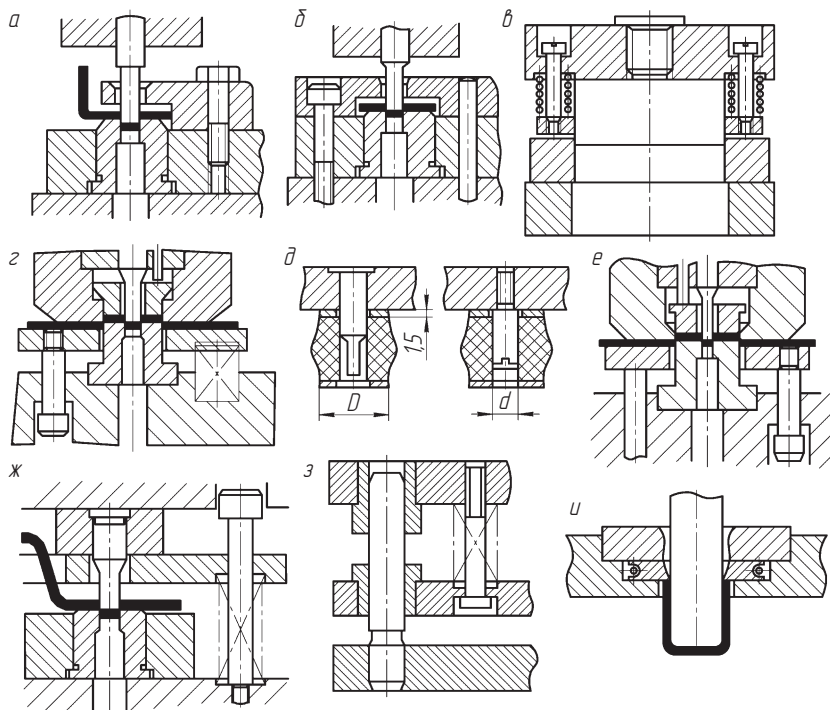


Рис. 2.51. Схемы конструкций съемников:

*a* — жесткий открытый; *б* — жесткий закрытый; *в* — подвижный пружинный верхний; *г* — подвижный пружинный, или резиновый нижний; *д* — подвижный резиновый верхний; *е* — подвижный буферный; *ж* — подвижный отжимаемый; *з* — подвижный направляемый; *и* — секционно-кольцевой пружинный

Подвижный пружинный верхний съемник (рис. 2.51, *в*) применяется в штампах с направляющими колонками при пробивке крупных изделий из тонкого материала с прижимом заготовки или в комбинированных совмещенных штампах. Небезопасен в работе.

Подвижный пружинный, или резиновый нижний, съемник (рис. 2.51, *г*) используется в штампах с направляющими колонками при вырубке изделий из тонкого материала (до 0,2 мм) или при комбинированной вырубке-пробивке как крупных, так и мелких изделий в совмещенных штампах.

Подвижный резиновый верхний съемник (рис. 2.51, *д*) применяется в многопуансонных штампах для крупных изделий.

Подвижный буферный съемник (рис. 2.51, *е*) применяется в штампах с направляющими колонками, снабженными нижним буфером.

Подвижный отжимаемый съемник (рис. 2.51, *ж*) применяется в штампах для пробивки отверстий в полых изделиях, получаемых вытяжкой, а также в штампах для холодного выдавливания. Позволяет применять более короткие пуансоны и увеличивать рабочую высоту для свободного удаления изделий.

Подвижный направляемый съемник (рис. 2.51, *з*) служит съемником материала и направляющей плитой для пуансонов. Применяется в штампах с нестандартными длинными и тонкими пуансонами.

Секционно-кольцевой пружинный съемник (рис. 2.51, *и*) используется в вытяжных штампах при работе в провал для изделий до 100 мм.

**Выталкиватели.** Верхний и нижний пружинные (рис. 2.52, *а*) выталкиватели используются в вырубных штампах при вырубке изделий с прижимом из тонкого материала, а также при вырубке крупногабаритных изделий.

Буферный нижний выталкиватель (рис. 2.52, *б*) применяется в комбинированных штампах для вырубке-пробивки, вырубке и вытяжки и т.п.

Жесткий верхний выталкиватель (рис. 2.52, *в*) применяется в комбинированных штампах при работе с горизонтальным и наклонным расположением стола.

Жесткий верхний выталкиватель-съемник (рис. 2.52, *г*) используется в совмещенных штампах с применением переходных штифтов толкателей.

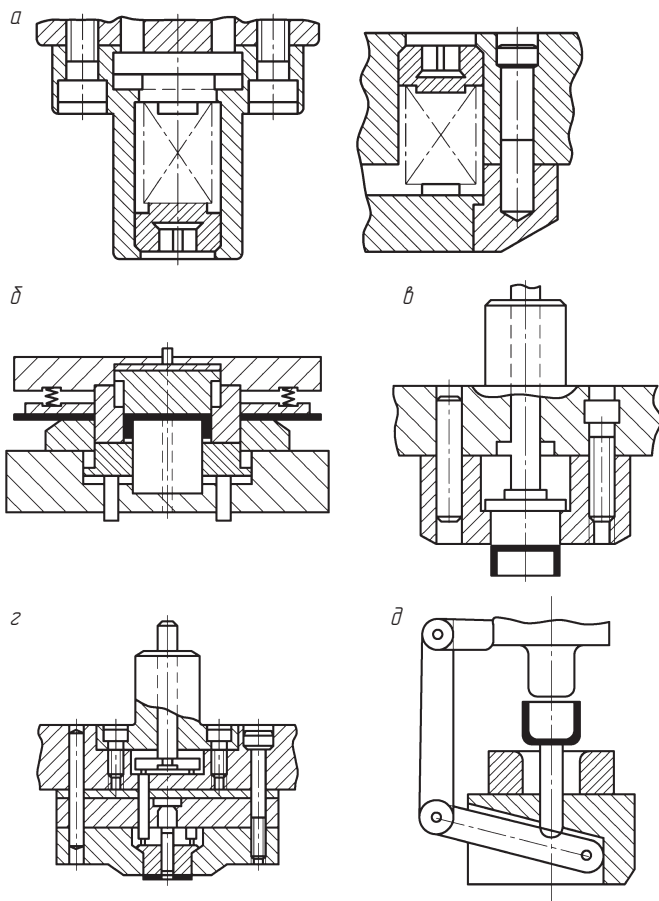


Рис. 2.52. Схемы конструкций выталкивателей:

*a* — пружинные верхний и нижний; *б* — буферный нижний; *в* — жесткий верхний; *г* — жесткий верхний выталкиватель-съемник; *д* — жесткий рычажный нижний

Жесткий рычажный нижний выталкиватель (рис. 2.52, *д*) применяется в формовочных, гибочных и других штампах, работающих в упор.

**Прижимы.** Подвижный прижим (рис. 2.53, *a*) используется для вытяжки на прессах простого действия. Для крупных изделий прижим выполняется сверху, для средних и мелких — снизу.



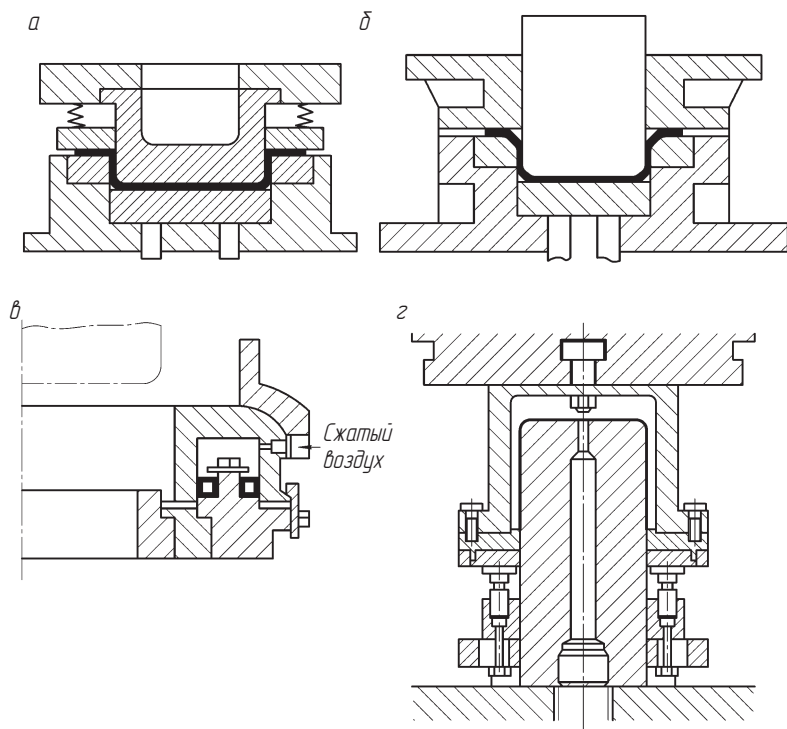


Рис. 2.53. Схемы конструкций прижимов:  
 а — подвижный; б — жесткий; в — пневматический плавающий; г — полужесткий регулируемый

Жесткий прижим (рис. 2.53, б) применяется для вытяжки на прессах двойного действия.

Пневматический плавающий прижим (рис. 2.53, в) применяется для вытяжки круглых изделий на прессах двойного действия. Позволяет компенсировать колебание по толщине изделия.

Полужесткий регулируемый прижим (рис. 2.53, г) применяется для вытяжки изделий сложной формы, требующих разной величины прижима по контуру.

**Сбрасыватели.** Ручной рычажный сбрасыватель (рис. 2.54, а) применяется в вытяжных, формовочных и других аналогичных штампах с обратным выталкиванием изделий на поверхность штампа.

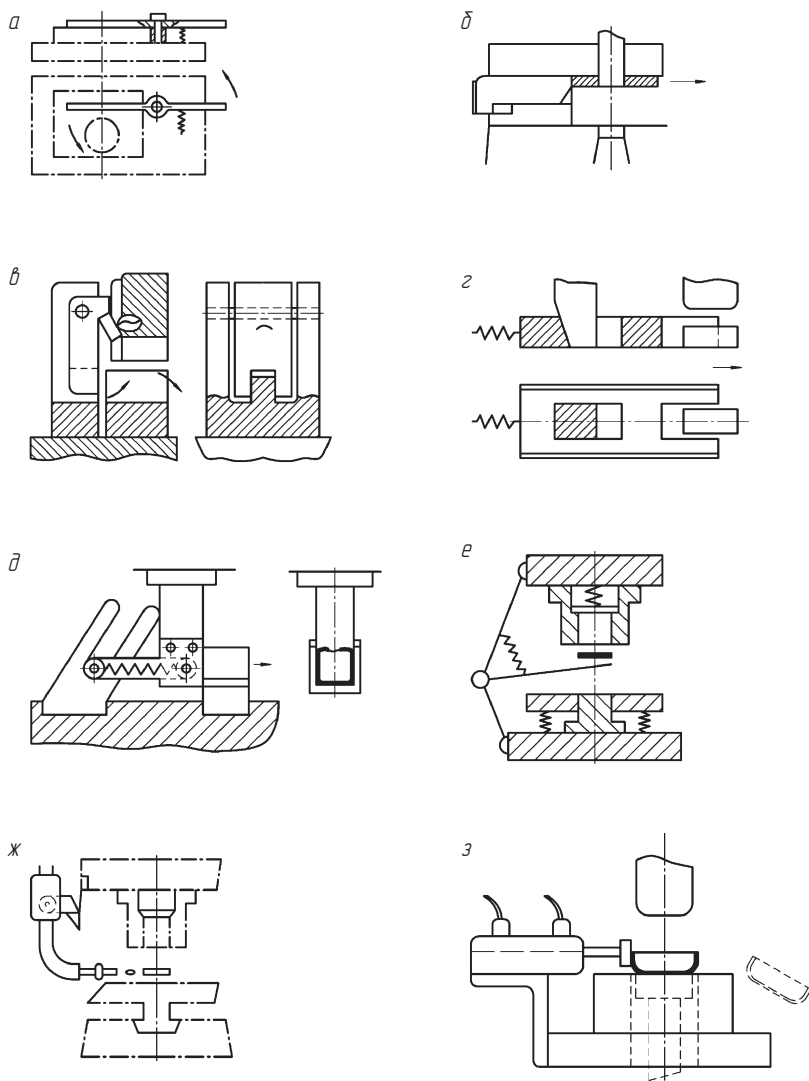


Рис. 2.54. Схемы конструкций сбрасывателей:  
*a* — ручной рычажный; *б* — автоматический пружинный; *в* — автоматический с поворотным рычагом; *г* — автоматический пружинно-клиновой; *д* — автоматический копирный; *е* — поворотный пневматический; *ж* — пневматический сдувающий; *з* — пневматический толкающий

Автоматический пружинный сбрасыватель (рис. 2.54, б) применяется в пробивных штампах для небольших изделий.

Автоматический сбрасыватель с поворотным рычагом (рис. 2.54, в) применяется в гибочных штампах для П-образной гибки небольших изделий.

Автоматический пружинно-клиновой сбрасыватель (рис. 2.54, г) применяется в гибочных штампах для П-образной гибки небольших и средних изделий.

Автоматический копирный сбрасыватель (рис. 2.54, д) применяется в гибочных штампах для гибки изделий замкнутой конфигурации.

Поворотный приемный сбрасыватель (рис. 2.54, е) применяется для удаления изделий из верхней части штампа.

Пневматический сдувающий сбрасыватель (рис. 2.54, ж) применяется для удаления с поверхности штампа небольших преимущественно полых изделий.

Пневматический толкающий сбрасыватель (рис. 2.54, з) применяется для удаления крупных и тяжелых изделий.

**Блоки штампов.** В комплект блоков входят верхние и нижние плиты, направляющие узлы и хвостовики. На рис. 2.55 представлены стандартизованные направляющие узлы и схемы их расположения на плитах блока.

Блок с задним расположением колонок (рис. 2.55, г) используется для обычной штамповки изделий средней сложности и точности в вырубных, пробивных, гибочных, вытяжных и комбинированных штампах.

Блок с диагональным расположением колонок (рис. 2.55, д) предназначен для использования в штампах повышенной точности.

Блоки с осевым (симметричным) и угловым расположением колонок (рис. 2.55, е, ж) предназначены для штамповки крупных изделий из больших штучных заготовок.

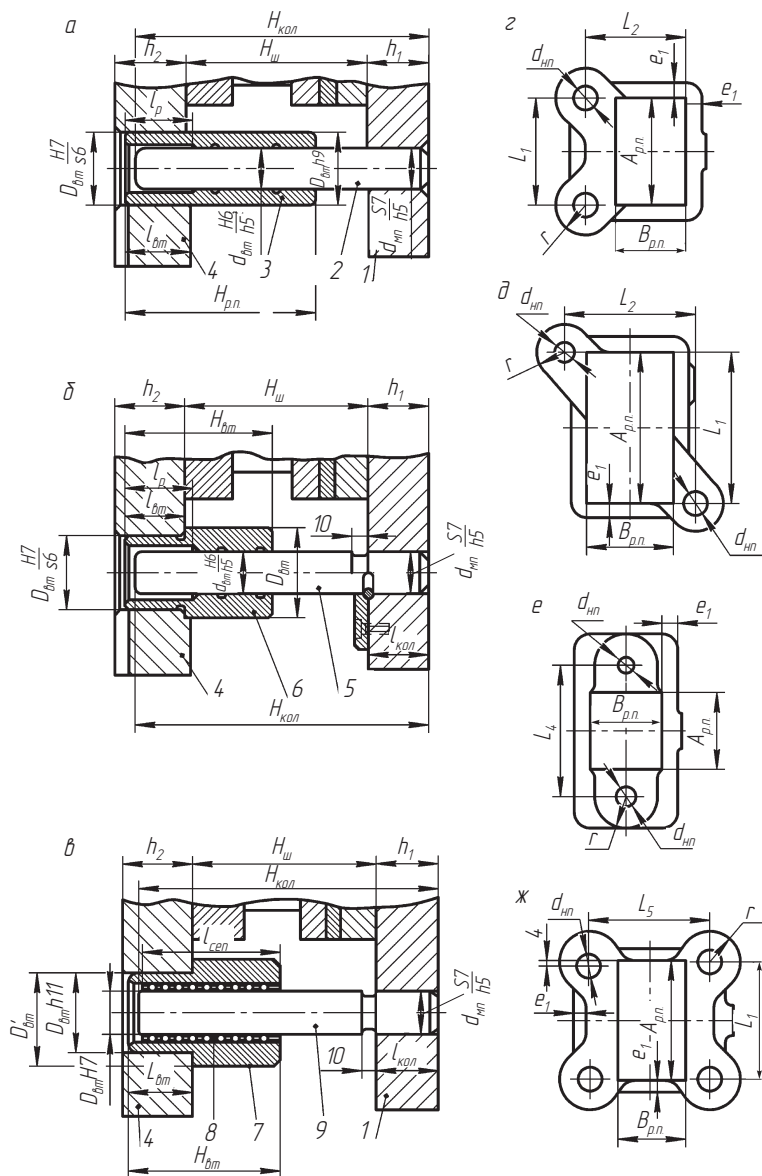


Рис. 2.55. Схемы направляющих узлов и их расположения:  
 а — направляющий узел скольжения с гладкой колонкой и втулкой; б — направляющий узел скольжения со ступенчатой колонкой и втулкой; в — шариковый

направляющий узел;  $z$  — блок с задним расположением колонок;  $d$  — блок с диагональным расположением колонок;  $e$  — блок с осевым расположением колонок;  $ж$  — блок с угловым расположением четырех колонок; 1 — плита нижняя; 2 — гладкая направляющая колонка; 3 — гладкая направляющая втулка; 4 — плита верхняя; 5 — ступенчатая направляющая колонка; 6 — ступенчатая втулка; 7 — ступенчатая втулка шарикового направляющего узла; 8 — сепаратор; 9 — ступенчатая колонка шарикового направляющего узла

Основные размеры стандартизованных блоков и направляющих узлов приведены в табл. 2.40–2.44.

Таблица 2.40

**Основные размеры блоков и направляющих узлов (рис. 2.55)**

№ п/п	$A_{\text{рп}}$	$L_1$	$B_{\text{рп}}$	$d_{\text{шп}}$	$d'_{\text{шп}}$	$h_1$				$h_2$				$l_{\text{вт}}$	$e_1$	$e_2$	$L_2$	$L_3$	$L_4$	$L_5$	$r$
						Исполнение блоков															
						1, 3	2	1, 3	2	1, 3	2	1, 3	2								
01	63		50	16	14	32	—	25	—	—	20	16	102,1	80	120	—	—	—	—	22	
02	80		63	20	18	40		32				20	126,9	85	150					28	
03	100							32	36	25		—	124,9		—						
04	80											20	138,6	100	150						
05	100		80	25	22	45	36			28	32	25		137,5		170				36	
06	125													143,1		200					
07	160													—	151,0		—				
08	80		80										20	150,0	120	150					
09	100														161,6		170				
10	125														156,1		200				
11	160			32	28	50	40	45	32	40				178,9	125	250				45	
12	200												25	166,1		300					

Таблица 2.41

**Высота пакетов и длина направляющих колонок и втулок (рис. 2.55)**

№ п/п	Исполнение блока	Высота пакета				$H_{\text{кол}}$	$H_{\text{вт}}$
		$H_{\text{ш min}}$	$H_{\text{ш max}}$	$H'_{\text{ш min}}$	$H'_{\text{ш max}}$		
01	1	50	60	—	—	100	50
		60	70	—	—	110	63
		70	80	—	—	120	

Продолжение табл. 2.41

№ п/п	Исполнение блока	Высота пакета				$H_{\text{кол}}$	$H_{\text{вт}}$
		$H_{\text{ш min}}$	$H_{\text{ш max}}$	$H'_{\text{ш min}}$	$H'_{\text{ш max}}$		
02	1	55	65	—	—	120	63
		65	75	—	—	130	
		75	85	—	—	140	
03	1	60	75	—	—	120	
		75	90	—	—	140	
		90	105	—	—	150	
	2	60	75	—	—	110	
		75	90	—	—	120	
		90	105	—	—	130	
04	1	60	75	—	—	120	
		75	90	—	—	140	
		90	105	—	—	150	
	2	60	75	—	—	110	
		75	90	—	—	120	
		90	105	—	—	130	
05, 06, 07	1, 3	70	85	70	120	140	
		85	100	85	130	150	
		100	115	100	150	170	
	2	70	85	—	—	120	
		85	100	—	—	130	
		100	115	—	—	150	
08, 09	1, 3	70	85	70	120	140	
		85	100	85	130	150	
		100	115	100	150	170	
	2	70	85	—	—	120	
		85	100	—	—	130	
		100	115	—	—	150	
10	1, 3	80	95	85	130	150	
		95	110	95	140	160	
		110	125	110	160	180	
	2	80	95	—	—	130	
		95	110	—	—	140	
		110	125	—	—	160	

Окончание табл. 2.41

№ п/п	Исполнение блока	Высота пакета				$H_{\text{кол}}$	$H_{\text{вт}}$
		$H_{\text{ш min}}$	$H_{\text{ш max}}$	$H'_{\text{ш min}}$	$H'_{\text{ш max}}$		
11, 12	1, 3	80	95	80	145	160	100
		95	110	100	165	180	
		110	125	110	175	190	
	2	80	95	—	—	140	80
		95	110	—	—	150	
		110	125	—	—	170	

Таблица 2.42

**Диаметры гладких и ступенчатых втулок направляющих узлов скольжения (рис. 2.55)**

$d_{\text{нп}}$	$D_{\text{вт}}$	$D'_{\text{вт}}$	$d_{\text{нп}}$	$D_{\text{вт}}$	$D'_{\text{вт}}$	$d_{\text{нп}}$	$D_{\text{вт}}$	$D'_{\text{вт}}$	$d_{\text{нп}}$	$D_{\text{вт}}$	$D'_{\text{вт}}$
12	20	24	22	34	38	40	56	60	71	95	100
14	22	25	25	38	42	45	60	65	80	105	110
16	26	30	28	42	45	50	67	71	90	120	125
18	28	32	32	45	50	56	75	80	100	130	135
20	30	34	36	50	56	63	85	90	125	160	170

Таблица 2.43

**Основные размеры гладких и ступенчатых втулок направляющих узлов скольжения  $l_{\text{вт}}/l_{\text{р}}$  (рис. 2.55)**

$H_{\text{вт}}$	$d_{\text{нп}}$						
	12	14; 16	18; 20	22; 25	28; 32	36; 40	45; 50
25	12/4	12/4	12/4	12/4	12/4	—	—
		16/4	16/4				
	16/4	18/4	18/4	16/4	16/4		
		22/4					
32	12/8	16/8	16/8	18/8	16/8	—	—
	16/8	18/8	18/8	22/8	18/8		
40	12/8	18/8	22/8	22/8	28/8	20/8	20/8
		22/8	25/8	25/8			
	16/8	25/8	28/8	28/8	32/8		

Таблица 2.44

## Основные размеры шариковых направляющих узлов (рис. 2.55)

$d_{\text{шп}}$	$d_{\text{вт}}$	$D_{\text{вт}}$	$D'_{\text{вт}}$	$H_{\text{кол}}$	$l_{\text{кол}}$	$H_{\text{вт}}$	$l_{\text{вт}}$	$l_{\text{сеп}}$
14; 16	20; 22	27,5; 29,5	32; 34	110; 120; 130	32	63	25	56
18; 20	24; 26	31,5; 35,5	38; 42	130; 140; 150; 160; 170	40	63	28; 32	56
						80	32	71
22; 25	28; 31	37,5; 41,5	42; 45	140; 150; 160	40	63	32; 36	56
						80	36	71
						45	32	
				170; 180	45	63	32; 40	56
						80		71
						100	40	90
28; 32	34; 38	44,5; 49,5	50; 56	170; 180; 190; 200; 210; 220; 240	45	80	36; 40	71
						100	36	90
				190; 200; 210; 220; 240	45	100	40	90
						50	80	40; 45
				160; 170; 180	50	100	40	90
						180; 190; 200; 210; 220; 240; 260	56	80
					100			90

**Хвостовики** предназначены для крепления верхней части штампа к ползуну прессы. Стандартом предусмотрено несколько типов хвостовиков, основные и наиболее распространенные приведены на рис. 2.56 (см. с. 182).

Хвостовики с *буртиком* (рис. 2.56, *а*) применяются для всех типов блочных штампов. Хвостовики с *резьбой* (рис. 2.56, *б*) применяются в штампах с направляющими колонками преимущественно для выполнения гибочных и вытяжных операций. Для вырубных штампов следует использовать стопор. Хвостовик с *резьбой и буртиком* (рис. 2.56, *в*) обеспечивает меньшую погрешность центрирования, однако установка стопорного винта менее удобна. Размеры перечисленных хвостовиков приведены в табл. 2.45.



Таблица 2.45

## Основные размеры стандартизованных хвостовиков штампов, мм

$d_{XB}$	$d_o$	Хвостовик с буртиком (рис. 2.56, а)				Хвостовик с резьбой и буртиком (рис. 2.56, в)			Хвостовик с резьбой (рис. 2.56, б)	
		$\frac{L_{XB}}{I_{XB}}$	$h_{XB}$	$D_1$	$D_2$	$\frac{L_{XB}}{I_{XB}}$	$h_{XB}$	$D_p$	$D_p$	$\frac{L_{XB}}{I_{XB}}$
20	8,5	$\frac{50}{20}, \frac{56}{25}, \frac{63}{32}$		22	28	$\frac{50}{20}, \frac{56}{25}$	4	$M20 \times 1,5$	$M16 \times 1,5$	$\frac{50}{20}, \frac{56}{25}$
25	10,5	$\frac{60}{20}, \frac{67}{25}, \frac{75}{32}$	5	28	36	$\frac{60}{20}, \frac{67}{25}$		$M20 \times 1,5$	$M20 \times 1,5$	$\frac{60}{20}, \frac{67}{25}, \frac{75}{32}$
32	13	$\frac{71}{20}, \frac{75}{25}, \frac{85}{32}, \frac{90}{40}$		34	42	$\frac{71}{20}, \frac{85}{25}, \frac{85}{32}$		$M20 \times 1,5$	$M20 \times 1,5$	$\frac{71}{20}, \frac{75}{25}, \frac{85}{32}$
40	15	$\frac{80}{25}, \frac{90}{32}, \frac{95}{40}, \frac{105}{50}$	6	42	50	$\frac{80}{25}, \frac{90}{32}$	5	$M30 \times 2$	$M30 \times 2$	$\frac{80}{25}, \frac{90}{32}, \frac{95}{40}$
50	17	$\frac{100}{32}, \frac{105}{40}, \frac{115}{50}, \frac{125}{60}$		53	63	$\frac{100}{32}, \frac{115}{50}$		$M42 \times 3$	$M42 \times 3$	$\frac{100}{32}, \frac{105}{40}, \frac{115}{50}$

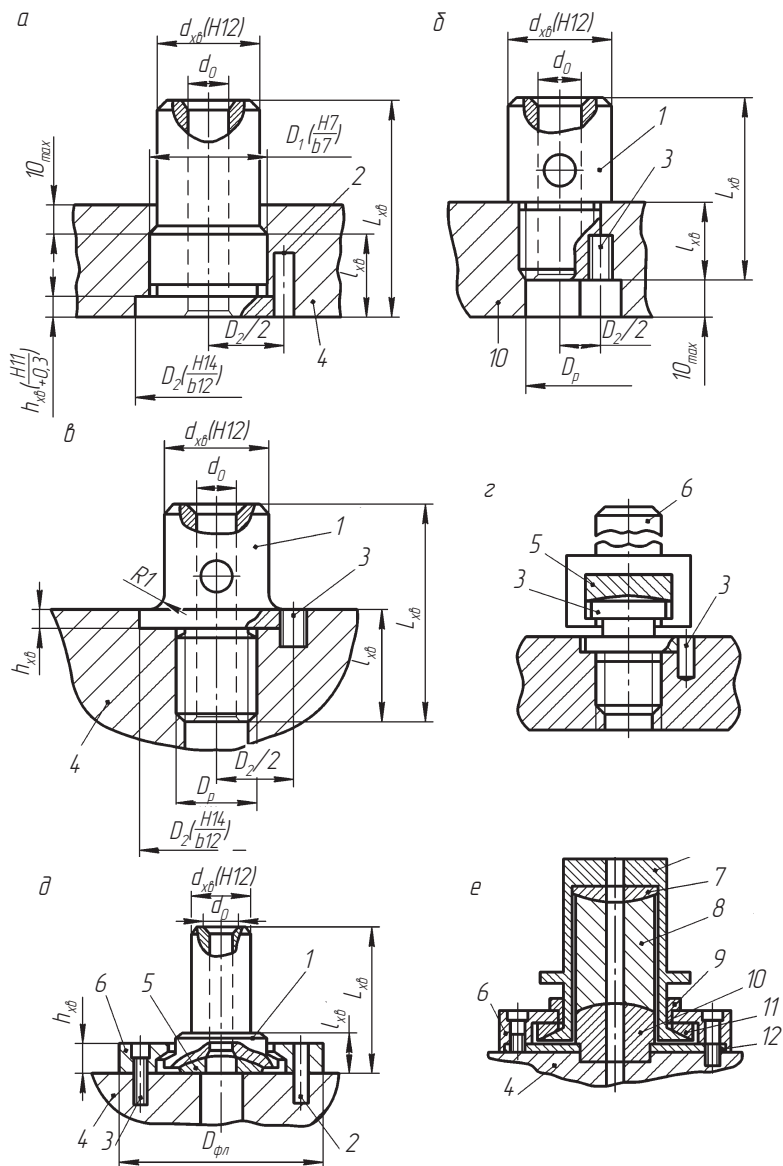


Рис. 2.56. Хвостовики штампов:

а — с буртиком; б — с резьбой; в — с резьбой и буртиком; г, д — плавающие с одной сферической опорой; е — плавающий с двумя сферическими опорами;

1 – хвостовик; 2 – штифт; 3 – винт; 4 – плита верхняя; 5 – опора сферическая; 6 – державка; 7, 10 – верхняя и нижняя сферические опоры соответственно; 8 – стержень; 9 – центрирующее разрезное кольцо; 11 – сферическая плавающая шайба; 12 – центрирующий диск

*Плавающие* хвостовики образуют между штампом и ползуном пресса соединение в виде шарнира, позволяющего устранять влияние перекоса ползуна пресса на направляющий блок. Плавающие хвостовики имеют несколько разновидностей (рис. 2.56, *г-е*). Они используются преимущественно для чистовой вырубki-пробивки.



## 2.10. Конструирование штампов

### 2.10.1. Методика конструирования штампов

Конструкция штампа должна обеспечивать получение изделий с заданной точностью размеров и геометрической формы, с требуемыми механическими свойствами и структурой металла; отсутствие внутренних напряжений и поверхностных дефектов; максимальное использование стандартных узлов, деталей и минимальное применение оригинальных; рациональное использование штампуемого материала; максимальную производительность; безопасность в работе; технологичность в изготовлении; достаточную стойкость; удобство в эксплуатации и ремонте.

Задание на проектирование штампов должно включать следующие исходные данные: назначение штампа; операционный чертеж изделия; чертеж исходной заготовки; карты технологического процесса штамповки изделия; карту раскроя материала; годовую программу выпуска изделия; тип производства; паспортные данные наличного оборудования.

Перед тем как приступать к выполнению чертежа штампа, необходимо выбрать тип конструкции и ее сложность для данной программы и условий работы.

В мелкосерийном производстве нерационально использовать сложные штампы. Целесообразно применять универсальные и переналаживаемые штампы.

Для крупносерийного и массового производства проектируют индивидуальные штампы. Несколько элементарных операций целе-

сообразно объединить в одном совмещенном или последовательном штампе. При изготовлении изделия в одном штампе отпадает необходимость оперирования штучными заготовками.

Особые требования предъявляются к конструкции штампа по обеспечению безопасных условий труда. Необходимо, чтобы опасные зоны штампа не были доступны для рук оператора. В одних случаях это достигается введением защитных устройств, в других — за счет средств механизации.

*Конструирование штампов* состоит из трех этапов. На первом этапе на основе анализа всех особенностей формы и размеров штампуемого изделия и технических требований, а также с учетом объема выпуска выбирают наиболее экономичный тип штампа.

На втором этапе конструирования производят расчет штампов. Определяют требуемое усилие, центр давления, подбирают конструктивные элементы штампа, устанавливают рабочие размеры и отклонения, выбирают материал для изготовления деталей штампов. Сведения о материалах деталей штампов и их термообработке приводят на рабочих чертежах.

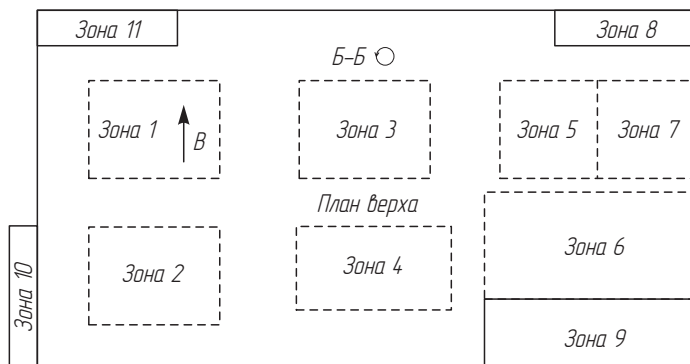


Рис. 2.57. Расположение зон сборочного чертежа штампа:

зона 1 — главный вид (разрез) штампа; зона 2 — план низа, т.е. вид сверху на нижнюю часть штампа; зона 3 — вспомогательный разрез; зона 4 — план верха, т.е. вид сверху на верхнюю часть штампа; зона 5 — эскиз исходной заготовки или получаемой после предыдущей штамповки; зона 6 — технические требования чертежа; зона 7 — операционный эскиз штампуемой детали; зона 8 — таблица, содержащая наименования и обозначения штампов; зона 9 — основная надпись сборочного чертежа; зоны 10, 11 — дополнительные графы

На третьем этапе вычерчивают сборочный чертеж штампа. В соответствии с требованиями ЕСКД принята схема размещения основных и вспомогательных проекций, текстовых документов и другой информации на сборочном чертеже штампа (рис. 2.57).

### 2.10.2. Требования к сопряжениям поверхностей деталей штампов и к шероховатости

Рекомендуемые посадки сопрягаемых деталей и шероховатость их поверхностей приведены в табл. 2.46, 2.47 и на рис. 2.58.

Таблица 2.46

#### Рекомендуемые посадки для сопрягающихся деталей штампов

Сопряжение	Толщина штампуемого материала $S$ , мм	Характер сопряжения	Рекомендуемая посадка
Направляющая колонка в отверстии втулки	0,5	Продольное относительное перемещение без вращения	$\frac{H6}{h5}$
	0,5...3,0		$\frac{H7}{h6}$
	3,0...5,0		$\frac{H7}{h7}$
	5,0		$\frac{H9}{e8}$
Гладкая направляющая колонка в отверстии (нижней) плиты, когда направление колонки во втулке обеспечивается по посадке $\frac{H6}{h5}$	До 0,5	Неподвижные соединения без дополнительного крепления	$\frac{S7}{h5}$
	От 0,5		$\frac{S7}{h6}$
То же, когда направление колонки во втулке обеспечивается по посадкам $\frac{H7}{h6}$ ; $\frac{H7}{h7}$ или $\frac{H9}{e8}$	От 0,5		$\frac{S7}{h6}$
Направляющая втулка в отверстии верхней (нижней, промежуточной) плиты	До 6,0		$\frac{H7}{s6}$

Продолжение табл. 2.46

Сопряжение	Толщина штампуемого материала $S$ , мм	Характер сопряжения	Рекомендуемая посадка
Ступенчатая направляющая колонка в отверстии нижней (верхней) плиты	До 6,0	Неподвижные соединения без дополнительного крепления	$\frac{H7}{s6}$
Пуансон (матрица, упор, фиксатор) в отверстии термически не обработанной плиты (пуансонодержателя, матрицедержателя, державки)	До 6,0	Относительное соединение, в ответственных случаях с дополнительным креплением, исключающим относительное вращение (для круглых деталей) и осевое перемещение	$\frac{H7}{m6}$
Твердосплавная матрица в отверстии обоймы		Неподвижное соединение без дополнительного крепления	$\frac{H7^*}{u7}$ ;
Цилиндрический штифт в отверстии плиты (матрицы, матрицедержателя, пуансонодержателя)			$\frac{H7^{**}}{t7}$
			$\frac{H7}{n6}$
Подвижная деталь в отверстии неподвижной:			
при взаимном точном центрировании (быстросменный пуансон в пуансонодержателе, центрирующий выступ во впадине и т.д.)	До 3,0	Относительное осевое перемещение (вращение) в процессе работы. Возможно дополнительное крепление, обеспечивающее временную неподвижность деталей соединения	$\frac{H7}{h6}$
при взаимном неточном центрировании	3,0...5,0	То же	$\frac{H7}{f7}$
при взаимном грубом центрировании	От 5,0	»	$\frac{H9}{e8}$

Окончание табл. 2.46

Сопряжение	Толщина штампуемого материала $S$ , мм	Характер сопряжения	Рекомендуемая посадка
Две термически обработанные детали, неподвижные друг относительно друга, из которых одна охватывает вторую	Любая	Неподвижные соединения без дополнительного крепления	$\frac{H7}{k6}$

\* До 24 мм и свыше 40 мм.

\*\* Свыше 24 мм до 40 мм.

Таблица 2.47

**Рекомендуемая шероховатость поверхности деталей штампов  
(рис. 2.58)**

Характеристика поверхности	Примеры поверхностей деталей	$R_a$ , мкм
Поверхности деталей, не соприкасающиеся с поверхностями других деталей	Поверхности торца колонки, втулки, поверхность стержня винта, болта, провального отверстия матрицы, боковые поверхности плит, поверхность торца штифта	50,0...12,5
Поверхности, не обеспечивающие точных соединений или направления	Поверхности опорной части головки винта, болта, поверхность хвостовика, соприкасающаяся с поверхностью отверстия в ползуне, поверхности разовых упоров	12,5...6,3
Торцовые и боковые поверхности, обеспечивающие точные соединения или направления	Тыльная поверхность торца матриц и пуансонов, поверхности трафаретов, соприкасающиеся с деталью, поверхность торца пружин, цилиндрическая поверхность штифтов, посадочная поверхность фиксаторов, упоров и отверстий для их установки, поверхность направляющих отверстий в съемниках	1,6...0,8

Окончание табл. 2.47

Характеристика поверхности	Примеры поверхностей деталей	$R_a$ , мкм
Боковые поверхности, обеспечивающие особо точные соединения или направления; опорные базовые поверхности	Поверхности посадочных поверхностей пуансонов, матриц, направляющих колонок и втулок, поверхности отверстия для посадки пуансонов, матриц, направляющих колонок и втулок; горизонтальные поверхности плит, пуансонодержателей, матрицедержателей, нерабочие (тыльные) поверхности пуансонов и матриц; рабочая поверхность фиксаторов	0,8...0,4
То же при качении		0,16...0,08
Рабочие поверхности при штамповке стальных деталей	Боковые и торцевые рабочие поверхности пуансонов и матриц для разделительных и формообразующих материалов	0,8...0,4
То же при штамповке деталей из цветных металлов и неметаллических материалов		0,2...0,1

Не указанные в технической документации на детали штампов предельные отклонения размеров должны соответствовать для отверстий  $H14$ , для валов  $h14$ , остальные  $\pm IT14/2$ .

Если штампы крепятся к прессу с помощью хвостовика, то ось хвостовика должна совпадать с центром давления штампа.

Направляющие узлы рекомендуется размещать симметрично относительно центра давления штампа.

### 2.10.3. Материалы для изготовления деталей штампов

На выбор материалов непосредственно влияет конфигурация изготавливаемой детали. Если рабочие части штампа имеют сложную форму и нетехнологичны для термической обработки, то для их изготовления следует выбирать высоколегированные стали, которые в меньшей степени подвержены короблению и обладают более прочной структурой после закалки.

При ударных нагрузках рабочие части штампа необходимо изготовить из сталей, обладающих большой вязкостью.

На выбор материала рабочих деталей штампа влияет сортимент штампуемых материалов, который постоянно изменяется. Одним



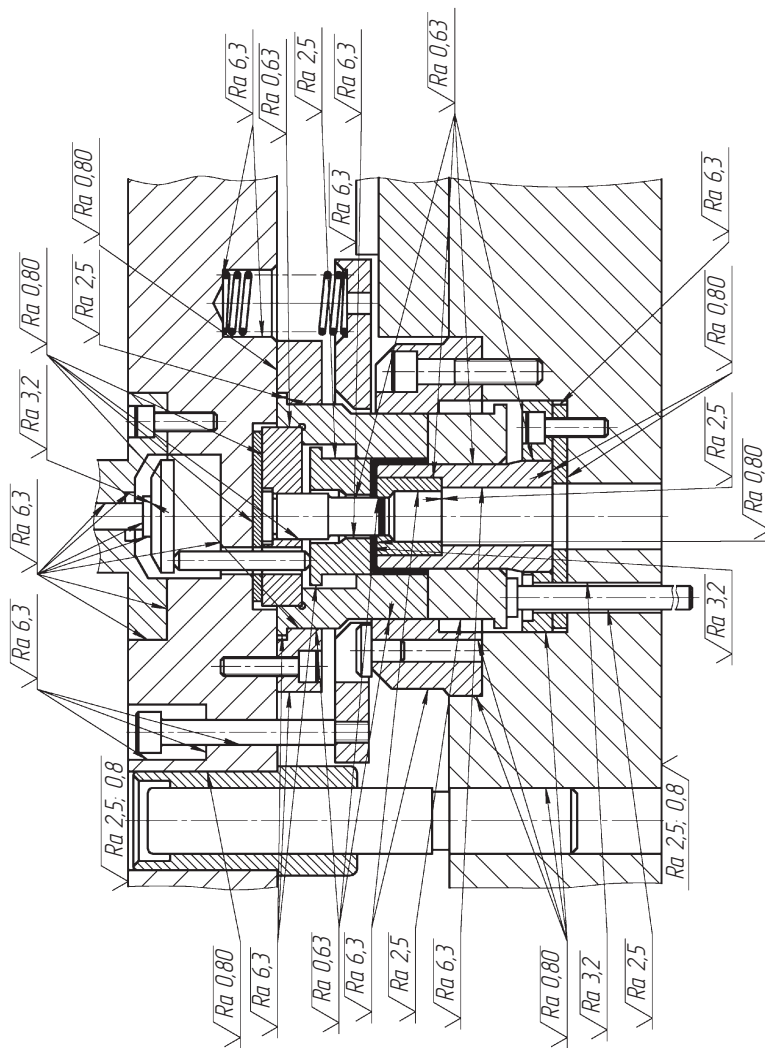


Рис. 2.58. Шероховатость обработки поверхностей деталей штампов

материалам придают большую пластичность, другим прочность и пластичность. Для материалов специального назначения, которым придают особые свойства, например для электротехнических сталей, вводят компоненты, качественно изменяющие свойства штампуемого материала. При этом прочностные свойства штампуемого материала становятся сопоставимыми с материалом рабочих частей штампа. В таких случаях необходимо использовать в штампах твердосплавные рабочие части.

Рекомендации по выбору материалов для изготовления рабочих элементов в зависимости от условий их эксплуатации приведены в приложении 1.

Для изготовления деталей технологического, конструктивного, кинематического и вспомогательного назначения используют в основном углеродистые стали обыкновенного качества, а также легированные конструктивные стали. В отдельных случаях используется шарикоподшипниковая сталь.

Для изготовления игольчатых пружин применяют сталь марок: 60С2А, 60С2, 50ХФА, 65С2ВА и др. Для изготовления пластинчатых пружин применяют сталь марки 65Г, поставляемую в виде лент или листов.

Наряду со стальным прокатом используют отливки из конструкционной нелегированной и легированной сталей, а также чугуна марок Сч24, Сч25.

В приложении 2 приведены рекомендации по выбору материалов для изготовления деталей общего назначения.



## 2.11. Волокильный инструмент

**Волочение** — процесс обработки металлов давлением, заключающийся в протягивании заготовки постоянного поперечного сечения через плавное сужающийся канал волокни.

Это высокоэффективный способ производства в больших количествах проволоки, прутков, труб.

Волочение отличается рядом достоинств:

□ исключительно высокая производительность процесса (практические скорости волочения достигают 50 м/с и более);

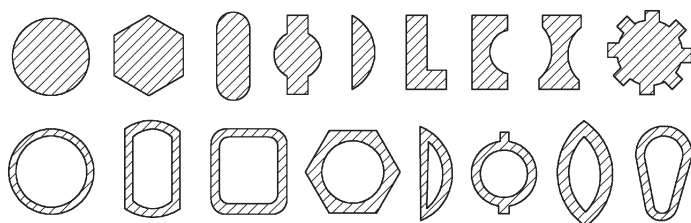


Рис. 2.59. Профили, получаемые волочением

□ возможность получения готовых изделий круглого или фасонного профиля (рис. 2.59); интервал размеров сплошного профиля — 0,006...16 мм, труб — 0,2...765 мм;

□ возможность получения изделий с комплексом заранее заданных физико-механических свойств;

□ незначительные по сравнению с другими способами обработки отходы металла.

Волочением обрабатывают самые различные материалы: стали, алюминий, медь, никель, титан и сплавы на их основе; тугоплавкие металлы (молибден, вольфрам, ниобий, цирконий) и их сплавы; благородные металлы (золото, серебро, платину) и их сплавы.

**Волока** — инструмент для обработки металлов давлением методом волочения. Для волочения изделий из черных и цветных металлов и их сплавов применяют волокна следующих типов:

- монолитные;
- составные;
- сборные.

*Монолитные волокна* имеют четыре основные зоны (рис. 2.60).

Входная зона 1 — наиболее широкая часть канала волокна, предназначенная для облегчения ввода заготовки в волоку и подачи технологической смазки в рабочую зону. Длина входной зоны составляет около 1/6 общей высоты канала волокна без учета высоты оправы волокна. Для волок малого диаметра она тем больше, чем меньше диаметр калибрующей части волокна.

Рабочая зона 2 — часть канала волокна, предназначенная для осуществления деформации протягиваемого металла. В этой зоне размеры заготовки уменьшаются до размеров протянутого металла. Рабочая зона может иметь коническую или радиальную форму. Наиболее распространена коническая форма. Радиальная форма

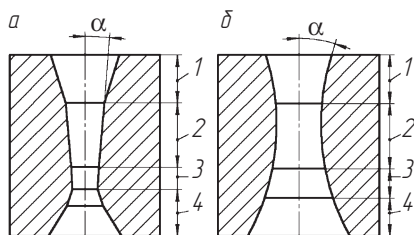


Рис. 2.60. Монолитные волокна с коническим (а) и радиальным (б) профилем:

1 — входная зона; 2 — смазочная и рабочая зона; 3 — калибрующая зона; 4 — выходная зона

рабочей зоны канала волокна более проста в изготовлении, но повышает силу волочения.

Калибрующая зона 3 — часть канала волокна, предназначенная для придания поперечному сечению заготовки заданной формы и размеров с той точностью, которая необходима для данного вида изделия. Калибрующая зона должна отличаться достаточно большой стойкостью на износ и обеспечить малое число обрывов протягиваемого металла. Для меди рекомендуемая длина калибрующей зоны составляет 30...40 % диаметра калибрующей зоны, для высокопрочных цветных металлов — до 100 % указанной величины. Волокна, имеющие длину калибрующей зоны меньше рекомендуемой, быстро изнашиваются, при этом диаметр калибрующей зоны увеличивается, выходя за допускаемые пределы.

Увеличение длины калибрующей зоны до 150 % диаметра вызывает существенный рост потерь на трение, возрастает число обрывов и расход энергии.

Выходная зона 4 — часть канала волокна с постепенно увеличивающимся в направлении волочения поперечным сечением, предназначенным для исключения возможности поверхностных повреждений: задиров, царапин, рисок. Практически выходная зона может быть конической или сферической.

В качестве материалов для изготовления волокон применяются твердые сплавы марок: ВКЗ, ВКЗМ, ВК4, ВК6, ВК6М, а также естественные и синтетические алмазы. Для волочения массовых сортов проволоки применяются твердосплавные волокна.

Алмазные волокна используются для холодного волочения металлов и сплавов с временным сопротивлением 500 Н/мм<sup>2</sup> и выше — медь, серебро, золото, платина, никель, марганец, сталь, инконел и др.

Монолитные твердосплавные волокна изготавливаются диаметром калибрующей зоны 0,1...9,0 мм, алмазные — 0,5...2,0 мм.

Рекомендуемые размеры основных зон волоочильного инструмента в зависимости от размера и качества протягиваемого металла приведены в табл. 2.48 (алмазные волокна) и табл. 2.49 (твердосплавные волокна).

Таблица 2.48

**Рекомендуемые геометрические размеры  
основных зон алмазных волок**

Обрабатываемый металл	Диаметр протягиваемой проволоки, мм					
	0,20...1,0		0,05...0,19		0,01...0,04	
	Рабочий конус $\alpha$ , град.	Калибрующая зона, % к диаметру	Рабочий конус $\alpha$ , град.	Калибрующая зона, % к диаметру	Рабочий конус $\alpha$ , град.	Калибрующая зона, % к диаметру
Медь	7...10	30...50	7...9	30...40	7...9	30...50
Латунь	7...10	40...50	7...9	40...50	7...9	40...50
Бронза	7...10	40...50	7...9	40...50	7...9	40...50
Медно-никелевые и никелевые сплавы	7...10	50...50	7...9	50...60	7...9	50...60
Никель	7...10	50...60	7...9	50...60	7...9	50...60
Алюминий и алюминиевые сплавы	8...10	20...40	—	—	—	—
Вольфрам	6...8	—	6...7	40...50	6...7	50...70
Сталь низкоуглеродистая	7...8	40...50	7...8	40...50	—	—
Сталь средне- и высокоуглеродистая	7...8	50...60	6...8	40...60	—	—

*Составные волокна* (рис. 2.61) образуются несколькими сопряженными частями и применяются преимущественно для волочения фасонных профилей.

Достоинства составных волок: универсальность; большая стойкость на износ; простота ремонта изношенных вкладышей; возможность волочения изделий крупных сечений.

Таблица 2.49

## Рекомендуемые геометрические размеры основных зон твердосплавных волок

Обрабатываемый металл	Диаметр канала, мм																	
	0,1...1,00						1,05...3,00						3,00 и более					
	Рабочий конус α, град.	Длина калибрующей зоны, % к диаметру	Входной конус, град.	Выходной конус, % к высоте	Рабочий конус α, град.	Длина калибрующей зоны, % к диаметру	Входной конус, град.	Выходной конус, % к высоте	Рабочий конус α, град.	Длина калибрующей зоны, % к диаметру	Входной конус, град.	Выходной конус, % к высоте						
Сталь низкоуглеродистая	8...10	30...50	40...60	12...15	10...14	30...50	40...60	12...15	14...16	30...50	40...60	12...15						
Сталь средне- и высокоуглеродистая	6...8	40...60	40...60	12...15	8...10	4...060	40...60	12...15	10...14	40...60	40...60	12...15						
Медь	12...14	20...60	40...60	12...15	14...16	20...60	40...60	12...15	16...18	20...60	40...60	12...15						
Латунь	12...14	20...50	40...60	12...15	14...16	20...50	40...60	12...15	16...18	20...50	40...60	12...15						
Бронза	12...14	40...60	40...60	12...15	14...16	40...60	40...60	12...15	16...18	40...50	40...60	12...15						
Алюминий	20...22	20...40	40...60	12...15	22...24	20...40	40...60	12...15	20...22	20...40	40...60	12...15						
Алюминиевые сплавы	20...22	20...40	40...60	12...15	22...24	20...40	40...60	12...15	22...24	30...40	40...60	12...15						
Никель	8...10	40...60	40...60	12...15	10...12	40...60	40...60	12...15	10...12	40...60	40...60	12...15						
Медно-никелевые сплавы	8...10	40...60	40...60	12...15	10...12	40...60	40...60	12...15	8...10	40...60	40...60	12...15						
Вольфрам	6...8	60...70	40...60	12...15	8...10	60...70	40...60	12...15	—	—	—	—						
Серебро	16...18	30...50	40...60	12...15	18...20	30...50	40...60	12...15	18...20	30...50	40...60	12...15						

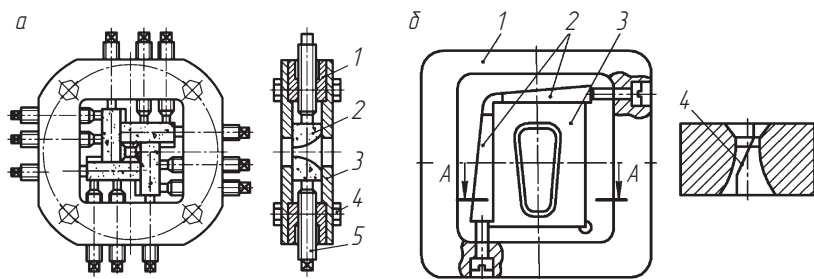


Рис. 2.61. Схемы составных волок:

*a* — прямоугольного профиля (1 — корпус; 2 — твердосплавная вставка; 3 — планка корпуса; 4 — стяжной винт; 5 — регулировочный винт); *б* — сложного профиля (1 — обойма; 2 — клинья; 3 — твердосплавная вставка; 4 — линия разреза)

Общим недостатком монолитных и составных волок является нестабильность условий смазки. Протягиваемые заготовки перед входом в рабочую зону покрываются слоем смазки. В процессе деформации заготовок большая часть смазки отгоняется назад, смазочная пленка резко утоняется, в некоторых местах разрывается и как следствие — резко возрастает трение с возможным обрывом изделия.

*Сборные волокни* (рис. 2.62, *a*) позволяют подавать смазку принудительно под давлением. С этой целью в корпусе устанавливаются соосно и последовательно две вставки: напорная и рабочая, между которыми находится уплотнительное кольцо 5. При затягивании накидной гайки 1 осуществляется герметизация стыка между вставками.

Диаметр напорной вставки несколько больше диаметра рабочей. Поэтому основная деформация осуществляется во второй по ходу волочения вставке, а в первой — только 10...25 % общей деформации по диаметру.

Благодаря разности диаметров вставок создается эффект гидродинамического трения в очаге деформации при давлении подаваемой смазки до  $1 \text{ кН/мм}^2$  (избыточное давление). В результате стабилизируются условия смазки, снижается усилие волочения и значительно повышается срок службы волокни.

Для нормальной работы сборной волокни очень важно правильно подобрать (опытным путем) разность диаметров напорной

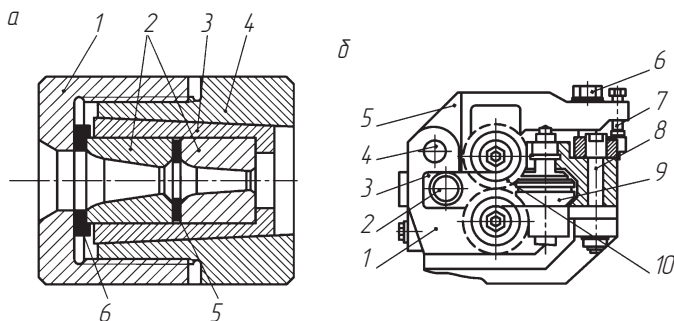


Рис. 2.62. Сборные сдвоенные волокна:

*a* — со сменными неподвижными вставками (1 — накидная гайка; 2 — неподвижные вставки (напорная и рабочая); 3 — коническая втулка; 4 — корпус; 5, 6 — уплотнительные кольца); *б* — с подвижными роликами (1 — основание; 2, 6 — стяжные болты; 3 — боковой рычаг; 4 — ось верхнего рычага; 5 — верхний рычаг; 7 — регулировочный болт; 8 — ось бокового рычага; 9 — вертикальный ролик; 10 — горизонтальный ролик)

и рабочей вставок. При большом перепаде диаметров теряется гидродинамический эффект напорной вставки, а при малом — быстро забивается отверстие напорной вставки. Оптимальное значение разности диаметров составляет 0,1...0,25 мм; при волочении оцинкованной или луженой заготовки эту разность следует увеличивать до 1,0...1,25 мм.

Сборные волокна с подвижными роликами (рис. 2.62, б) осуществляют деформацию в процессе обкатывания поверхности заготовки. Проволока, проходя через роликовые волокна, может деформироваться до 55 %, причем сила волочения будет значительно меньше, чем при волочении в монолитных волокнах. Это достигается заменой трения скольжения в монолитных волокнах на трение качения в роликовых волокнах.

Указанные волокна состоят из вертикальной и горизонтальной пары роликов 9, 10, размещенных в основании 1 (см. рис. 2.62). Положение роликов регулируется верхними рычагами 5. Изменяя положение роликов, можно вести настройку формы и размеров протягиваемого изделия.

К достоинствам роликовых волокон относятся: минимальная потребляемая мощность; повышенная скорость волочения; увеличение обжатия за один переход и повышение количества переходов



между отжигами; сокращение числа промежуточных отжигов и операций травления; возможность применения недефицитных смазок; улучшение физико-механических свойств проволоки. Эти достоинства особенно значимы при волочении малопластичных материалов, склонных к налипанию на инструмент.

Дисковые сборные волокнистые успешно применяют для изготовления прямоугольных, трапециевидных и других фасонных профилей. Особенно выгодно и высокопроизводительно применение дисковых волокон при волочении фасонных профилей из катаной проволоки диаметром до 20 мм. Применение дисковых волокон выгодно в связи с тем, что можно вести волочение на высоких скоростях, установить волокнистые на любом однократном барабане или цепном стане; допускаются большие общие обжатия, чем для обычных волокон, за счет меньших потерь на трение; можно получать профили с острой кромкой.

После износа ролика или диска их перешлифовывают на меньший диаметр и вновь устанавливают для дальнейшей работы. Ролики и диски изготавливают из стали X12M или твердого сплава марок ВК8, ВК15. Последние позволяют в десятки раз повысить стойкость этого типа инструмента по сравнению со стальными дисками.

## 2.12. Инструмент для чистовой холодной обработки давлением

---

### 2.12.1. Общие сведения

Исследования и практика эксплуатации машин показывают, что наиболее интенсивному воздействию в процессе эксплуатации машин подвергаются поверхностные слои деталей. Именно верхние слои противостоят изнашиванию, коррозии, тепловому воздействию и т.д. Весьма эффективными оказались процессы обработки металлов поверхностным деформированием, обеспечивающим не только упрочнение поверхностного слоя, но и повышение точности и снижения шероховатости поверхностей деталей.

Чистовая обработка металлов давлением основана на свойстве металлов пластически деформироваться в холодном состоянии.

В процессе холодной пластической деформации имеет место упрочнение металла (наклеп), которое является следствием искажения пространственной решетки, сопровождающейся накоплением внутренней потенциальной энергии, превращением плоскостей скольжения в неправильные поверхности, блокообразованием и концентрацией обломков зерен на поверхности скольжения и в результате заклиниванием плоскостей скольжения.

Наиболее широко распространены и эффективно используются методы чистовой обработки — обкатывание, раскатывание роликами, шарами и дорнование. В процессе вдавливания деформирующего элемента в поверхность детали металл выступов неровностей перемещается в обоих направлениях от места контакта. Высота исходных неровностей уменьшается. Образуется новый микрорельеф, форма, размеры и расположение неровностей которого зависят от формы и размеров деформирующего элемента и режимов обработки.

При работе с большими усилиями происходит дополнительно сдвиговая деформация поверхностных слоев в направлении перемещения деформирующего элемента.

Способы чистовой обработки и применяемый инструмент не являются универсальными. Каждый способ обработки и инструмент имеют ограниченную область рационального использования. В приложении 3 приведена классификация способов чистовой обработки давлением и ориенти ровочные возможности их применения.

### 2.12.2. Инструмент для обработки наружных цилиндрических поверхностей

*Твердосплавные и алмазные гладилки* отличаются предельной простотой, что определяет возможность их использования, когда применение более сложного, а значит, и более современного инструмента по различным причинам нецелесообразно.

Наличие трения скольжения между инструментом и обрабатываемой поверхностью является основным недостатком, определяющим низкую производительность гладилок.

*Однороликовые головки* отличаются простотой и универсальностью, а процесс обработки — возможностью осуществления в любых производственных условиях.

Процесс обкатывания роликовыми головками отличается от выглаживания твердосплавными и алмазными гладилками тем, что ведется в условиях трения качения между деформирующим роликом и обрабатываемой поверхностью. Этим обеспечиваются лучшие условия пластического деформирования: меньшие силы трения, а значит, и менее интенсивный нагрев роликов и заготовки, проскальзывание их относительно друг друга и, как следствие, относительно большая износостойкость деформирующих элементов; меньшие усилия и более высокие показатели качества поверхности.

Существует множество конструкций обкатников. Обкатники жесткого типа практически полностью вытеснены обкатниками упругого действия. Это объясняется тем, что при упругом контакте обеспечивается более равномерное усилие обкатывания по всей обрабатываемой поверхности. При жестком контакте деформирующего элемента с заготовкой отклонения формы заготовки приводят к разному по степени и глубине распространению упрочнения и неравномерному сглаживанию неровностей исходной поверхности на различных ее участках.

Более совершенными, хотя и конструктивно более сложными, являются *однороликовые обкатники упругого действия*. В качестве упругого элемента преимущественно используются винтовые пружины. Все обкатники упругого действия обладают различной жесткостью и применяются в зависимости от жесткости станка. На рис. 2.63. и 2.64 представлены три типа стандартизованных обкатников, предназначенных для обработки поверхностей в разных диапазонах усилий.

Обкатники I типа (см. рис. 2.63, а, б) предназначены для обработки усилием 2500 и 5000 Н. Обкатник I типа конструктивно наиболее прост и состоит (см. рис. 2.63, б) из корпуса 2, пружины 3, штока 4, гайки 1, шпонки 8 с винтами 6, 7, шкалы 5. Шпонка 8 удерживает от проворота шток 4 и размещенный на нем корпус роликовой головки 9.

Ролик 10 закреплен на валу 11 роликовой головки с помощью шайбы 13 и винта 12. Вал 11 вращается в игольчатом подшипнике 15 и двух конических роликовых подшипниках 17, которые закреплены на валу с помощью гайки 12 и стопорной шайбы 18.

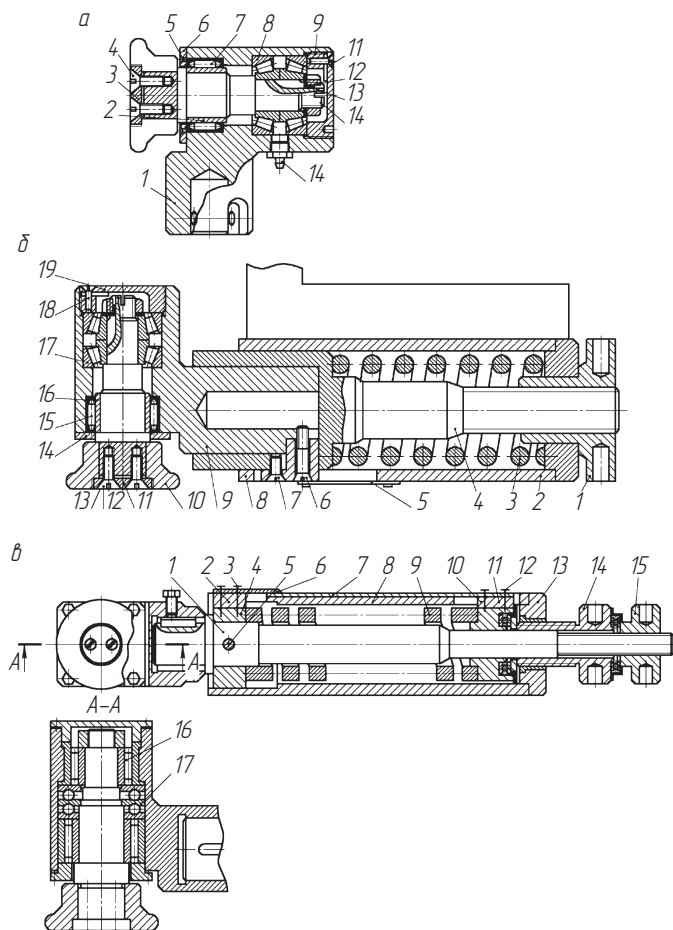


Рис. 2.63. Конструкции однорولیковых обкатников типов I (а, б) и II (в), предназначенных для упрочняющей обкатки:

а: 1 — корпус; 2 — кольцо; 3 — шайба; 4, 5 — винты; 6 — крышка; 7, 8 — подшипники; 9 — крышка; 10 — винт; 11 — гайка; 12 — шайба стопорная; 13 — ось; 14 — штуцер; б: 1 — гайка; 2 — корпус; 3 — пружина; 4 — шток; 5 — шкала; 6, 7 — винты; 8 — шпонка; 9 — корпус роликовой головки; 10 — ролик; 11 — вал; 12 — винт; 13 — шайба; 14 — крышка; 15 — подшипник игольчатый; 16 — закаленное кольцо; 17 — подшипник роликовый; 18 — стопорный винт; 19 — крышка резьбовая; в: 1 — шток; 2 — шпонка; 3 — винт; 4 — диск; 5 — штифт; 6 — указатель; 7 — шкала; 8 — труба; 9 — пружина; 10 — подшипник; 11 — шпонка; 12 — винт; 13 — втулка; 14 — контргайка; 15 — гайка; 16 — подшипник упорный; 17 — игольчатый подшипник

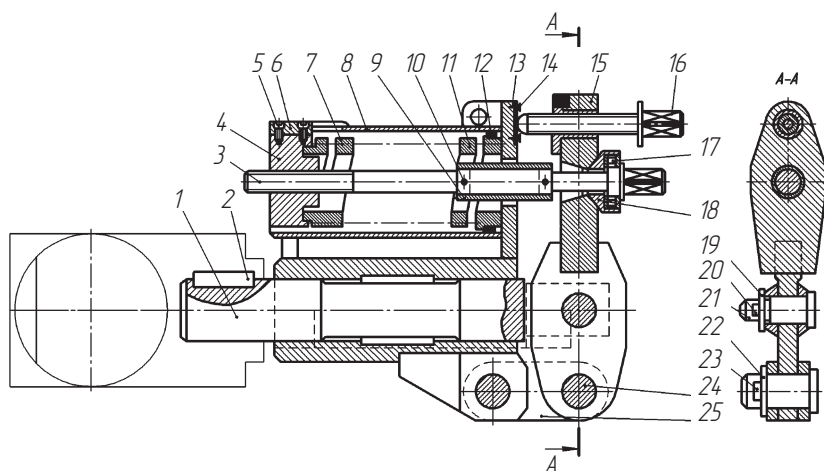


Рис. 2.64. Конструкция державки роликовой головки обкатника III типа: 1 – шток; 2 – шпонка; 3 – винт; 4 – гайка; 5 – винт; 6 – указатель; 7 – пружина; 8 – корпус; 9 – кольцо; 10 – штифт; 11 – втулка; 12 – кольцо; 13 – винт; 14 – планка; 15 – рычаг; 16 – винт; 17 – подшипник; 18 – опора; 19 – шайба; 20 – шплинт; 21 – валик; 22 – шайба; 23, 25 – серьга; 24 – ось

Обкатники II типа (см. рис. 2.63, в) рассчитаны на усилия обкатывания 10 кН и 20 кН, поэтому имеют более мощную пружину 9. Для уменьшения сил трения от осевой нагрузки под гайкой 15 и контргайкой 14 предусмотрены упорные шарикоподшипники 16. Указатель 6 установлен на шпонке 2, укрепляемой на диске 4 с помощью винтов 3, а шкала 7 крепится винтами 12 к корпусу подшипника 10 вместе со шпонкой 11. Диск 4 фиксируется на штоке 1 штифтом 5. Шпонка 2 предохраняет шток 1 от проворачивания. Корпус обкатника выполнен сварным и состоит из трубы 8, втулки 13 и двух угольников для крепления на станке.

В отличие от обкатников I типа в головке предусмотрены двухрядный упорный подшипник 16 и два игольчатых подшипника 17.

В основу конструкции обкатника III типа, рассчитанного на усилие обкатывания 40 кН, положена пружинно-рычажная система (рис. 2.64). Сварной корпус состоит из двух параллельно расположенных труб. Сквозь нижнюю проходит шток 1, на конце которого закреплена роликовая головка II типа, рассчитанная на усилие

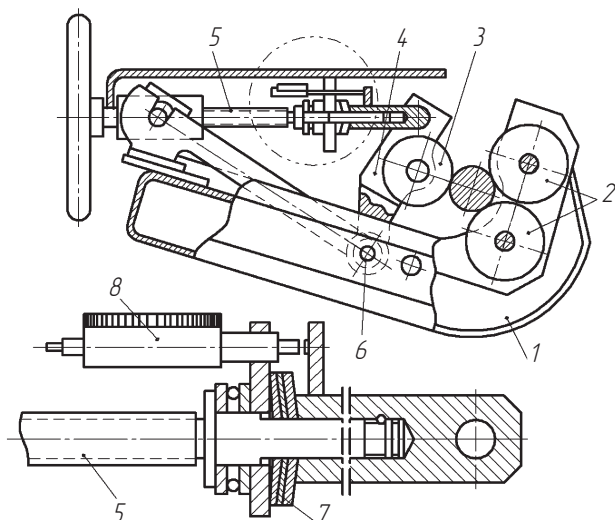


Рис. 2.65. Трехроликковый обкатник упругого действия с тарельчатой пружиной

2000 кгс. Величина усилия обкатывания регулируется поворотом серьги 25 относительно оси 24.

Из сопоставленных радиальных сил при обкатывании одно-, двух-, трех- и многороликовыми обкатниками наиболее благоприятные условия в отношении системы «станок — инструмент — деталь» создаются при работе с тремя и бóльшим числом роликов.

*Трехроликовый обкатник с тарельчатой пружиной* (рис. 2.65) предназначен для чистовой и упрочняющей обкатки валов среднего диаметра. Он устанавливается на токарном станке взамен суппорта. Два ролика 2 закреплены в нижней корытообразной части корпуса 1, а третий ролик 3 установлен в коромысле 4, которое с помощью тяги 6 шарнирно соединяется с корпусом. Рабочее усилие обкатывания создается винтом 5, который через тарельчатые пружины 7 прижимает ролик 3 к заготовке. Величина усилия фиксируется динамометром 8.

### 2.12.3. Инструмент для обработки внутренних поверхностей

Чистовая обработка давлением охватывает почти весь используемый в промышленности диапазон размеров сквозных и глухих отверстий диаметром 2...500 мм и выше, длиной свыше 3...5 м.

Основными наиболее широко применяемыми способами обработки давлением отверстий являются:

- дорнование;
- протягивание;
- раскатывание.

**Инструмент для дорнования** осуществляет непосредственное пластическое деформирование металла заготовок, поэтому число его рабочих элементов-зубьев, геометрия и размеры их поперечных сечений определяют характер формоизменения металла. Инструмент в значительной степени влияет на точность, качество и эксплуатационные свойства обработанных отверстий поверхностей.

К инструментам для дорнования относятся универсальные и специальные дорны, а также комбинированный инструмент. По видам дорнования различают дорны сглаживающие, калибрующие, упрочняющие и формообразующие; по виду обрабатываемых отверстий — дорны цилиндрические и профильные. Зубья дорнов изготавливают конической, сферической и криволинейной формы. По числу зубьев различают дорны однозубые и многозубые.

*Однокольцевые цельные дорны* (рис. 2.66, а) конструктивны и в изготовлении наиболее просты, применяются для обработки отверстий диаметром 2...50 мм. Рабочая часть выполняется со сферической или цилиндрической ленточкой с заборными и обратными конусами. При обработке глубоких отверстий ( $l/d > 3$ ) предусматривается направляющая часть.

Однокольцевые цельные дорны изготавливаются из углеродистых и легированных сталей. После закалки и отпуска твердость рабочей части должна быть не менее 62...65 HRC.

*Однокольцевые сборные дорны* с твердосплавным кольцом являются несравнимо более стойкими (рис. 2.66, б). Материал колец — твердые сплавы ВК8, ВК15.

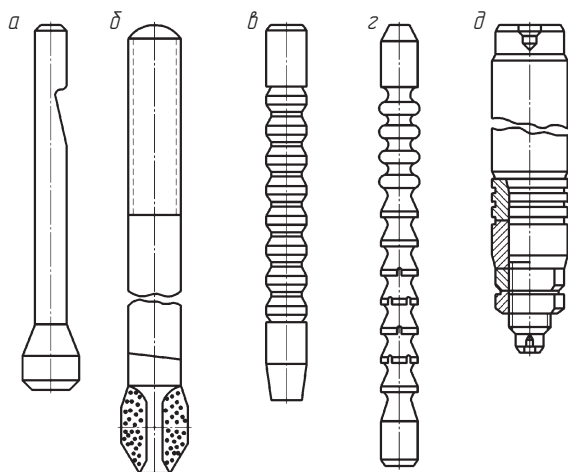


Рис. 2.66. Конструкции дорнов:

*a* — однокольцевой цельный; *б* — однокольцевой сборный; *в* — многокольцевой цельный; *г* — многокольцевой комбинированный; *д* — многокольцевой сборный

*Многокольцевой цельный дорн* (рис. 2.66, *в*) применяется только в серийном производстве при калибровании отверстий из мягких цветных металлов.

Величину припуска на обработку отверстий диаметром 10...60 мм принимают равной 0,1...0,3 мм в зависимости от диаметра и длины обрабатываемого отверстия, металла заготовки и качества предварительной обработки.

Величина подъема на выглаживающих кольцах составляет 0,005...0,015 мм; меньшее значение принимают при малых припусках на обработку и при обработке маложестких тонкостенных заготовок, бóльшие — при больших припусках и обработке конструктивно жестких заготовок.

Шаг  $t$  колец многокольцевых дорнов выбирается в зависимости от длины  $L$  обрабатываемого отверстия и ориентировочно составляет  $(1,0...1,2)\sqrt{L}$ .

*Многокольцевой комбинированный дорн* (рис. 2.66, *г*) с режущими зубьями и выглаживающими кольцами применяется при обработке точных отверстий (IT6–IT8) диаметром 5...20 мм в условиях серийного производства, когда экономически целесообразно



за счет усложнения конструкции и повышения стоимости инструмента повысить производительность, достигая за один проход после сверления шероховатость поверхности  $Ra$  0,63...0,32.

*Многокольцевой сборный дорн* (рис. 2.66, д) отличается от однокольцевых и многокольцевых цельных не только производительностью, но и более высокой точностью и качеством поверхности отверстий.

Количество  $z_k$  деформирующих колец можно рассчитать по эмпирической формуле

$$z_k = \frac{d}{32} + (3...5),$$

где  $d$  — диаметр обрабатываемого отверстия.

Для определения фактического натяга любого деформирующего кольца можно использовать формулу

$$i_{z_n} = i_{\max} \frac{\lg z_n}{\lg z_k},$$

где  $i_{z_n}$  — натяг деформирующего кольца (превышение диаметра кольца по сравнению с размером исходного отверстия), мм;  $i_{\max}$  — натяг кольца наибольшего диаметра;  $n$  — порядковый номер кольца, для которого определяется величина натяга.

Величина подъема  $a_{z_n}$  для каждого деформирующего кольца определяется по формуле

$$a_{z_n} = \frac{i_{z_n} - i_{z_{n-1}}}{2},$$

где  $i_{z_{n-1}}$  — натяг предыдущего кольца, мм.

Число одновременно участвующих в деформации колец  $z_p$  находят из уравнения

$$z_p = \frac{L}{t} + 1.$$

Общим недостатком всех дорнов является продольный изгиб, ограничивающий длину дорнов, а значит, и длину обрабатываемых заготовок.

**Выглаживающие протяжки**, работающие на растяжение, являются более совершенным инструментом, чем дорны, так как могут

изготавливаться длиной в 2–3 раза большей, чем дорны того же сечения.

На рис. 2.67 представлены *однокольцевые протяжки* с резьбовым хвостовиком. При обработке отверстий диаметром до 10 мм протяжки выполняются шарообразными с диаметром, равным диаметру обрабатываемого отверстия (рис. 2.67, а). При обработке отверстий диаметром больше 10 мм радиус сферы уменьшают по сравнению с радиусом обрабатываемого отверстия (рис. 2.67, б). Это позволяет увеличить давление и уменьшить сопротивление материала пластическому деформированию. Протяжки с цилиндрической ленточкой характеризуются углами заборного и обратного конусов  $\alpha$  и  $\alpha_1$  (рис. 2.67, в). Оптимальные значения  $\alpha$ ,  $\alpha_1$  и  $b$  при протягивании отверстий диаметром 2...10 мм равны соответственно 3...5°, 4...6° и 0,5...1,2 мм. С целью уменьшения тягового усилия и улучшения шероховатости обрабатываемой поверхности рекомендуется использовать протяжки с двойным заборным конусом (рис. 2.67, г).

*Многокольцевая составная протяжка*, представленная на рис. 2.68, состоит из оправки с распорными, рабочими, опорными, калибрующими кольцами. Все кольца стягиваются гайкой через шайбу.

Кольца имеют цилиндрическую ленточку шириной 2...5 мм и заборный и обратный конусы с углом 2...5°. Материал колец стали ХВГ, Х12М, ХВ5 или твердые сплавы марок ВК6, ВК15. Основную часть пластической деформации выполняют рабочие и калибрующие кольца. Назначение направляющих и опорных колец — улучшить направление протяжки и предотвратить возможное искривление оси обрабатываемого отверстия.

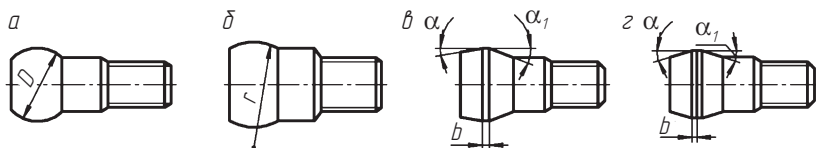


Рис. 2.67. Формы рабочего профиля однокольцевых протяжек:  
а — сферическая; б — криволинейная; в — коническая; г — коническая с двойным заборным конусом

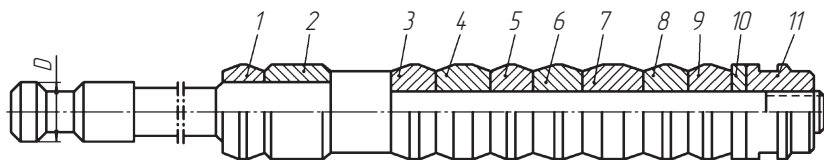


Рис. 2.68. Многокольцевая составная протяжка:

1, 2 — распорные кольца; 3, 5, 6, 8 — рабочие кольца; 4, 7 — опорные кольца; 9 — калибрующие кольца; 10 — шайба; 11 — гайка

Одним из основных недостатков способов дорнования и протягивания выглаживающим инструментом является необходимость выполнения их как отдельной операции на прессах или протягивающих станках. Интенсивное трение скольжения между выглаживающим инструментом и поверхностью отверстия приводит к нагреву и износу инструмента.

**Раскатчик** — инструмент, основанный на трении качения между деформирующим роликом или шариком и обрабатываемой поверхностью, позволяющий использовать оборудование, на котором обрабатывают отверстия.

Деформирующих элементов может быть один, два и более. Недостатком одноэлементных раскатников является одностороннее давление на заготовку и относительно низкая производительность. Это ограничивает область их применения обработкой отверстий большого диаметра в жестких заготовках.

Раскатники выполняют жесткими, упругого действия, регулируемые и нерегулируемые.

При обработке отверстий особенности и достоинства шарикового инструмента проявляются в большей мере, чем при обработке наружных цилиндрических поверхностей.

Самоустанавливаемость шаров, не имеющих принудительной оси вращения, позволяет практически избежать проскальзывания шаров относительно заготовки. Малая поверхность контакта шара с обрабатываемой поверхностью позволяет обеспечить большие давления при малых нагрузках на стенки заготовки по сравнению с роликами.

Простота конструкции и относительно низкая стоимость инструмента определяют особую область применения шариковых раскатников: калибрование, отделка, упрочнение тонкостенных

маложестких заготовок с большим отношением длины к наружному диаметру и толщине стенок, а также заготовок разностенных в радиальном и осевом сечении. Возможность использования стандартных шаров обеспечивает рентабельность применения в условиях опытного, индивидуального и мелкосерийного производства.

На рис. 2.69 представлена *многороликковая дифференциальная раскатка* диаметром 40...300 мм для размерно-чистовой обработки отверстий деталей давлением.

Раскатка устроена следующим образом. Деформирующие шарики 18 расположены в сепараторе 17 между двумя упорными подшипниками 4 и катятся по конической втулки 7. Раскатка устроена следующим образом. Деформирующие шарики 18 расположены в сепараторе 17 между двумя упорными подшипниками 4 и катятся по конической поверхности втулки 7.

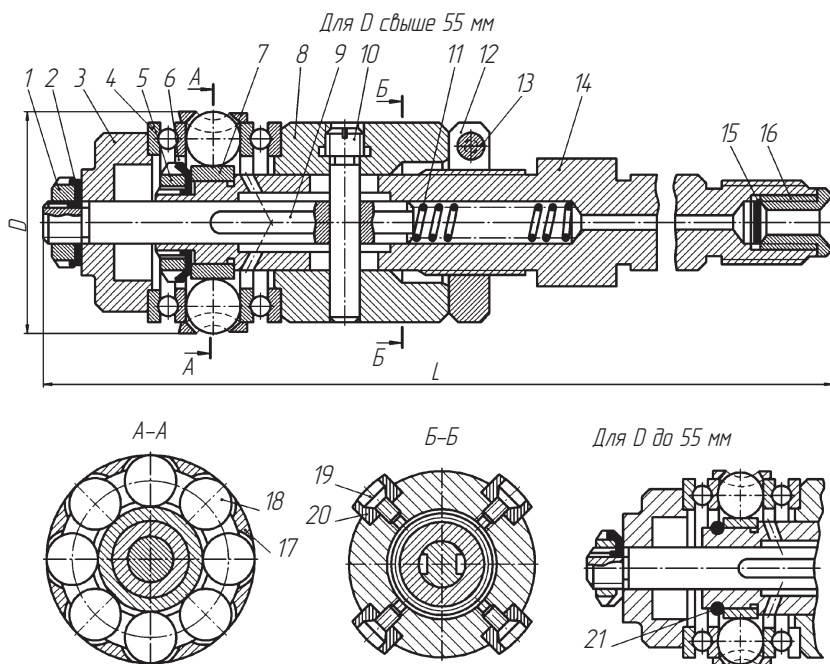


Рис. 2.69. Раскатка многороликковая дифференциальная:

1 – гайка; 2 – шайба стопорная; 3 – фланец; 4 – шарикоподшипник упорный; 5 – гайка; 6 – шайба стопорная; 7 – втулка конусная; 8 – втулка; 9 – валик; 10 – ось; 11 – пружина; 12 – гайка разрезная; 13 – винт; 14 – корпус; 15 – сетка фильтрационная; 16 – штуцер; 17 – сепаратор; 18 – шарик; 19 – винт; 20 – колотка; 21 – кольцо стопорное

Подшипники установлены во фланце 3 и втулке 8 и поджимаются гайкой 1. Таким образом, шарики 18, подшипники 4 и втулка 7 образуют подвижную относительно корпуса 14 систему, перемещение которой вправо ограничивается гайкой 12. При настройке на размер подвижная система с шариками движется вправо при необходимости увеличить рабочий размер раскатки и влево — при уменьшении его.

Во всех случаях при раскатывании принудительное вращательное движение совершает заготовка, а раскатка движется поступательно. Охлаждающе-смазывающая жидкость попадает через штуцер по отверстию в корпусе и каналам непосредственно к деформирующим шарикам.

Общим недостатком шариковых инструментов является сложность их использования для обработки глухих отверстий.

#### 2.12.4. Инструмент для обработки плоских поверхностей

Условно плоские поверхности можно разделить на два вида: плоские торцевые поверхности заготовок тел вращения и плоские линейчатые поверхности плоскостных заготовок. Особенность обработки плоских торцевых поверхностей заключается в изменении скорости вращения деформирующего элемента по мере перемещения его от периферии к центру, что приводит к увеличению проскальзывания относительно обрабатываемой поверхности и, соответственно, к ухудшению условий пластического деформирования. В этом отношении более благоприятные условия по сравнению с роликовым инструментом создаются при работе шариковым инструментом, не имеющим фиксированной оси вращения (рис. 2.70).

*Обкатник жесткого типа* (рис. 2.70, а) состоит из корпуса 4 с запрессованным в него упорным кольцом 7, по которому катятся рабочие шары 8, прижимаемые конусными гнездами сепаратора 9. Поджим шаров осуществляется пружиной 2 через гайку 1, ось 3, шайбу 6 и подшипник 5, перемещающийся по выступу корпуса вместе с сепаратором.

Основным недостатком обкатников жесткого типа является необходимость тщательной выверки их положения относительно предварительно обработанной поверхности. Невыполнение этого условия приводит к неравномерным усилиям обкатывания и как

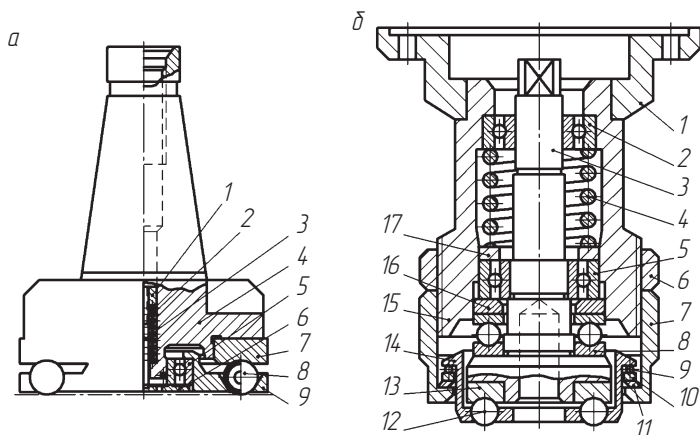


Рис. 2.70. Многошариковые обкатники обработки плоских линейчатых поверхностей

следствие — к образованию поверхности, неоднородной по геометрическим и физическим характеристикам.

*Обкатник упругого действия* (рис. 2.70, б) устроен следующим образом. Шпиндель 3, установленный в подшипниках 2 и 5, имеет упорные кольца 13, по которым катятся шары 12, расположенные в кольце-сепараторе 14. С помощью тарельчатой пружины 11, опорного кольца 10 и специального шарикоподшипника 9 кольцо-сепаратор 14 в нерабочем положении прижимает шарики 12 к упорному кольцу 13. Тарельчатая пружина опирается на регулировочную гайку 7, навинченную на корпус 15. Для получения определенного давления при обработке заготовки контргайку 6 снимают и навинчивают регулировочную гайку 7, осуществляя тем самым вертикальные перемещения шпинделя 3. При этом упорный подшипник 8, опираясь на шпиндель, передает через кольцо 16 вертикальное перемещение подшипнику 5, сжимающему через кольцо 17 пружину 4, которая через подшипник 2 упирается в корпус 15 и во фланец 1.

Обработка поверхности описанным выше обкатником позволяет понизить шероховатость с  $Ra\ 5,0...2,5$  до  $Ra\ 0,63...0,32$  и повысить исходную твердость на 20 %.

## ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ГОРЯЧЕЙ ОБЪЕМНОЙ ОБРАБОТКИ



### 3.1. Общие сведения

---

Основным достоинством горячей обработки металлов является снижение усилия деформации, которое по сравнению с холодной обработкой может быть меньше в 30–40 раз. Пластичность металла после нагрева возрастает, что позволяет получать поковки сложной формы. Деформирование металла в штампе происходит в условиях перемещения нагретого металла относительно формообразующих поверхностей ручьев штампа. В результате имеет место интенсивный износ штампов. Эффективность процессов горячей обработки определяется стойкостью штампов. Повышение стойкости штампов для горячей обработки является актуальной конструкторско-технологической задачей.

В *открытых штампах* (рис. 3.1, а) избыток металла после заполнения полости ручья штампа вытесняется в специальную облойную канавку, расположенную по периметру ручья. Технологией штамповки в *закрытых штампах* (рис. 3.1, б) избыток металла не предусматривается. Объем исходной заготовки равен объему поковки. Поэтому облойные канавки в закрытых штампах отсутствуют. В *штампах с разъемной матрицей* (рис. 3.1, в) за счет двух плоскостей разъема — по торцу пуансона и плоскости смыкания полуматриц — возможно получение поволок более сложной конфигурации, чем с одной плоскостью разъема. Такие штампы расширяют технологические возможности объемной штамповки, но более сложны конструктивно и технологически.

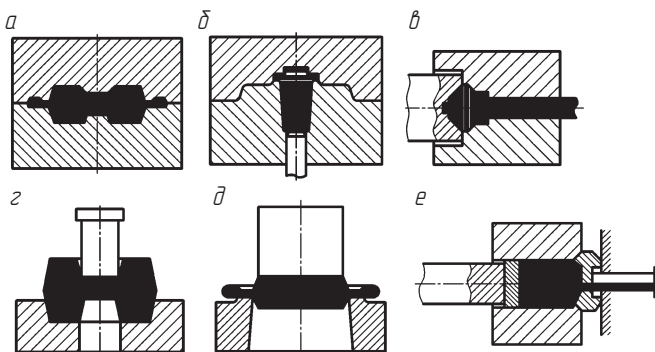


Рис. 3.1. Технологические схемы штампов:

*a* — для открытой штамповки; *б* — закрытой штамповки; *в* — штамповки в разъемных матрицах; *г* — пробивки отверстий; *д* — обрезки облоя; *е* — прес-сования

Штампы классифицируют по используемому оборудованию, конструктивному признаку, назначению, габаритам и т.д.

По применяемому оборудованию штампы делятся на две группы:

- 1) штампы, используемые на универсальном оборудовании (молоты, кривошипные, гидравлические прессы, ковочные машины);
- 2) штампы, используемые на специализируемом оборудовании (ротационно-ковочные машины, вальцы, прокатные станы).

По конструктивному признаку штампы подразделяются на открытые, закрытые, цельные (монолитные) и сборные; с разъемными матрицами; с выталкивателями и без них.

По назначению выделяют штампы для выдавливания, колибрования, обрезки и т.д.

По габаритам (массе) штампы подразделяются на мелкие (массой до 30 кг), средние (30...200 кг), крупные (200...2000 кг) и очень крупные (свыше 2000 кг).

По количеству ручьев штампы подразделяются на одноручьевые и многоручьевые.



## 3.2. Конструктивные и технологические параметры поковки

Обозначение размеров и название элементов поволок приведены на рис. 3.2.

**Элементы поволок** (рис. 3.2, б):

- полотно — тонкая стенка поковки, штампуемая в горизонтальной плоскости;
- ребро — тонкая стенка или выступ поковки, расположенной в вертикальной плоскости;
- бобышка — выступ на поковке, длина которого равна ширине;
- припуск — слой металла, срезаемый при обработке поковки;
- напуск — необходимый избыток металла, вызываемый особенностями технологического процесса формообразования поковки.

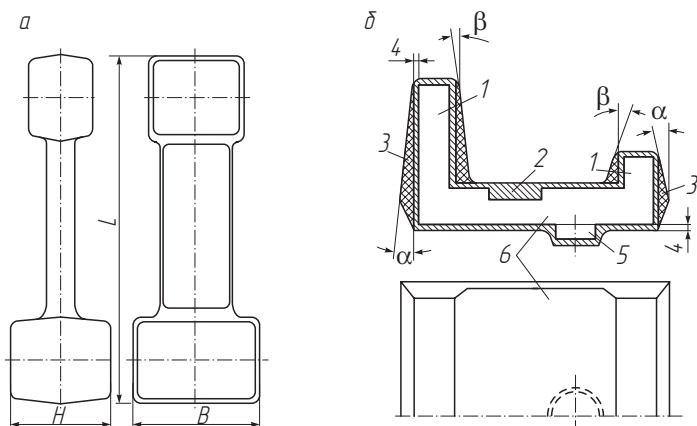


Рис. 3.2. Геометрические параметры поволок:

*a* — основные размеры; *б* — элементы поволоки: 1 — ребро; 2 — залив; 3 — напуск; 4 — припуск; 5 — бобышка; 6 — полотно;  $\alpha$ ,  $\beta$  — наружный и внутренний штамповочные уклоны

Разновидности **напусков** и их назначение:

- штамповочные уклоны — необходимы для обеспечения свободного извлечения готовой поковки из ручья штампа;

□ заливывы\* — применяются для упрощения формы полости чистового ручья с целью создания условий, необходимых для предотвращения брака поковок, повышения стойкости ручья, а также для создания участков, обеспечивающих вырубку-пробивку, необходимую для испытания механических свойств;

□ радиусы переходов ( $R$ ) в местах сопряжения отдельных элементов поковки — требуются для предотвращения поверхностных дефектов на поковках в виде складок металла и трещин и для облегчения течения металла;

□ закругления ( $r$ ) — для уменьшения концентрации напряжений в углах дна полости чистового ручья.

К **конструктивным параметрам** поковок относятся: класс точности, группа стали, степень сложности, конфигурация поверхности разъема штампа.

Стандарт устанавливает пять классов точности (Т1...Т5), три группы сталей (М1...М3), четыре степени сложности (С1...С4), три вида конфигурации поверхности разъема штампов (плоская (П), симметрично изогнутая ( $I_c$ ), несимметрично изогнутая ( $I_n$ )).

*Класс точности* поковки зависит от используемого оборудования, технологического процесса и определяется по табл. 3.1.

Таблица 3.1

### Выбор класса точности поковки

Основное деформирующее оборудование, технологические процессы	Класс точности литья				
	Т1	Т2	Т3	Т4	Т5
Кривошипные горячештамповочные прессы: открытая (облойная) штамповка закрытая штамповка выдавливание				+	+
		+	+		
			+	+	
Горизонтально-ковочные машины				+	+
Прессы гидравлические винтовые				+	+
Горячештамповочные автоматы		+	+		
Штамповочные молоты				+	+
Калибровка объемная (горячая или холодная)	+	+			
Прецизионная штамповка	+				

\* Термин «залив» сложился исторически и к заливке металла отношения не имеет.

Стали с массовой долей углерода до 0,35 % включительно и суммарной массовой долей легирующих элементов до 2 % включительно отнесены к первой группе – М1. Ко второй группе – М2 отнесены стали с массовой долей углерода 0,35...0,65 %, стали с суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 5,0 % отнесены к третьей группе – М3.

Критерием для классификации поковок по *степени сложности* служит отношение массы (объема)  $G_{п}$  поковки к массе (объему)  $G_{ф}$  геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки. В качестве такой геометрической фигуры стандарт рекомендует использовать шар, параллелепипед, цилиндр с перпендикулярными к его оси торцами или прямую правильную призму (рис. 3.3); преимущественно выбирается фигура с наименьшим объемом.

При вычислении отношения  $G_{п}/G_{ф}$  принимают ту из геометрических фигур, масса (объем) которой наименьшая. При определении размеров, описывающих поковку геометрической фигуры, допускается исходить из увеличений в 1,05 раза габаритных линейных размеров детали, определяющих положение ее обработанных частей.

Степеням сложности поковок соответствуют следующие численные значения отношений  $G_{п}/G_{ф}$ : С1 – свыше 0,63...1,0; С2 – свыше 0,32...0,63; С3 – свыше 0,16...0,32; С4 – до 0,16.

Степень сложности С4 устанавливается для поковок с тонкими элементами, например в виде диска, фланца, кольца (рис. 3.4),

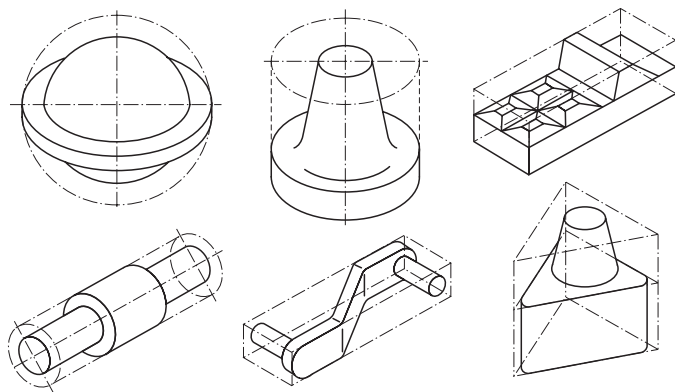


Рис. 3.3. Геометрические фигуры для определения сложности поковок

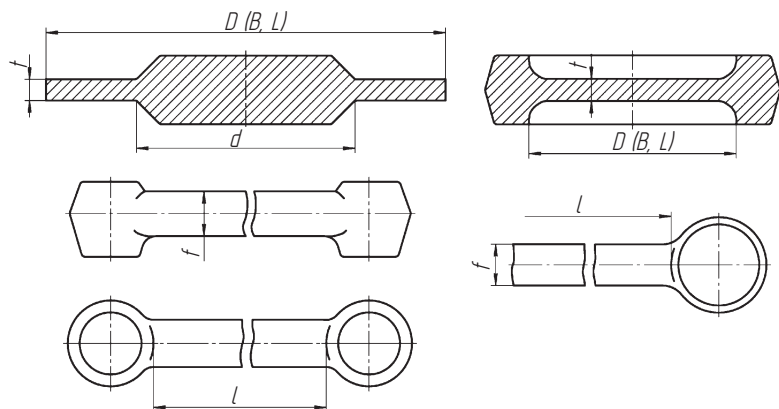


Рис. 3.4. Геометрические элементы поковки, определяющие степень ее сложности

в том числе с пробиваемыми перемычками, а также для поковок с тонкими стержневыми элементами, если отклонение  $t/D$ ;  $t/L$ ;  $t(D - d)$  не превышает 0,20 и величина  $t$  не более 25 мм (где  $D$  — номинальный размер тонкого элемента;  $d$  — диаметр элемента поковки, толщина которого не превышает  $t$ ).

Для поковок, полученных на горизонтально-ковочных машинах, допускается определять степень сложности в зависимости от числа переходов: С1 — не более чем при двух переходах; С2 — при трех переходах; С3 — при четырех переходах; С4 — более чем при четырех переходах или при изготовлении на двух ковочных машинах.

В качестве показателя, учитывающего в обобщенном виде сумму конструктивных параметров (класс точности, группу стали, степень сложности, конфигурацию поверхности разема) и массу поковки, принят *исходный индекс*. Определение этого индекса начинают с определения массы поковки.

Расчетная масса поковки определяется по ее номинальным размерам. Ориентировочную величину расчетной массы поковки  $G_n$  допускается вычислить по формуле

$$G_n = M_{\text{дет}} K_p,$$

где  $M_{\text{дет}}$  — масса детали, кг;  $K_p$  — расчетный коэффициент, устанавливаемый в соответствии с табл. 3.2.

Таблица 3.2

**Коэффициент  $K_p$  для определения ориентировочной  
расчетной массы поковки**

Группа	Характеристика деталей	Типовые представители	$K_p$
1	Удлиненной формы		
1.1	С прямой осью	Валы, оси, цапфы, шатуны	1,3...1,6
1.2	С изогнутой осью	Рычаги, сошки рулевого управления	1,1...1,4
2	Круглые и многогранные в плане		
2.1	Круглые	Шестерни, ступицы, фланцы	1,5...1,8
2.2	Квадратные, прямоугольные, многогранные	Фланцы, ступицы, гайки	1,3...1,7
2.3	С отрезками	Крестовины, вилки	1,4...1,6
3	Комбинированные, содержащие элементы 1-й и 2-й групп	Кулачки поворотные, коленчатые валы	1,3...1,8
4	С большим объемом необрабатываемых поверхностей	Балки передних осей, рычаги переключения коробок передач, буксирные крюки	1,1...1,3
5	С отверстиями, углублениями, поднутрениями, не оформляемыми в поковке при штамповке	Полые валы, фланцы, блоки шестерен	1,8...2,2

Исходный индекс для последующего назначения припусков и допусков поковки определяется в зависимости от массы, марки стали, степени сложности и класса точности поковки (рис. 3.5).

Например, для поковки массой 0,5 кг группы стали М1, степени сложности С1, класса точности Т2 исходный индекс равен 3. Поковка массой 1,5 кг, группы стали М3, степени сложности С2, класса точности Т1 имеет исходный индекс 6 (см. рис. 3.5).

Исходный индекс должен быть указан на чертеже поковки.

*Припуск на механическую обработку* включает основной и дополнительные припуски, учитывающие отклонение формы поковки. Величины припусков назначают на одну сторону номинального размера поковки. Основные припуски на механическую обработку повок в зависимости от исходного припуска устанавливают по табл. 3.3.

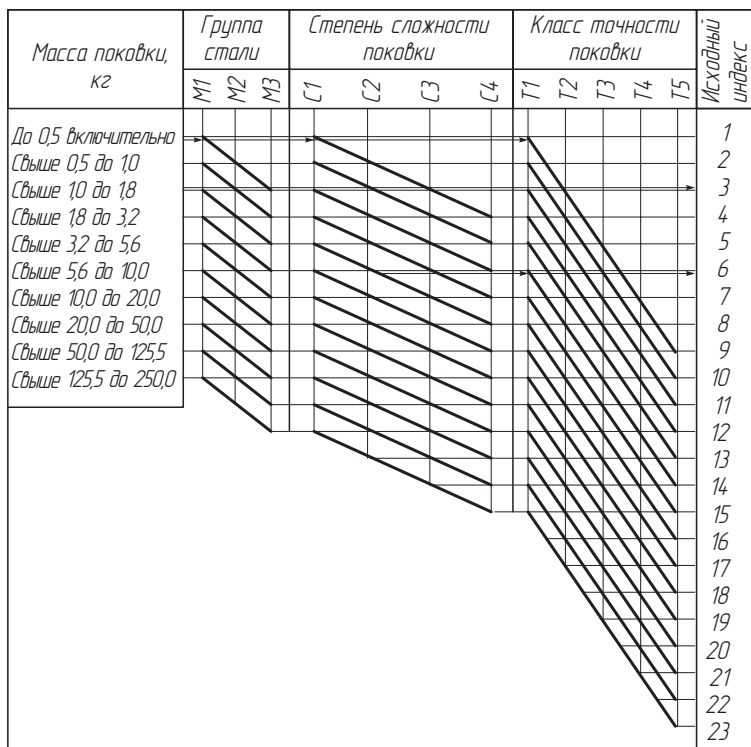


Рис. 3.5. Номограмма для определения исходного индекса

Таблица 3.3

## Основные припуски на механическую обработку (на сторону), мм

Исходный индекс	Толщина детали, мм											
	До 25			25...40			40...63			63...100		
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота детали, мм											
	До 40			40...100			100...160			160...250		
	Ra, мкм											
	$\frac{100}{12,5}$	$\frac{10}{1,6}$	1,25	$\frac{100}{12,5}$	$\frac{10}{1,6}$	1,25	$\frac{100}{12,5}$	$\frac{10}{1,6}$	1,25	$\frac{100}{12,5}$	$\frac{10}{1,6}$	1,25
1	0,4	0,6	0,7	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9
2	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9

Окончание табл. 3.3

Исходный индекс	Толщина детали, мм											
	До 25			25...40			40...63			63...100		
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота детали, мм											
	До 40			40...100			100...160			160...250		
	Ra, мкм											
	$\frac{100}{12,5}$	$\frac{10}{1,6}$	1,25	$\frac{100}{12,5}$	$\frac{10}{1,6}$	1,25	$\frac{100}{12,5}$	$\frac{10}{1,6}$	1,25	$\frac{100}{12,5}$	$\frac{10}{1,6}$	1,25
3	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0
4	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1
5	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2
6	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4
7	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5
8	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6
9	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8
10	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9
11	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0
12	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2
13	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5
14	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7
15	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0
16	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3
17	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5
18	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8
19	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1
20	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7
21	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1
22	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6
23	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2

В зависимости от класса точности Т устанавливают дополнительные припуски, учитывающие смещение поковки (табл. 3.4), изогнутость, отклонение от плоскостности и прямолинейности (табл. 3.5), отклонение межосевого расстояния (табл. 3.6).

Таблица 3.4

**Смещение припуска по поверхности разъема штампа  
для классов точности, мм**

Масса поковки, кг	Поверхность разъема														
	плоская (П)					симметрично изогнутая (И <sub>с</sub> )					несимметрично изогнутая (И <sub>н</sub> )				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
До 0,5 включительно	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
0,5...1,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
1,0...1,8	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4
1,8...3,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5
3,2...5,6	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6
5,6...10,0	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
10,0...20,0	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9
20,0...50,0	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2
50,0...125,0	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	0,6	0,7	0,9	1,2	1,6
125,0...250	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	0,6	0,7	0,9	1,2	1,6	0,7	0,9	1,2	1,6	2,0

Таблица 3.5

**Припуски для классов точности, учитывающие изогнутость,  
отклонения от плоскостности и прямолинейности, мм**

Наибольший размер поковки, мм	Припуск для классов точности					Допустимые отклонения по изогнутости для классов точности				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
До 100 включительно	0,1	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
Свыше 100 до 160	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
Свыше 160 до 250	0,2	0,3	0,3	0,4	0,6	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
Свыше 250 до 400	0,3	0,4	0,4	0,5	0,8	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
Свыше 400 до 630	0,4	0,5	0,5	0,6	1,0	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
Свыше 630 до 1000	0,5	0,6	0,6	0,8	1,2	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5
Свыше 1000 до 1600	0,6	0,8	0,8	1,0	1,6	1,2	1,6	2,0	2,5	3,2
Свыше 1600 до 2500	0,8	1,0	1,0	1,2	2,0	1,6	2,0	2,5	3,2	4,0



Таблица 3.6

**Припуски, учитывающее отклонение межосевого расстояния, мм**

Расстояние между центрами, осями, мм	Класс точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 60 включительно	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3
Свыше 60 до 100	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5
Свыше 100 до 160	0,2	0,2	0,3	0,5	0,8
Свыше 160 до 250	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2
Свыше 250 до 400	0,3	0,5	0,8	1,2	1,6
Свыше 400 до 630	0,5	0,8	1,2	1,6	2,0
Свыше 630 до 1000	0,8	1,2	1,6	2,0	2,5
Свыше 1000 до 1600	1,2	1,6	2,0	2,5	4,0
Свыше 1600 до 2500	1,6	2,0	2,5	4,0	6,0

Минимальная величина радиусов закруглений наружных углов поволок в зависимости от глубины полости ручья штампа устанавливается по табл. 3.7.

Таблица 3.7

**Минимальная величина радиусов закруглений, мм**

Масса поковки, кг	Глубина полости ручья штампа, мм			
	До 10 включительно	10...25	25...50	Более 50
До 1,0 включительно	1,0	1,6	2,0	3,0
Свыше 1,0 до 6,3	1,6	2,0	2,5	3,6
Свыше 6,3 до 16,0	2,0	2,5	3,0	4,0
Свыше 16,0 до 40,0	2,5	3,0	4,0	5,0
Свыше 40,0 до 100,0	3,0	4,0	5,0	7,0
Свыше 100,0 до 250,0	4,0	5,0	6,0	8,0

*Допуски и отклонения линейных размеров* поволок назначаются в зависимости от исходного индекса и размеров поковки по табл. 3.8.

Таблица 3.8

## Допуски и отклонения линейных размеров, мм

Исходный индекс	Наибольшая толщина поковки, мм					
	До 40		40...63		63...100	
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки, мм					
	До 40		40...100		100...160	
1	0,3	+0,2	0,4	+0,3	0,5	+0,3
		-0,1		-0,1		-0,2
2	0,4	+0,3	0,5	+0,3	0,6	+0,4
		-0,1		-0,2		-0,2
3	0,5	+0,3	0,6	+0,4	0,7	+0,5
		-0,2		-0,2		-0,2
4	0,6	+0,4	0,7	+0,5	0,8	+0,5
		-0,2		-0,2		-0,3
5	0,7	+0,5	0,8	+0,5	0,9	+0,6
		-0,2		-0,3		-0,3
6	0,8	+0,5	0,9	+0,6	1,0	+0,7
		-0,3		-0,3		-0,3
7	0,9	+0,6	1,0	+0,7	1,2	+0,8
		-0,3		-0,3		-0,4
8	1,0	+0,7	1,2	+0,8	1,4	+0,9
		-0,3		-0,4		-0,5
9	1,2	+0,8	1,4	+0,9	1,6	+1,1
		-0,4		-0,5		-0,5
10	1,4	+0,9	1,6	+1,1	2,0	+1,3
		-0,5		-0,5		-0,7
11	1,6	+1,1	2,0	+1,3	2,2	+1,4
		-0,5		-0,7		-0,8
12	2,0	+1,3	2,2	+1,4	2,5	+1,6
		-0,7		-0,8		-0,9
13	2,2	+1,4	2,5	+1,6	2,8	+1,8
		-0,8		-0,9		-1,0
14	2,5	+1,6	2,8	+1,8	3,2	+2,1
		-0,9		-1,0		-1,1
15	2,8	+1,8	3,2	+2,1	3,6	+2,4
		-1,0		-1,1		-1,2

Окончание табл. 3.8

Исходный индекс	Наибольшая толщина поковки, мм					
	До 40		40...63		63...100	
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки, мм					
	До 40		40...100		100...160	
16	3,2	+2,1	3,6	+2,4	4,0	+2,7
		-1,1		-1,2		-1,3
17	3,6	+2,4	4,0	+2,7	4,5	+3,0
		-1,2		-1,3		-1,5
18	4,0	+2,7	4,5	+3,0	5,0	+3,3
		-1,3		-1,5		-1,7
19	4,5	+3,0	5,0	+3,3	5,6	+3,7
		-1,5		-1,7		-1,9
20	5,0	+3,3	5,6	+3,7	6,3	+4,2
		-1,7		-1,9		-2,1
21	5,6	+3,7	6,3	+4,2	7,1	+4,7
		-1,9		-2,1		-2,4
22	6,3	+4,2	7,1	+4,7	8,0	+5,3
		-2,1		-2,4		-2,7
23	7,1	+4,7	8,0	+5,3	9,0	+6,0
		-2,4		-2,7		-3,0

Отклонения внутренних размеров поковок устанавливаются с обратными знаками.

Числовые значения конструктивных параметров необходимы для расчета размеров поковок, штампуемых на молотах, кривошипных горячештамповочных прессах, горизонтально-ковочных машинах.



### 3.3. Штампы для молотов

#### 3.3.1. Виды штампов для молотов

Штампы для молотов делят на два вида:

- закрепленные;
- подкладные (незакрепленные).

На *закрепленных открытых* штампах производят штамповку всех форм поковок в условиях массового и крупносерийного производства. На *закрепленных закрытых* штампах производится штамповка поковок типа тел вращения или поковок с вертикальными или почти вертикальными стенками по периметру в условиях крупносерийного массового производства. Применение этого типа штампов целесообразно при производстве поковок из стали с пониженной пластичностью.

*Незакрепленные (подкладные) открытые и закрытые* штампы применяются для штамповки на ковочных молотах поковок относительно простой формы.

В закрепленных открытых штампах предусматривают 1–6 ручьев; в закрепленных закрытых — 1–3 ручья; в подкладных закрытых и открытых — обычно 1 ручей.

### 3.3.2. Разработка чертежей поковок, штампуемых на молотах

**Штамповочные уклоны.** В зависимости от воздействия металла поковки на стенки ручья штампа при его остывании различают несколько видов штамповочных уклонов. Если металл отходит от стенки при остывании поковки, то уклон называют *внешним* ( $\alpha$ ). Если металл прижимается к стенке ручья, то его называют *внутренним* ( $\beta$ ) (см. рис. 3.2).

*Двойные* штамповочные уклоны также могут быть как внешними, так и внутренними. Они применимы главным образом на поковках, представляющих собой тела вращения. В некоторых случаях они могут быть применены и на поковках более сложной формы, например на отдельных участках коленчатых валов автомобильных двигателей, представляющих собой балансиры. Значения штамповочных уклонов в зависимости от соотношения габаритных размеров поковок приведены в табл. 3.9.

Используя табл. 3.9, нужно учитывать следующее:

□ если в отдельных местах поковки получают различные штамповочные уклоны, то их надо унифицировать, приняв большее значение;

□ если заполнение ручья штампа осуществляется за счет осадки заготовки, то штамповочные уклоны можно уменьшить до ближайшего меньшего значения.

Таблица 3.9

## Числовые значения штамповочных уклонов, град.

Отношение $H/B$ или $H/D$	Штамповочный уклон			
	Обычный одинарный		Двойной	
	Наружный $\alpha^\circ$	Внутренний $\beta^\circ$	Основной $\alpha^\circ$	Входной $\beta^\circ$
Свыше 0,5 до 1,0	5	7	3	7
Свыше 1,0 до 2,5	7	10	3	7
Свыше 2,5 до 4,0	7	10	3	7
Свыше 4,0 до 5,5	7	12	5	10
Свыше 5,5	10	15	5	12

Радиусы переходов и закруглений (рис. 3.6) назначаются в зависимости от отношения высоты элемента поковки  $h$  к ширине поковки  $b$  у искомого радиуса (табл. 3.10).

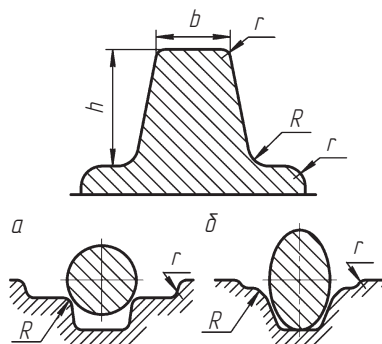


Рис. 3.6. Штамповка:  
а — выдавливанием; б — осадкой

Таблица 3.10

Числовые значения радиусов закруглений  $r$  и  $R$  (рис. 3.6)

$h/b$	Высота элемента поковки $h$ , мм							
	До 25		24...45		46...80		81...100	
	$r$	$R$	$r$	$R$	$r$	$R$	$r$	$R$
До 2	1,5	5	2	8	3	12	4	15
Свыше 2 до 4	2	6	3	10	4	15	4,5	20
Свыше 4	2,5	8	3,5	15	4,5	20	5	25

При определении радиусов учитывается следующее:

- радиусы закруглений  $r$ , меньшие величины припуска, округляют до величины припуска;
- при значении радиуса  $r$ , большем величины припуска, последний увеличивают до величины радиуса;
- если на чертеже готовой детали величины  $r$  и  $R$  больше получаемых по табл. 3.10, то их следует принимать по чертежу детали;
- следует принимать значения  $r$  и  $R$  по табл. 3.10, если они больше соответствующих размеров на чертеже готовой детали;
- при штамповке высоколегированных сталей (30ХГСА, 24Х2МФА, 40ХНМА, 25ХНВА и др.) значения  $r$  и  $R$  принимают на 20...30 % больше табличных.

**Полости и наметки отверстий.** При штамповке поковок с глухими отверстиями с целью экономии металла и уменьшения механической обработки необходимо стремиться получить углубления максимального объема.

Неглубокая полость может быть образована тем легче, чем больше диаметр этой полости. Вследствие малой стойкости штамповочных знаков полости диаметром менее 30 мм не выполняются. При большой высоте поковок ограничиваются получением лишь глубоких отверстий (наметок) без последующей просечки отверстий. *Верхняя наметка полости* выполняется из условия получения глубины, равной двум диаметрам. Высота *нижней наметки полости* меньше верхней, так как стойкость нижнего знака меньше верхнего (из-за большего его разогрева). Чтобы обеспечить устойчивость заготовки при закладывании ее в ручей, нижний знак должен быть невысоким. При штамповке поковок с *наметкой отверстий* приходится считаться с тем, что пленки (перемычки) с чрезмерной толщиной тяжело срезать, а слишком тонкие пленки нецелесообразны по затрате энергии, а также из-за снижения стойкости штамповочных знаков. Если пленка получается большого диаметра и небольшой толщины, то для ее образования требуется затратить много энергии. В этом случае на первой стадии штамповки в черновом ручье целесообразно получать пленку между знаками с большими радиусами закруглений.

При штамповке в чистовом ручье применяются такие знаки, которые образуют в середине пленки магазин (карман). Металл

с утолщенных мест пленки вытесняется в него, а сама пленка легко удаляется.

В зависимости от формы и размеров применяют пять типов наметок: с плоской пленкой, с раскосом, с магазином, с карманом, глухую (рис. 3.7).

При конструировании *плоской наметки* (рис. 3.7, а) большое значение имеет правильный выбор толщины пленки  $s$ . При штамповке в зоне пленки происходит осадка с боковым подпором. Давление на выступах, образующих пленку, зависит от отношения диаметра пленки к ее толщине. При малой толщине пленки давление велико и выступы штампа, образующие наметку, могут быть подвергнуты деформации. Возможность деформации усугубляется еще и тем, что при малой толщине пленка быстро остывает, а это еще больше увеличивает давление на выступы. Причем выступы,

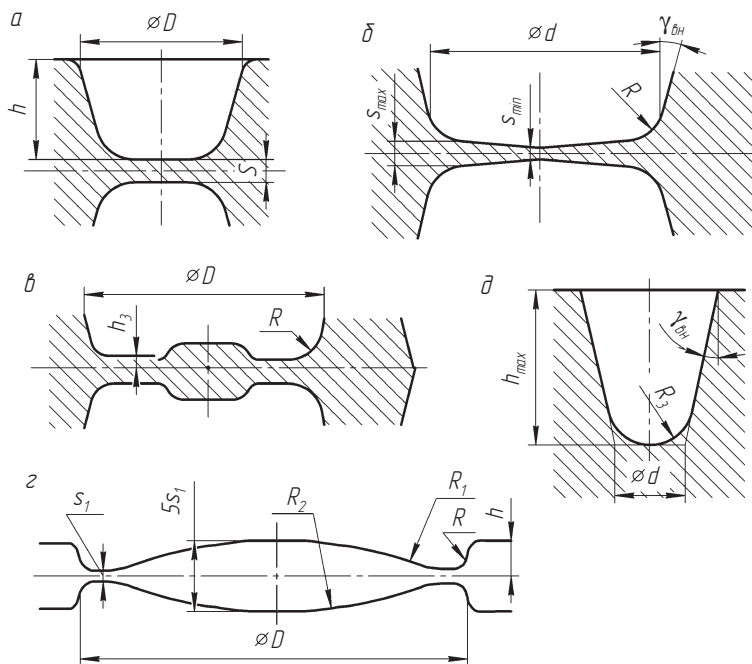


Рис. 3.7. Наметки молотовых поковок:

а – плоская; б – с раскосом; в – с магазином; г – с карманом; д – глухая

окруженные раскаленным металлом, быстро нагреваются, а их твердость и прочность снижаются. При деформации выступов возможно застревание поковки в штампе.

Вместе с тем при большой толщине пленки требуются повышенные усилия для ее последующей прошивки, которые могут значительно деформировать поковку и затруднить прошивку. Поэтому необходимо, чтобы толщина стенки  $s$  для определенных условий была оптимальной. Практически установлено, что  $s/D = 0,1$ , т.е.  $s = 0,1D$ , но менее 4 мм.

Плоскую наметку выполняют, если  $D < 80$  мм. При использовании предварительного ручья плоскую наметку применяют, если  $D < 55$  мм. Для  $D > 80$  мм при отсутствии предварительного ручья и для наметок в предварительном ручье любых диаметров применяют *наметку с раскосом*, облегчающим течение металла (рис. 3.7, б). Предварительно рассчитывают величину  $s$  как для плоской наметки, а  $s_{\max} = 1,35s$  и  $s_{\min} = 0,65s$ .

*Наметку с магазином* (рис. 3.7, в) применяют при  $D > 55$  мм и наличии предварительного ручья, в котором выполняют наметку с раскосом. В наметке с магазином уменьшается толщина пленки до  $h_3$ , что облегчает ее срез. При штамповке в месте образования пленки не возникает повышенных давлений, так как металл вытесняется в полость магазина.

*Наметку с карманом* (рис. 3.7, г) применяют при  $D > 150$  мм и для низких поковок со сравнительно малым отношением  $h/D$  ( $< 0,07$ ). Толщина пленки в месте среза при прошивке  $s_1 = 0,4\sqrt{D}$ . Наметку с карманом применяют в основном при штамповке в окончателном ручье предварительно осаженных плоских заготовок.

*Глубокую наметку* (рис. 3.7, д) выполняют для экономии металла, когда ее глубина  $h_{\max}$  и радиусы  $R_3$  относительно большие; в результате прошивка нецелесообразна, а отверстие в дальнейшем получают сверлением.

**Пример расчета и выполнения чертежа молотовой поковки.** Деталь — рычаг (рис. 3.8). Штамповочное оборудование — паровоздушный штамповочный молот. Нагрев заготовок — пламенный газовый.

Материал детали — сталь 12Х2Н4А (по ГОСТ 4543): 0,09...0,15 % С; 0,17...0,3 % Si; 0,30...0,60 % Mn; 1,25–1,65 % Cr; 3,25...3,65 % Ni.



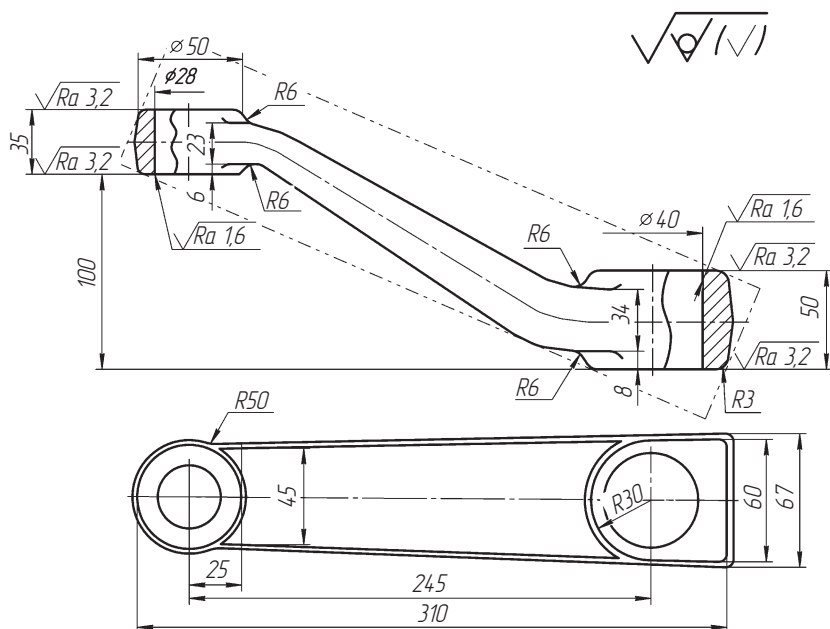


Рис. 3.8. Чертеж детали

Масса детали — 3,30 кг.

Масса поковки (расчетная) — 4,29 кг; расчетный коэффициент  $K_p = 1,3$  (см. табл. 3.2):  $3,30 \cdot 1,3 = 4,25$  кг.

Класс точности — Т5 (см. табл. 3.1).

Средняя массовая доля углерода в стали 12Х2Н4А — 0,12 % С; суммарная массовая доля легирующих элементов — 5,62 % (0,27 % Si; 0,45 % Mn; 1,45 % Cr; 3,45 % Ni)/ Группа стали — М3.

Степень сложности — С2 (см. рис. 3.3).

Размеры описывающей поковку фигуры (параллелепипед): длина — 340 мм (определяется графически), высота — 67 мм (определяется графически), ширина — 67 мм (определяется по чертежу).

Масса описывающей фигуры (расчетная):

$$1,03 \cdot 34 \text{ см} \cdot 6,7 \text{ см} \cdot 6,7 \text{ см} \cdot 7,85 \text{ г/см}^3 = 12 \text{ 340 г} = 12,34 \text{ кг};$$

$$\frac{G_{\text{п}}}{G_{\text{ф}}} = \frac{4,29}{12,34} = 0,347.$$



Штамповочный уклон (табл. 3.9):

- на наружной поверхности — не более  $7^\circ$  — применяется  $7^\circ$ ;
- на внутренней поверхности — не более  $10^\circ$  — применяется  $10^\circ$ .

Размеры поковки, мм:

- толщина  $50 + (2,7 + 0,8) \cdot 2 = 57$  — принимается 57;
- толщина  $35 + (2,5 + 0,8) \cdot 2 = 41,6$  — принимается 41,5;
- диаметр  $40 - (2,5 + 0,6 + 1,2) \cdot 2 = 31,4$  — принимается 31;
- диаметр  $28 - (2,3 + 0,6 + 1,2) \cdot 2 = 19,4$  — принимается 19,5;
- высота  $100 + (2,7 - 2,5) = 100,2$  — принимается 100.

Радиусы закруглений наружных углов для глубины ручья 10...25 мм — 2,0 мм.

Допускаемые отклонения размеров (см. табл. 3.8), мм:

- толщина  $57^{+2,4}_{-1,2}$ ; толщина  $41,5^{+2,4}_{-1,2}$ ; ширина  $60^{+2,4}_{-1,2}$ ; ширина  $50^{+2,4}_{-1,2}$ ;
- высота  $100^{+2,7}_{-1,3}$ ; длина  $310^{+3,7}_{-1,9}$ ; диаметр  $31,5^{+1,1}_{-2,1}$ ; диаметр  $19,5^{+1,1}_{-2,1}$ .

Допускаемая величина смещения по поверхности разреза штампа — 1,2 мм.

Допускаемое отклонение от плоскостности и прямолинейности — 1,6 мм.

Допускаемая величина остаточного облоя или срезанной кромки — 1,6 мм.

Допускаемое отклонение межцентрового расстояния —  $\pm 1,2$  мм.

Чертеж поковки рычага представлен на рис. 3.9.

### 3.3.3. Технологические элементы открытых молотовых штампов

Открытые (для штамповки с облоем), закрытые (для штамповки без облоя) молотовые штампы (рис. 3.10) применяются для различных видов деформаций: осадки (уменьшение высоты и увеличение поперечных сечений); выдавливания (увеличение высоты и уменьшение поперечных сечений заготовки); гибки (отсутствуют линейные деформации, но имеют место угловые) и комбинированной деформации (осуществляются одновременно несколько видов пластической деформации).

**Облойные канавки** предназначены для размещения избыточного материала. Они имеют *пороговую часть*, представляющую узкий выход из полости штампа, и расширенную часть — *магазин*,

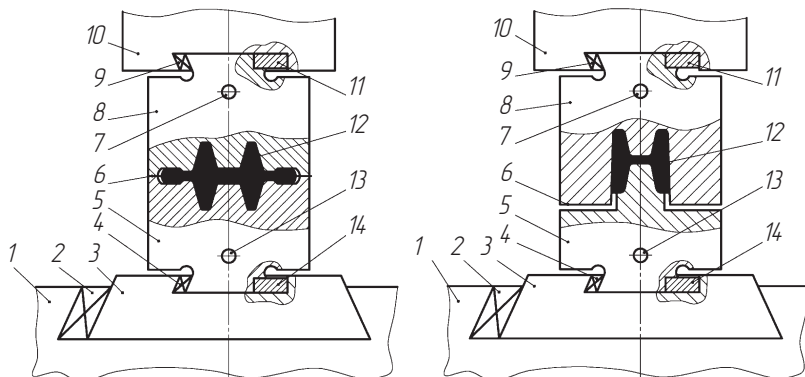


Рис. 3.10. Технологические схемы открытого (*а*) и закрытого (*б*) штампов: 1 – шабот; 2 – нижний клин; 3 – штамподержатель; 4 – нижний клин; 5 – нижняя половина штампа; 6 – плоскость разреза; 7, 13 – подъемные (транспортные) отверстия; 8 – верхняя половина штампа; 9 – верхний клин; 10 – баба молота; 11 – верхняя шпонка; 12 – деформируемая заготовка; 14 – нижняя шпонка

предназначенный для свободного размещения избыточного материала (рис. 3.11).

Канавку типа I (см. рис. 3.11) используют в большинстве случаев. Такая канавка обеспечивает большую стойкость порогового выступа, так как верхняя часть штампа прогревается меньше, чем нижняя. Магазин с высотой  $h_1$  можно выполнять в нижней части штампа. Такой вариант целесообразен, когда обрезку производят

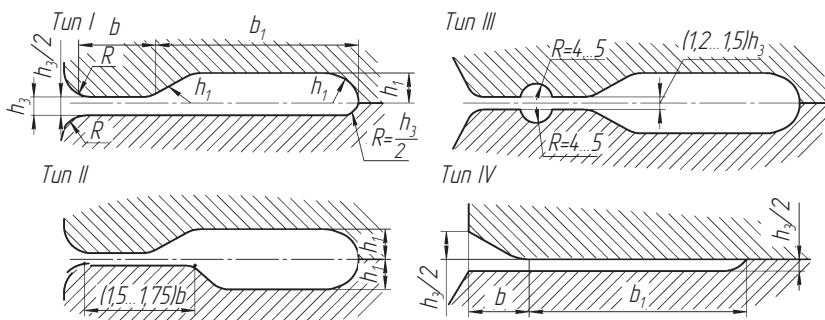


Рис. 3.11. Типы облойных канавок

с поворотом поковки, т.е. в положении, обратном положению поковки в окончательном ручье.

Канавку типа II рекомендуется применять в тех случаях, когда по условиям производства нельзя осуществлять точную резку заготовок и объем последней имеет большие колебания. Канавки этого типа рекомендуется применять при штамповке сложных поковок с целью увеличения магазина.

Канавку типа III следует применять при необходимости резкого повышения сопротивления течения материала в некоторой части окончательного ручья с целью полного заполнения глубоких и сложных частей штампа. Такую канавку выполняют только на отдельных участках контура фигуры ручья.

В канавке типа IV отсутствует магазин для облоя, имеет место только тормозящий мостик с наклоном. Канавку этого типа применяют для поковок круглой формы в плане, которые штампуют в одном ручье.

В табл. 3.11 приведены рекомендуемые размеры канавки типа I, а также площади  $S_0$  поперечного сечения канавки.

Толщину  $h_0$  облоя в мостике рекомендуется определять по следующим формулам:

- для поковок произвольной формы площадью  $F_{\Pi}$

$$h_0 = 0,015\sqrt{F_{\Pi}};$$

- для квадратных поковок со стороной  $A_{\Pi}$

$$h_0 = 0,015A_{\Pi};$$

- для круглых поковок диаметром  $D_{\Pi}$

$$h_0 = 0,015D_{\Pi}.$$

Округлив результат, следует подобрать по табл. 3.11 ближайшее значение  $h_0$  и определить номер облоя, которому соответствуют другие размеры канавки по значениям  $h_1$  и  $R$ .

В табл. 3.12 каждому типоразмеру канавки соответствуют три значения (№ 1, № 2, № 3) ширины мостика  $b$  и магазина  $b_1$ . При определении размеров канавки для облоя рекомендуется руководствоваться данными, приведенными в табл. 3.11.

Если более сложный элемент преобладает в общей форме поковки, то рекомендуется вдоль всего периметра окончательного

Таблица 3.11

Размеры канавки типа I, мм (рис. 3.11)

Типо-размер канавки	$h_0$	$h_1$	R при глубине ручья, мм			№ 1 (при штамповке осаживанием или при наличии элементов выдавливания)			№ 2 (при штамповке выдавливанием в случае несложной формы поковки)			№ 3 (при штамповке форм труднозаполняемых с глубокими полостями)		
			До 20 мм	20...40 мм	Свыше 40 мм	b	$b_1$	$S_0, \text{см}^2$	b	$b_1$	$S_0, \text{см}^2$	b	$b_1$	$S_0, \text{см}^2$
1	0,6	3	1	1,0	1,5	6	18	0,52	6	20	0,61	8	22	0,74
2	0,8	3	1	1,5	1,5	6	20	0,69	7	22	0,77	9	25	0,88
3	1,0	3	1	1,5	2,0	7	22	0,80	8	25	0,91	10	28	1,04
4	1,6	3,5	1	1,5	2,0	8	22	1,20	9	25	1,13	11	30	1,55
5	2	4	1,5	2,0	2,5	9	25	1,36	10	28	1,53	12	32	1,77
6	3	5	1,5	2,0	2,5	10	28	2,01	12	32	2,33	14	38	2,78
7	4	6	2	2,5	3,0	11	30	2,68	14	38	3,44	16	42	3,85
8	5	7	2	2,5	3,0	12	32	3,43	15	40	4,34	18	46	5,06
9	8	8	2,5	3,0	3,5	13	35	4,35	16	42	5,3	20	50	6,42
10	10	10	3	3,5	4,0	14	38	6,01	18	46	7,45	22	55	9,03
11	12	12	3	3,5	4,0	15	40	7,68	20	50	9,88	25	60	12,1

Примечание.  $S_0$  — площадь поперечного сечения канавки для слоя.

ручья применять канавку для облоя одинаковой ширины в соответствии с формой поперечного сечения более сложного элемента. Если более сложный элемент поковки составляет сравнительно небольшую часть общей формы, то для него можно установить ширину канавки для облоя в соответствии с формой поперечного сечения большей, чем на остальном периметре поковки.

**Выбор ручья** и его конструирование можно производить с помощью:

- расчетной заготовки;
- эпюры поперечных сечений расчетной заготовки;
- коэффициента подкатки.

*Расчетной* называется условная заготовка с круглыми поперечными сечениями, площади которых равняются суммарной площади соответствующих сечений поковки и облоя (рис. 3.12, а).

В соответствии с определением

$$S_3 = S_{\Pi} + 2S_o = S_{\Pi} + 2\xi S_{ок},$$

где  $S_3$  — площадь поперечного сечения расчетной заготовки в произвольном сечении;  $S_{\Pi}$  — площадь поперечного сечения поковки в произвольном сечении;  $S_o$  — площадь сечения облоя;  $S_{ок}$  — площадь сечения канавки для облоя;  $\xi$  — коэффициент заполнения канавки (табл. 3.12).

Таблица 3.12

Значение коэффициента  $\xi$ 

Группа по классификации	Вес, кг	№ 1*	№ 2*	№ 3*
I	До 1	0,4	0,5	0,6
	1...5	0,5	0,6	0,7
	Свыше 5	0,6	0,7	0,8
II	До 1	0,3	0,4	0,5
	1...5	0,4	0,5	0,6
	Свыше 5	0,5	0,6	0,7

\* См. табл. 3.11.

Диаметр расчетной заготовки в произвольном сечении

$$d_3 = 1,13\sqrt{S_3}.$$

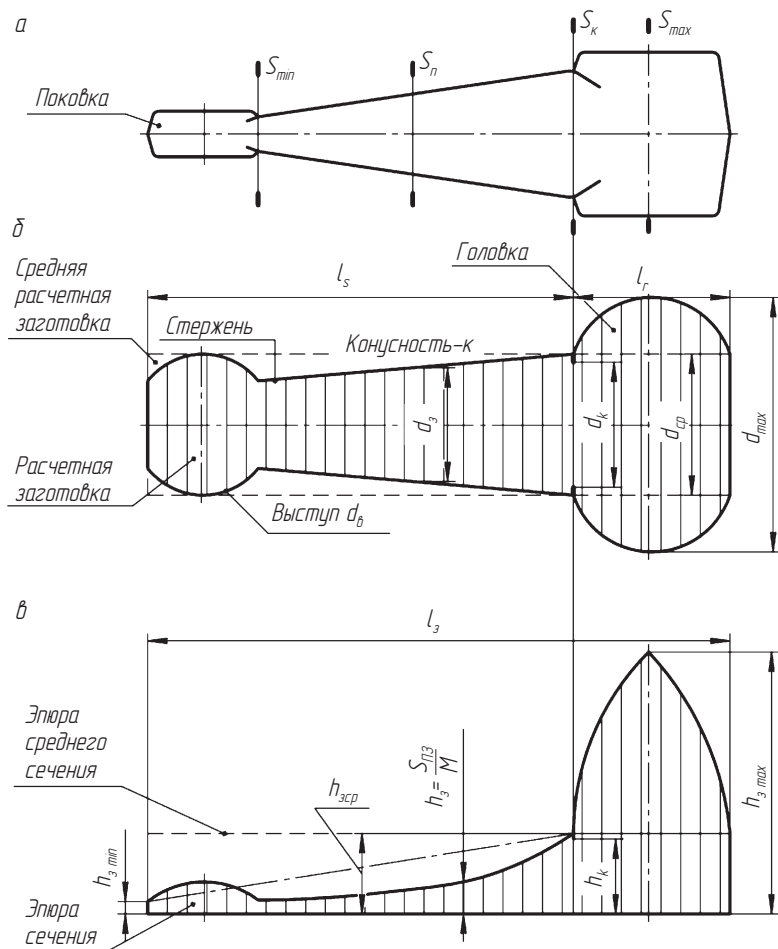


Рис. 3.12. Поковка (а), расчетная заготовка (б), эпюра сечений (в)

Расчетная заготовка строится следующим образом. Вычисленные для характерных сечений значения поковки  $d_3$  откладывают в виде отрезков по линиям плоскостей этих сечений, распределив их симметрично по отношению к оси и соединив последовательно по участкам плавными линиями характерные точки. В результате получают расчетную заготовку, или эпюру приведенных диаметров (рис. 3.12, б).



Если в масштабе  $M$  отложить по ординатам величины площадей характерных сечений  $S_{\text{э}}$  в виде отрезков

$$h_{\text{э}} = \frac{S_{\text{э}}}{M}$$

и соединить концы этих отрезков, то получится *эюра поперечных сечений расчетной заготовки* (рис. 3.12, в).

Площадь отдельных элементов, умноженная на принятый масштаб  $M$ , представляет собой величину объемов соответствующих элементов расчетной заготовки

$$V_x = F_{\text{э}x}M,$$

где  $V_x$  — объем  $x$ -го элемента расчетной заготовки;  $F_{\text{э}x}$  — площадь соответствующего элемента эюры сечений.

Объем всей расчетной заготовки

$$V_{\text{э}} = \sum_{i=1}^n V_x.$$

*Средней расчетной заготовкой* называют цилиндр диаметром  $d_{\text{ср}}$ , длиной  $l_{\text{э}}$ , равной длине поковки  $l_{\text{п}}$ , и объемом  $V_{\text{п.о}}$ , равным сумме объемов поковки  $V_{\text{п}}$  и облоя  $V_{\text{о}}$  (рис. 3.12):

$$V_{\text{п.о}} = V_{\text{п}} + V_{\text{о}} = V_{\text{э}}.$$

Площадь сечения средней расчетной заготовки

$$S_{\text{ср}} = \frac{V_{\text{п.о}}}{l_{\text{п}}} = \frac{V_{\text{э}}}{l_{\text{э}}}.$$

Диаметр средней расчетной заготовки

$$d_{\text{ср}} = 1,13\sqrt{S_{\text{ср}}}.$$

Высота эюры среднего сечения

$$h_{\text{э.ср}} = \frac{F_{\text{э}}}{l_{\text{э}}}.$$

Площадь сечения средней расчетной заготовки, в пределах которой  $d_{\text{э}} > d_{\text{ср}}$ , называют *головкой*. Часть расчетной заготовки, для которой  $d_{\text{э}} < d_{\text{ср}}$ , называют *стержнем*.

Определив наибольшую высоту эпоры  $h_{\text{эmax}}$  по рис. 3.11, вычисляют наибольший диаметр расчетной заготовки

$$d_{\text{max}} = 1,13\sqrt{h_{\text{эmax}}M}.$$

Величину  $d_{\text{к}}$  (см. рис. 3.12, б)

$$d_{\text{к}} = 1,13\sqrt{S_{\text{к}}} = 1,13\sqrt{h_{\text{к}}M}.$$

Конусность стержня

$$K_{\text{ст}} = \frac{d_{\text{к}} - d_{\text{min}}}{l_{\text{с}}}.$$

Коэффициент подкатки определяют по формуле

$$K_{\text{п.о}} = \frac{S_{\text{max}}}{S_{\text{ср}}} = \frac{d_{\text{max}}^2}{d_{\text{ср}}^2}.$$

Возможные величины  $K_{\text{п.о}}$ , достигаемые в отдельных случаях, приведены в табл. 3.13.

Таблица 3.13

**Значения коэффициента подкатки  $K_{\text{п.о}}$  ручьев**

Ручей	$K_{\text{п.о}}$	Ручей	$K_{\text{п.о}}$
Формовочный	1,2	Предварительный	1,1
Подкатной открытый	1,3	Окончательный	1,05
Подкатной закрытый	1,6		

Ручьи молотовых штампов подразделяются на подготовительные, окончательные и отрезные.

В группу *подготовительных ручьев* входят: формовочный подкатной, протяженной, площадка для осадки, высадочный, гибочный.

*Окончательные ручьи* подразделяются на черновые и чистовые.

*Отрезные ручьи* применяются для отделения штамповочной поковки от прутка, когда из одной исходной заготовки получается несколько поковок.

*Формовочный ручей* (рис. 3.13) предназначен для придания заготовке формы, приближающейся к форме планируемой поковки.

В ручье осуществляются только незначительные осевые перемещения металла. При обработке в формовочном ручье по заго-

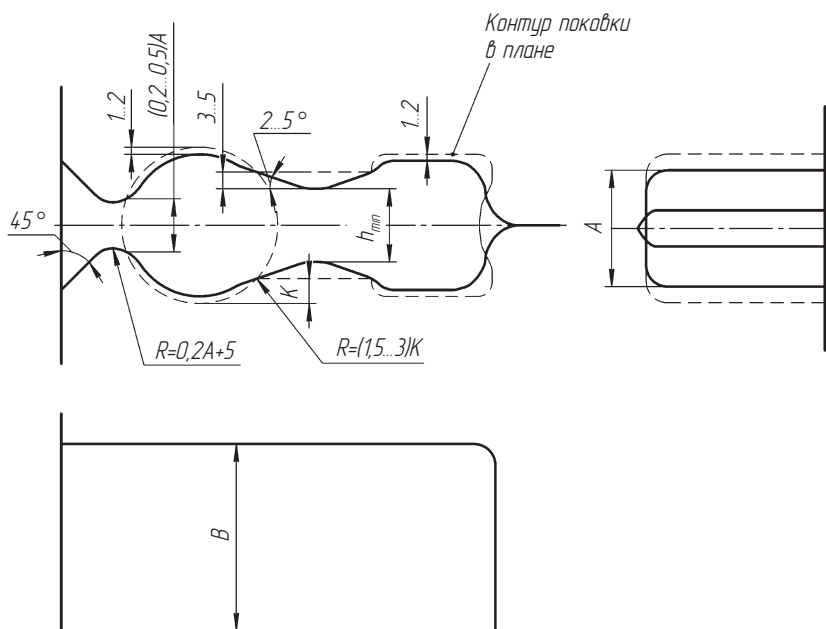


Рис. 3.13. Формовочный ручей для поковок, симметричных в плане  
( $A$  — толщина,  $B$  — ширина исходной заготовки)

товке наносят обычно один удар, после чего ее кантуют на  $90^\circ$  и в таком положении укладывают в штамповочный ручей.

Способ построения профиля ручья заключается в нахождении такой фигуры, которая вписывается в контур поковки в плане. В местах набора металла, где по расчетной заготовке есть головка ( $d_{\text{э}} > d_{\text{ср}}$ ), устанавливается зазор  $1..2$  мм между контуром поковки и контуром формовочного ручья. В местах, откуда металл частично вытесняется ( $d_{\text{э}} < d_{\text{ср}}$ ), зазор увеличивается до  $3..5$  мм.

Горизонтальные участки в формовочном ручье следует выполнять по наклонным плоскостям с углом наклона  $3..5^\circ$  от линии разреза в направлении к местам набора.

*Подкатной открытый ручей* (рис. 3.14) предназначен для увеличения площади поперечных сечений заготовки в одних местах за счет уменьшения площади поперечного сечения в других при незначительном удлинении заготовки.

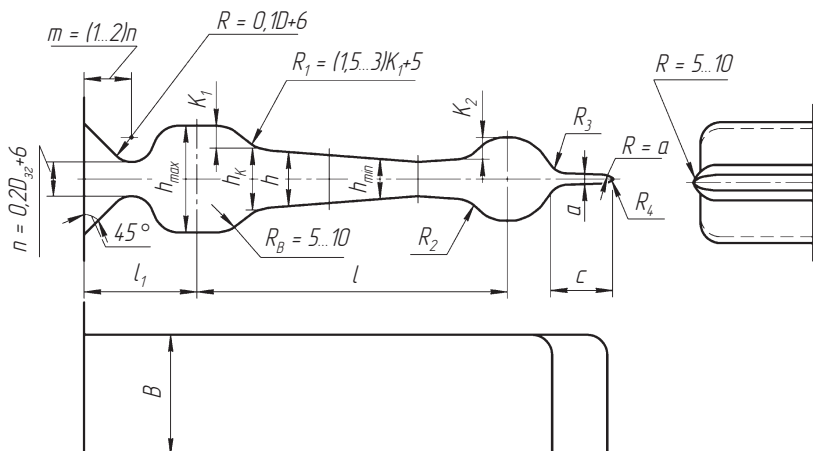


Рис. 3.14. Подкатной открытый ручей

При обработке в этом ручье по заготовке наносят 2–4 удара, сопровождаемых каждый раз кантовкой на 90°.

Размер профиля по высоте  $h$  определяют исходя из размеров  $d_э$  и  $d_ср$  расчетной заготовки или величины площади  $S_э$  поперечных сечений поковки с облоем в зависимости от диаметра  $D_{зг}$  исходной круглой заготовки:

$$h = \mu d_э = 1,13\mu\sqrt{S_э}, \quad (3.1)$$

где  $\mu$  находится по табл. 3.14.

Таблица 3.14

**Значения коэффициента  $\mu$  для подкатного открытого ручья**

Сечение	$D_{зг}$ , мм		
	До 30	30..60	Более 60
Стержня:			
$d_{э\min}$ ( $h_{\min}$ )	0,8	0,75	0,7
$d_{эк}$ ( $h_R$ )	0,85	0,8	0,75
Набора:			
$d_{э\max}$ ( $h_{\max}$ )	1,1	1,05	1,0

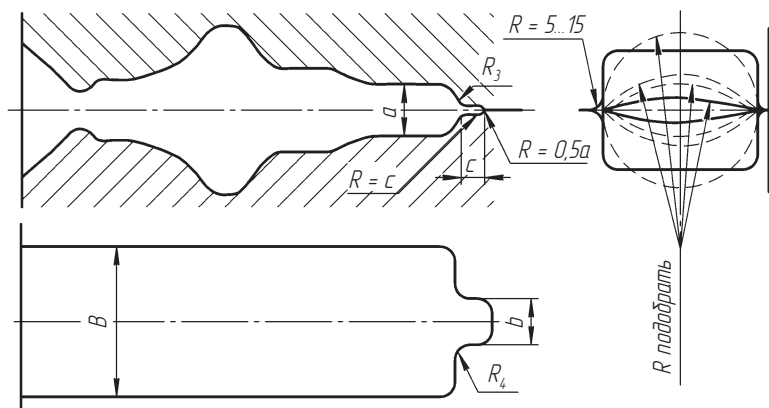


Рис. 3.15. Подкатной закрытый ручей

Горизонтальные участки контура стержня расчетной заготовки заменяют наклонными под углом к горизонтальной оси  $2...5^\circ$ , причем уклоны делают в обе стороны от линии раздела в направлении к головкам в случае сложной расчетной заготовки. Переходы и закругления профиля ручья надо выполнять возможно более плавными, радиусами не меньшими, чем указано на чертеже ручья.

Расстояние  $l_1$  определяют графически из условия плавного сопряжения.

*Подкатной закрытый ручей* (рис. 3.15) обеспечивает более значительный по сравнению с открытым набор металла, т.е. более интенсивное перемещение металла из участков ручья с поперечными сечениями меньшими, чем у исходной заготовки, на участки, большие, чем сечение исходной заготовки.

Размеры профиля по высоте  $h$  определяют по формуле (3.1), а величину  $\mu$  находят по табл. 3.15:

Таблица 3.15

**Значения коэффициента  $\mu$  для подкатного закрытого ручья**

Сечение	$D_{зг}$ , мм		
	До 30	30...60	Более 60
Стержня:			
$d_{э\min} (h_{\min})$	0,85	0,8	0,75
$d_{эк} (h_R)$	0,9	0,85	0,8

Окончание табл. 3.15

Сечение	$D_{зг}$ , мм		
	До 30	30...60	Более 60
Набора: $d_{э\max}$ ( $h_{\max}$ )	1,1	1,05	1,0

Протяжной открытый ручей (рис. 3.16) предназначен для увеличения длины исходной заготовки за счет уменьшения площади ее поперечных сечений в тех местах, где это необходимо в соответствии с формой поковки.

По заготовке наносят ряд последовательных ударов, сопровождаемых кантовкой и перемещением в осевом направлении.

При расчете элементов протяжного ручья исходят из равенства размеров расчетной заготовки и исходной заготовки:

$$A_{зг} = \sqrt{S_{зг}},$$

где  $A_{зг}$  — толщина исходной квадратной заготовки или приведенный размер толщины заготовки круглого сечения;  $S_{зг}$  — толщина заготовки круглого сечения.

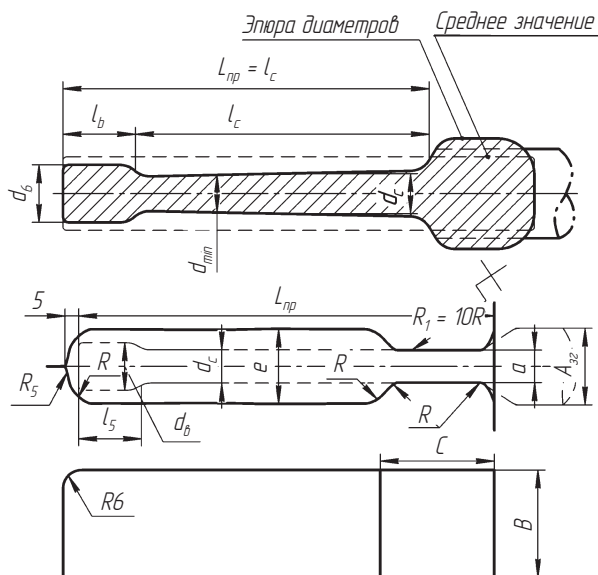


Рис. 3.16. Протяжной открытый ручей

Среднее значение  $a_c$  раствора протяжного ручья

$$a_c = \sqrt{S_c},$$

где  $S_c$  — средняя толщина стержня расчетной заготовки.

Раствор протяжного ручья определяется по формулам из табл. 3.16.

Таблица 3.16

**Формулы для определения раствора  $a$  протяжного ручья**

Протяжка	Протягиваемая длина $l_{пр}$ , мм		
	До 200	200...500	Более 500
Без подкатки	$a = 0,8d_{\min}$	$a = 0,75d_{\min}$	$a = 0,7d_{\min}$
С подкаткой	$a = 0,8a_c$	$a = 0,8a_c$	$a = 0,8a_c$

*Примечание:*  $l_{пр}$  — общая длина протягиваемой части;  $d_{\min}$  — минимальный диаметр расчетной заготовки.

*Площадка для расплющивания* (рис. 3.17) служит для расплющивания исходной заготовки, иногда сопровождаемого также местным пережимом металла. Применяется главным образом для штамповки поковок со сравнительно небольшим отклонением длины к средней ширине. По заготовке наносят несколько ударов до достижения требуемой ширины. Иногда расплющивание сопровождается незначительным выдавливанием или местным пережимом заготовки.

Размеры определяются по чертежу и в соответствии с размерами расплющенной заготовки: ширины  $B_3$ , длины  $L_3$  и высоты  $H_3$  заготовки:

$$B_3 = B_{II} - (3...5) \text{ мм},$$

$$L_3 = L_{II} - (5...10) \text{ мм},$$

где  $B_{II}$  и  $L_{II}$  — соответственно, максимальные ширина и длина поковки, мм;

$$H_3 = \frac{V_{зг}}{B_3 L_3},$$

где  $V_{зг}$  — объем заготовки.

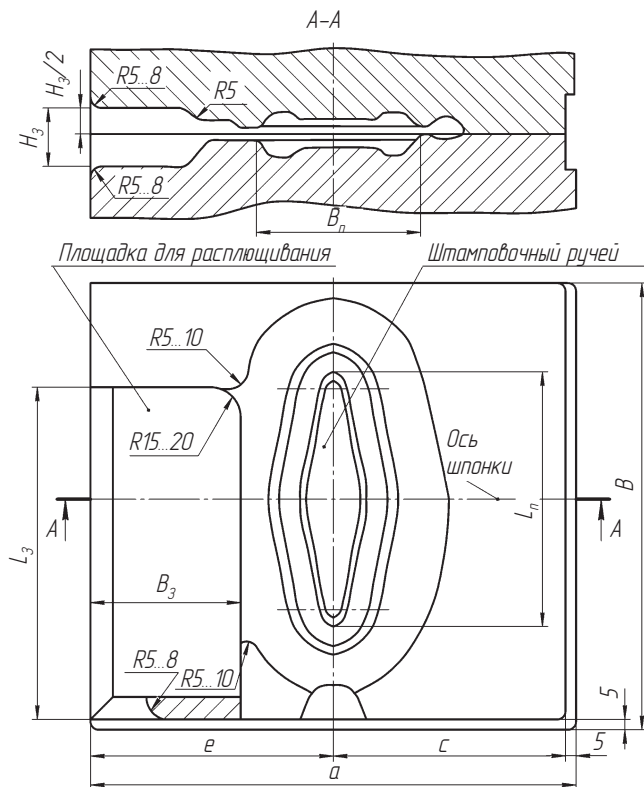


Рис. 3.17. Схема двухручьевого штампа

Длина площадки

$$L = L_3 + (40...50) \text{ мм.}$$

Ширина площадки

$$B = B_3 + 15 \text{ мм.}$$

Размер от оси штамповочного ручья до края площадки

$$e = 0,5B_{\text{II}} + B_3 = B_{\text{II}} + (40...50) \text{ мм.}$$

*Высадочный ручей* (рис. 3.18) служит для высадки металла на участке фланца (набора металла) за счет уменьшения длины исходной заготовки на соответствующем участке. При обработке



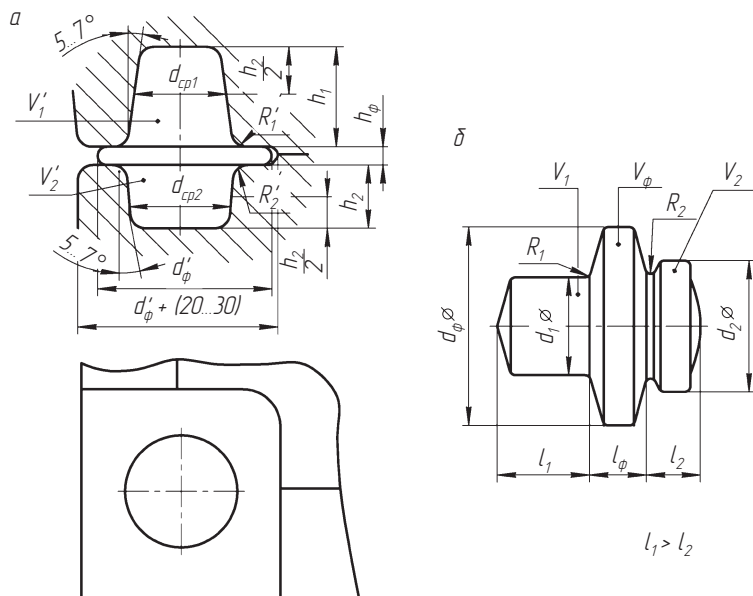


Рис. 3.18. Схемы высадочного ручья (а) и поковки (б)

в этом ручье заготовку устанавливают вертикально и по ней наносят один–три удара.

Размеры определяют исходя из равенства объема  $V_{в.р}$  полости высадочного ручья и объема  $V_{зг}$  заготовки с учетом, что штамповка проводится без клещевины:

$$V_{в.р} = V_{зг}$$

Объем полостей  $V_1'$ ,  $V_2'$  и объем фланца высаженной заготовки  $V_\phi'$  должны быть равны объемам поковки  $V_1'$ ,  $V_2'$  и  $V_\phi'$  с учетом заусенцев и угара (обозначения на рис. 3.18):

$$V_1' = V_1 + V_{з1} + V_{уг1} = \frac{\pi d_{cp1}^2}{4} h_1;$$

$$V_2' = V_2 + V_{з2} + V_{уг2} = \frac{\pi d_{cp2}^2}{4} h_2;$$

$$V_\phi' = V_\phi + V_{з.ф} + V_{уг.ф} = \frac{\pi (d_\phi')^2}{4} h_\phi;$$

$$h_{1,2} = l_{1,2} - (5...15) \text{ мм}; \quad h_{\Phi} = l_{\Phi} - (2...3) \text{ мм};$$

$$d_{\text{ср}1} = \sqrt{\frac{4V'_1}{\pi h_1}}; \quad d_{\text{ср}2} = \sqrt{\frac{4V'_2}{\pi h_2}}; \quad d'_{\Phi} = \sqrt{\frac{4V'_{\Phi}}{\pi h_{\Phi}}};$$

$$r'_{1,2} = r_{1,2} + (2...4) \text{ мм}; \quad R'_{1,2} = R_{1,2} + (5...10) \text{ мм};$$

*Гибочный ручей* (рис. 3.19) предназначен для изгиба заготовки в соответствии с формой поковки в плане, незначительного осевого перемещения металла и пережима заготовки в отдельных сечениях. При обработке в гибочном ручье по заготовке наносят 1–2 удара, затем заготовку кантуют на  $90^\circ$  и в таком положении укладывают в ручей.

Профиль гибочного ручья строят так, чтобы он вписывался в контур поковки в плане. Зазоры  $\Delta$  между контуром поковки и профилем гибочного ручья принимают в пределах 2...10 мм, что обеспечивает свободную укладку изогнутой заготовки в штамповочный ручей. Там, где необходимо заполнение сравнительно глубокой полости гибочного ручья, глубину  $h$  следует выполнять увеличенной, обеспечивая перекрытие контура поковки контуром гибочного ручья.

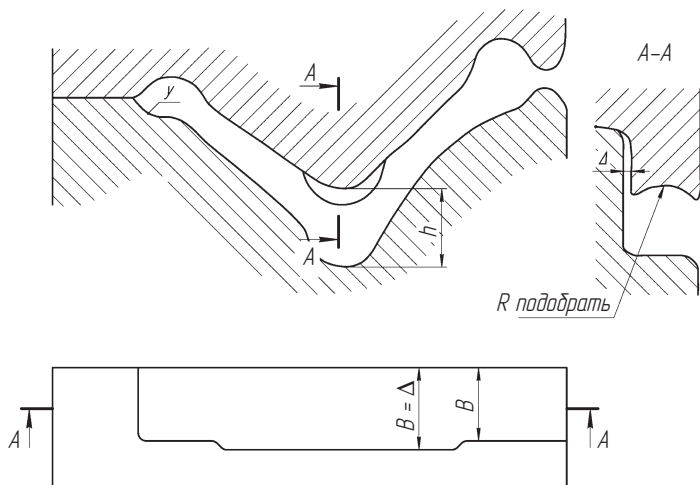


Рис. 3.19. Гибочный ручей



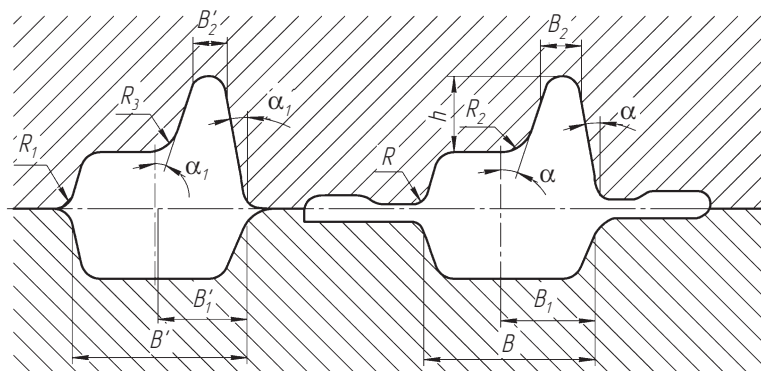


Рис. 3.21. Черновой (слева) и чистовой (справа) ручки молотового штампа

*Черновой ручей* предназначен для получения формы поковки, близкой к окончательной, и одновременно на некоторых участках выполняет роль заготовительного. Черновой ручей обеспечивает повышение стойкости чистового ручья.

*Чистовой ручей* предназначен для получения окончательной четко оформленной поковки в соответствии с требованиями приемочного чертежа. Изготавливается окончательный ручей по чертежу горячей поковки. Поэтому размеры полости ручья увеличиваются на величину температурной усадки.

Штамповочные уклоны в черновом и чистовом ручьях выполняют одинаковыми. Для особо глубоких трудно заполняемых полостей

$$\alpha_1 = \alpha + (1...2);$$

при условии сохранения размера в полости разъема  $B$ ,  $B_1$  кромки фигуры закругляют дугой радиуса

$$R_1 = R + c,$$

где величина  $c$  в зависимости от глубины полости ручья у закругляемой кромки составляет: до 10 мм — 2 мм; 10...25 мм — 3 мм; 25...50 — 4 мм; более 50 мм — 5 мм.

При наличии выступов высотой  $h < B_2$  принимается  $R_3 = R_2$ . При  $h > B_2 - R_3 = (1...1,2)R_2 + 3$  мм.

### 3.3.4. Конструктивные параметры открытых молотовых штампов

**Расположение ручьев.** Если штамповка производится в одном ручье, то центр окончательного ручья во избежание сдвига должен совпадать с центром штампа.

*Центром ручья* называется точка приложения равнодействующей давления, воспринимаемого верхним штампом в момент удара. В случае равномерного давления центр ручья совпадает с центром тяжести площади проекции ручья на горизонтальную плоскость, включая образуемый облой.

Если на штампе два штамповочных ручья (черновой и чистовой), то их центры рекомендуется располагать по обе стороны от центра штампа. Центр чистового ручья на расстоянии, примерно равном  $1/3$ , а центр чернового ручья —  $2/3$  расстояния между центрами ручьев.

Труднозаполняемые участки чистового ручья (полости под тонкие и высокие ребра, бобышки и т.п.) следует располагать в верхнем штампе.

Расстояние между центрами штамповочных ручьев для уменьшения сдвига должно быть минимальным, но достаточным для обеспечения прочности стенки между ручьями.

Угол положения фигуры штамповочного ручья относительно штампа следует расположить таким образом, чтобы направление клещевины позволило держать клещи перпендикулярно фронту штампа, а не под углом.

**Уравновешивание сдвигающих усилий и замки.** Для уравновешивания сдвигающих усилий рекомендуется: спаривать мелкие поковки (рис. 3.22), располагать фигуры ручья под углом (рис. 3.23) или устраивать контрзамки (рис. 3.24).

Наклон фигуры ручья (см. рис. 3.23) следует произвести так, чтобы крайние точки поковки по линии разъема оказались на одной горизонтальной плоскости (на одной высоте). При этом угол наклона ручья определяется из условия

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{h}{l}.$$

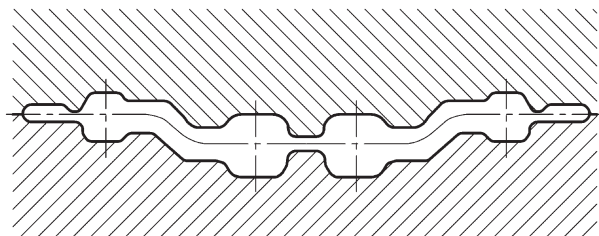


Рис. 3.22. Схема спаривания мелких поковок

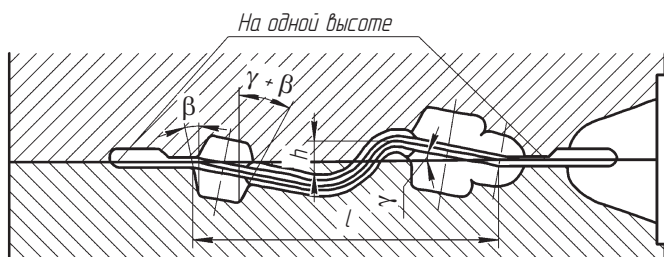


Рис. 3.23. Схема расположения поковки под наклоном

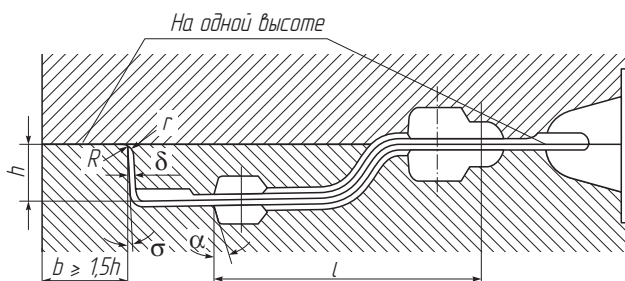


Рис. 3.24. Схема замка с контрзамком

При  $\gamma > (\alpha - 3)^\circ$  в листах, где уклон  $\beta$  получается менее  $3^\circ$ , приходится делать его равным  $3^\circ$  за счет местного увеличения напуска и веса, а также искажения формы поковки.

При  $\gamma > 7^\circ$  данный способ нежелателен и предпочтительнее контрзамок (рис. 3.24). Высота  $h$  определяется формой поковки. Толщина  $b$  необходима не менее  $1,5h$ . Угол наклона  $\beta$  рекомендуется следующий: при высоте до 20 мм —  $7^\circ$ ; 20...50 мм —  $5^\circ$ ; 50...100 мм —  $3^\circ$ ; более 100 мм —  $1^\circ$ .

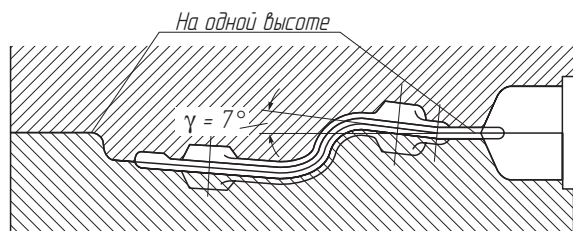


Рис. 3.25. Схема замка комбинированной конструкции

Зазор  $\delta$  принимают равным 0,2...0,4 мм, но не более половины допуска на сдвиг, указанного в чертеже поковки. Рекомендуемые радиусы закруглений: внутренние  $r \approx 0,15h$ , наружные  $R = r + 2$  мм.

Замок ниже 15 мм применять не следует. Если высота замка получается большой, рекомендуется комбинированная конструкция (рис. 3.25) с наклоном ручья более  $7^\circ$ .

При плоском разрезе замки следует применять в следующих случаях:

- когда форма поковки приводит к возникновению сдвигающих усилий (например, с нецентральной расположением заготовки и односторонним течением металла);

- при конструкции поковки, не позволяющей обнаружить сдвиг по ее внешнему виду (например, поковки конических шестерен).

Для поволоков с плоским разрезом применяют замки следующих конструкций:

- для поволоков типа конических шестерен и колец — круглые замки (рис. 3.26);

- для круглых крупногабаритных поволоков — неполные круглые (рис. 3.27, а) или направляющие кольца (рис. 3.27, б);

- против сдвига и поворота в любом направлении — боковые (рис. 3.27, в) или более надежные крестовые (рис. 3.27, д) замки.

**Толщина стенок молотового штампа.** Стенки между полостями ручьев и боковыми гранями штампа, а также между ручьями должны обладать достаточной прочностью. Толщина стенок зависит от глубины полости ручьев, уклона прилегающих стенок ручьев и радиуса перехода от стенки ко дну полости (рис. 3.28). Чем глубже полости, меньше уклон и радиус, тем толще должна быть стенка. На толщину стенки влияет также и форма полости

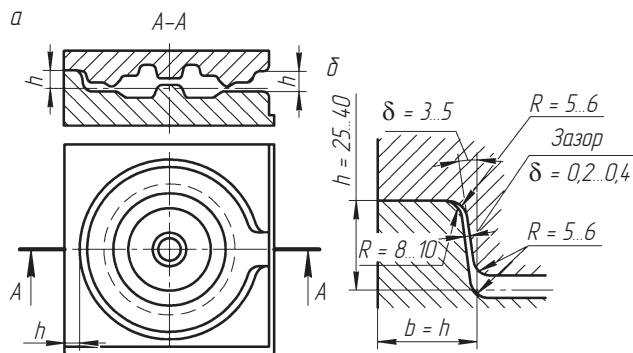


Рис. 3.26. Штамп с круглым замком:  
*a* — общий вид; *б* — сечение замка (увеличено)

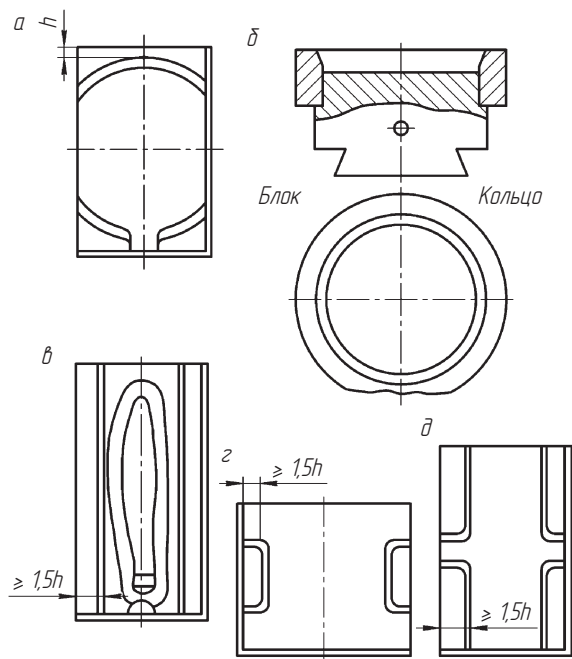


Рис. 3.27. Схемы конструкций замков:  
*a* — неполные круглые замки; *б* — направляющие кольца; *в* — продольные замки; *г* — боковые замки; *д* — крестовые замки



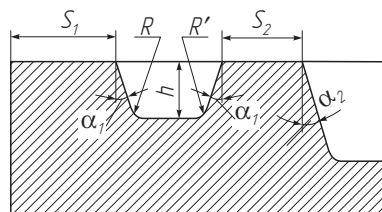


Рис. 3.28. Размеры, определяющие толщину стенки

ручья в плане. Расстояние между ручьями определяется с помощью вспомогательной величины  $T$ , которая зависит от тех же факторов, что и толщина стенки. Значения  $T$ , полученные эмпирическим путем, определяют по номограмме (рис. 3.29). Например:  $h = 42$  мм;  $\alpha_1 = 7^\circ$ ;  $R = 5$  мм;  $T = 57$  мм.

Толщину стенок определяют по формулам:

- между ручьем и гранью штампа

$$S_1 = T;$$

- между двумя полостями

$$S_2 = T \cos \alpha'_2,$$

где  $\alpha'_2$  — уклон более глубокой полости; величина  $T$  определена по размерам  $h$ ,  $R'$ , и  $\alpha'_1$  ручья с меньшей глубиной.

Если  $R > h$  (например, подкатной ручей), то по расчету может получиться  $S < 10$  мм;

- если  $R = h$ , то

$$S = (9,3\sqrt{R} - 7) \cos \alpha'_2;$$

- если у смежных ручьев  $R = h$ , то

$$S = 0,8 (9,3\sqrt{R} - 7).$$

Толщину стенки между полостями при многоручьевой штамповке определяют по формуле

$$S = 0,6T \cos \alpha'_2.$$

Расстояние от фигуры до выемки под клещевину

$$S_{\text{кл}} = 0,7T \cos \alpha_{\text{кл}},$$

где  $\alpha_{\text{кл}}$  — угол наклона клещевины.

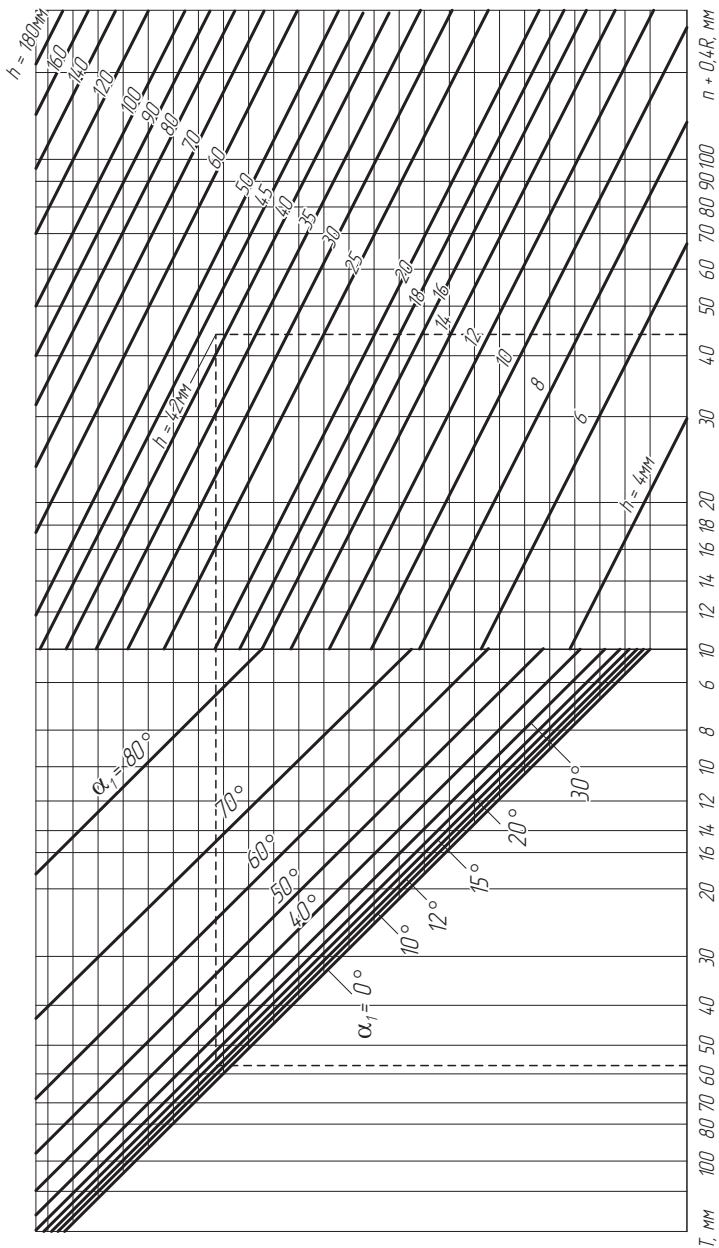


Рис. 3.29. Номограмма для определения величины  $T$  при расчете толщины стенок

**Габариты штампов.** Размеры штампа подбирают в соответствии с принятым количеством ручьев, размерами, расположением и расстояниями между ними, а также с учетом нагрузки опорной поверхности (хвостовика) и поверхностей соударений.

Ручьи размещают следующим образом: вблизи центра штампа — черновой и чистовой ручьи; по краям штампа — подготовительные (рис. 3.30).

С учетом толщины стенок  $S$  определяют размеры  $l_n$  и  $b_n$  кубика в плане, а затем координаты его геометрического центра (также в плане). В общем случае центр штампа не совпадает с центром штампового кубика. Расстояния между этими центрами равны по длине  $\Delta l_n$  и ширине  $\Delta b_n$ . Чем меньше значения  $\Delta l_n$  и  $\Delta b_n$ , тем лучше уравновешена масса падающих частей молота относительно его оси.

Допускаемые значения расстояний между центрами

$$\Delta l_n \leq 0,1l_n; \quad \Delta b_n \leq 0,1b_n.$$

Площадь соударения штампов (на рис. 3.30 заштрихована) не должна быть меньше допускаемой. Ее величина зависит от массы падающих частей молота и массы штампа. Мелкие штампы выдерживают бóльшие удельные усилия, поэтому площадь соударения

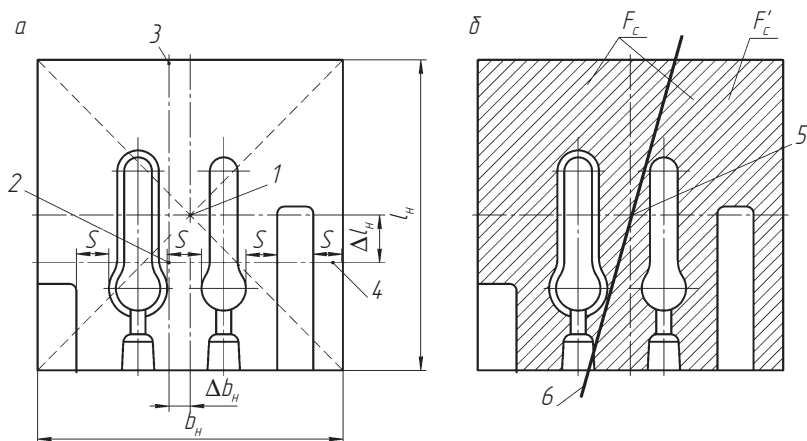


Рис. 3.30. Определение размеров штампа в плане:

$a$  — выбор необходимых размеров в плане;  $b$  — выбор наименьшей площади соударения штампов; 1 — центр штампового кубика; 2 — центр штампа; 3 — ось хвостовика; 4 — ось шпонки; 5 — центр штампа; 6 — прямая, отсекающая меньшую площадь соударения

можно уменьшить. Следующие штампы (масса падающих частей 2...4 т) выдерживают меньшие удельные усилия, поэтому их площадь соударения должна быть больше. Наибольшая площадь соударения предусматривается у крупных штампов.

Для мелких штампов принимают площадь соударения  $F_c$  (см<sup>2</sup>) не меньше 150 см<sup>2</sup> на 1 т массы падающих частей молота, т.е.

$$F_c \geq 150G,$$

где  $G$  — масса падающих частей молота, т.

Для средних штампов

$$F_c \geq 300G.$$

Одно из требований к поверхности соударений — равномерное распределение относительно центра штампа. Если через центр штампа провести линию так, чтобы она делила площадь соударения на две неравные части, то меньшая из них  $F'_c$ :

$$F'_c \geq 0,5F_c.$$

Если соотношение не соблюдается, то размеры  $l_n$  и  $b_n$  необходимо увеличить.

Высоту кубика выбирают с учетом требуемой прочности штампа и необходимости его возобновления. В первом приближении высоту можно определить в зависимости от высоты  $h_{\max}$  наиболее глубокой полости штампа (рис. 3.31). При небольшой глубине полости ( $h_{\max} = 10...25$  мм) высота кубика  $H_{\min} = (6...10)h_{\max}$ , а при глубине полости  $h_{\max} = 50...100$  мм —  $H_{\min} = (3...4)h_{\max}$ . Меньшие значения коэффициентов принимают при большей высоте  $h_{\max}$ .

Используя размеры, полученные расчетом, по стандартам подбирают штамповый кубик с размерами  $H \times B \times L$  (рис. 3.32).

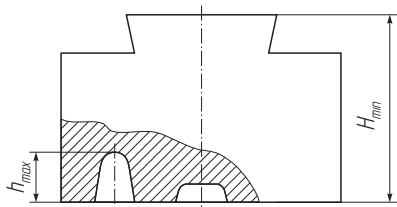


Рис. 3.31. Схема для определения минимальной высоты штампа

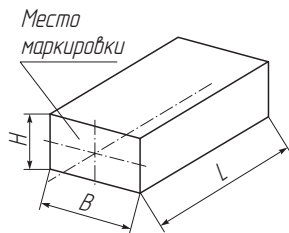


Рис. 3.32. Штамповый кубик

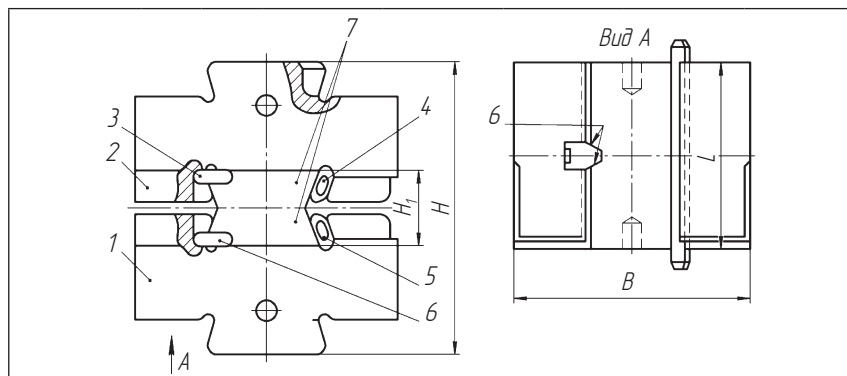
Размеры  $H \times B$  изменяют в пределах  $(40 \times 50) \dots (600 \times 1200)$  мм.

**Блоки и сменные вставки молотовых штампов.** Блоки предназначены для установки на паровоздушных молотах. Сменные вставки применяют при наличии выступов над поверхностью разъема (например, в гибочных и штамповочных ручьях); при повышенном износе отдельных частей окончательного ручья, а также при расположении штамповочных ручьев целиком во вставках.

Применяются вставки цилиндрические, призматические с цилиндрическим креплением, призматическими клиньями. В табл. 3.17, 3.18 приведены размеры блоков и призматических вставок.

Таблица 3.17

**Размеры блоков для сменных призматических вставок, мм**



Номинальная масса падающих частей, кг	$B$	$L$	Закрытая высота блока $H$		Высота под вставку $H_1$		Масса, не более, кг
			Наименьшая	Наибольшая	Наименьшая	Наибольшая	
630	380	320	442	500	122	180	320
1000	480	360	522	600		200	555
2000	560	450	682	760	162	240	1047
3150	670	560	722	800	202	280	1629

*Примечание.* 1 — нижний блок; 2 — верхний блок; 3 — верхняя шпонка; 4 — верхний клин; 5 — нижний клин; 6 — нижняя шпонка; 7 — призматические вставки



### 3.3.5. Штампы для высокоскоростных молотов

**Общие сведения.** Высокоскоростные молоты выпускают с энергией удара 25, 63, 160 и 250 кДж. Технологические особенности высокоскоростных молотов следующие: наличие нижнего выталькивателя; минимальная скорость удара 12 м/с; при максимальной энергии удара 160 кДж минимальный рабочий ход 3...5 мм; отклонение величины энергии последовательных ударов составляет не более 2...5 % номинального значения; рабочие циклы составляют 5...15 с. Поковки, как правило, штампуют за один удар. Металл соприкасается с пуансоном и матрицей весьма малое время. Передача тепла от заготовки к штампу незначительна. Кроме того, потери тепла компенсируются теплом, выделяемым при деформации.

Получаемые при высокоскоростной штамповке поковки имеют мелкозернистую равноосную структуру, что обеспечивает их более высокие механические свойства (на 10...15 % и выше), чем у поковок, изготовленных на паровоздушных молотах. Одноударная штамповка на высокоскоростных молотах позволяет деформировать металл с высокими степенями (превышающими 30 %) деформации, а незначительное время деформации — быстрое остывание. В штампе таких сечений поковки не дают возможности развиваться процессам рекристаллизации, что обеспечивает фиксацию деформирования структуры.

Высокоскоростные молоты широко используются при штамповке труднодеформируемых металлов и сплавов, в основном для изготовления осесимметричных поковок. Основным критерием целесообразности изготовления поковок на высокоскоростных молотах является во многих случаях невозможность получения их на обычном оборудовании из-за наличия у поковки тонких ребер, стенок, полотен, малых радиусов закруглений и штамповочных уклонов.

В ряде случаев высокоскоростная штамповка является единственным способом, обеспечивающим получение специальных поковок из труднодеформируемых материалов. Минимальные размеры конструктивных элементов поковок приведены в табл. 3.19.

Таблица 3.19

**Формы и размеры поковок, штампуемых  
на высокоскоростных молотах**

Подгруппа	Способы изготовления	Эскиз	Основные размеры, мм	Степень деформации
<i>Стержни</i>				
Гладкие	Прямое прессование		$d = 16$	70
Оребренные			$b = 1 \dots 10;$ $a = 2; 3;$ $D = 16$	75
<i>Втулки, стаканы</i>				
Гладкостенные	Прямое или обратное прессование		$t = 2 \dots 5;$ $D = 54$	65; 85
С наружными ребрами			$a = 2; 3;$ $b = 8$	75; 85
			$t = 2; 5;$ $D = 52$	



Продолжение табл. 3.19

Подгруппа	Способы изготовления	Эскиз	Основные размеры, мм	Степень деформации
С двойной стенкой	Прямое прессование		$t_1 = 3;$ $t_2 = 3;$ $D = 5$	60
С внутренними ребрами			$a = 3;$ $b = 8;$ $t = 2...5;$ $D = 60$	45 70 85
Разностенные	Прямое прессование		$A_1 = 47,6;$ $A_2 = 37,6;$ $B_1 = 46,4;$ $B_2 = 45,4$	75
С центральным стержнем			$D = 100;$ $H = 70;$ $d = 22$	51

Окончание табл. 3.19

Подгруппа	Способы изготовления	Эскиз	Основные размеры, мм	Степень деформации
<i>Платы ребристые</i>				
Ребра одинаковой толщины	Прямое прессование		$t = 2,2;$ $D = 136;$ $d = 32;$ $H = 90;$ $h = 60$	87; 90
Ребра разной толщины			$D = 60;$ $t = 1; 2; 3; 4;$ $H = 28;$ $h = 15$	

### Конструкции штампов для высокоскоростных молотов.

Штампы высокоскоростных молотов не имеют принципиальных отличий от штампов для обычных паровоздушных молотов. Однако имеются свои особенности, которые необходимо учитывать. Высокоскоростные штампы работают в условиях кратковременного приложения больших нагрузок, поэтому должны иметь жесткую конструкцию, минимальное количество деталей и отсутствие концентраторов напряжений.

Для отштампованной поковки в нижнем штампе выполняют поднутрение в виде кольцевой выточки глубиной 0,3...0,5 мм и высотой 2...3 мм или обратный уклон 0,5...1,0°. Глубину полости в верхнем штампе делают на 20...30 % меньше, чем в нижнем, а штамповочные уклоны поковки для верхней половины штампа: наружные — 1,5...3°, внутренние — 5...7°; для нижней половины штампа: наружные — 0...1°, внутренние — 3...5°.

Основными требованиями, предъявляемыми для штампов, являются простота конструкции, быстрая переналаживаемость и настройка, надежность крепления и достаточная прочность.

Матрицу и пуансон для высокоскоростных штампов рекомендуется изготавливать по возможности цельными, так как вследствие высокой пластичности деформируемый материал затекает в небольшие отверстия, зазоры, застревает и препятствует извлечению поковок из штампов, а также способствует повышенному износу штампов.

Типовые конструкции штампов для высокоскоростных молотов представлены на рис. 3.33.

При проектировании пуансона необходимо выполнять следующие требования:

- отношение высоты рабочей части к диаметру пуансона не более 3;

- односторонний зазор между пуансоном и матрицей — не менее 0,1 мм;

- радиусы переходов от рабочей части к опорной — не менее 10 мм;

- внутренние радиусы ручья — не менее 3 мм;

- отклонение от перпендикулярности опорной поверхности относительно оси пуансона — не более 0,1 на 100 мм высоты пуансона;

- на наружной кромке рабочего торца следует выполнять фаску для предотвращения заштамповки в торец заготовки заусенца, образующегося в зазоре между контейнером матрицы и пуансона;

- для оформления наметок и полостей следует применять составные пуансоны со сменными вставками.

Вставки в зависимости от конфигурации поковки выполняют цельными или секционными.

При давлении газа более 800 МПа вставки запрессовывают в обойму с натягами:

- 0,25...0,30 мм для диаметров 60...80 мм;

- 0,30...0,40 мм для диаметров 81...100 мм;

- 0,40...0,45 мм для диаметров 101...120 мм.

Контейнер матрицы выполняют с заходным конусом глубиной до 10 мм и углом 15°. В матрицах с глубокими глухими полостями (например, для оребренных поковок) в местах, заполняемых в последнюю очередь, предусматривают газоотводящие каналы (рис. 3.34). Шероховатость рабочих поверхностей матриц и пуансонов должна быть 1,6...0,8 мкм.

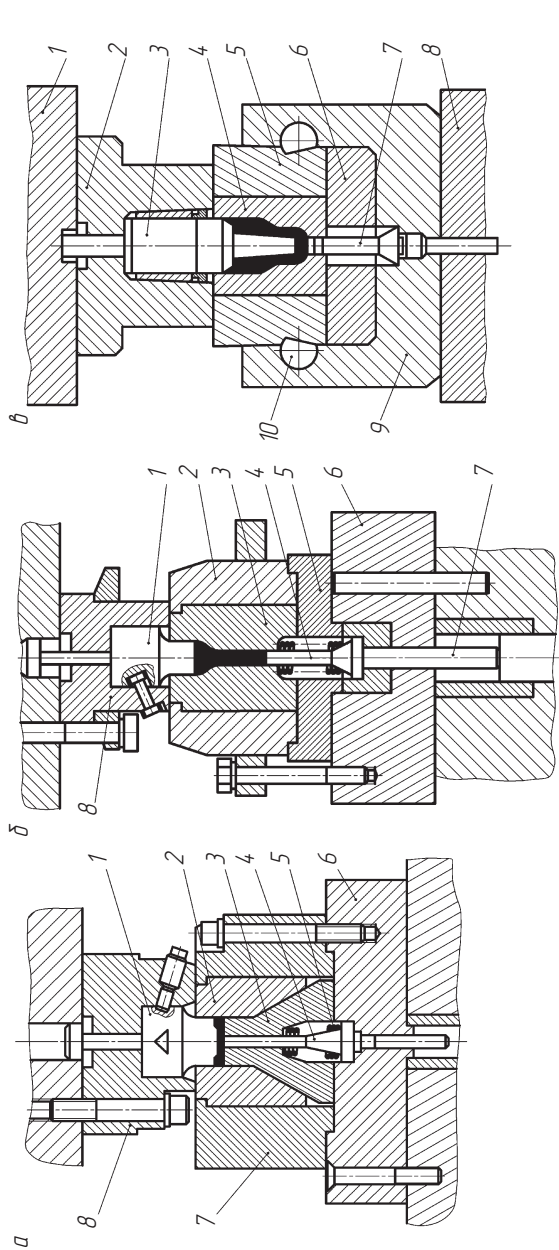


Рис. 3.33. Высокоскоростные молотовые штампы:

*а* — для штамповки дисковой фрезы (1 — пуансон; 2 — матрица; 3 — вставка матрицы; 4 — выталкиватель; 5 — пуансон; 6 — опорная плита; 7 — обойма матрицы; 8 — блок пуансонов); *б* — для выдавливания пазовой фрезы (1 — пуансон; 2 — обойма матрицы; 3 — матрица; 4 — выталкиватель; 5 — переходная плита; 6 — опорная плита; 7 — выталкивающий стержень; 8 — блок пуансонов); *в* — для выдавливания и прошивки стакана (1 — баба молота; 2 — блок пуансонов; 3 — пуансон; 4 — матрица; 5 — обойма матрицы; 6 — опорная плита; 7 — выталкиватель; 8 — рама молота; 9 — клин; 10 — блок матриц)

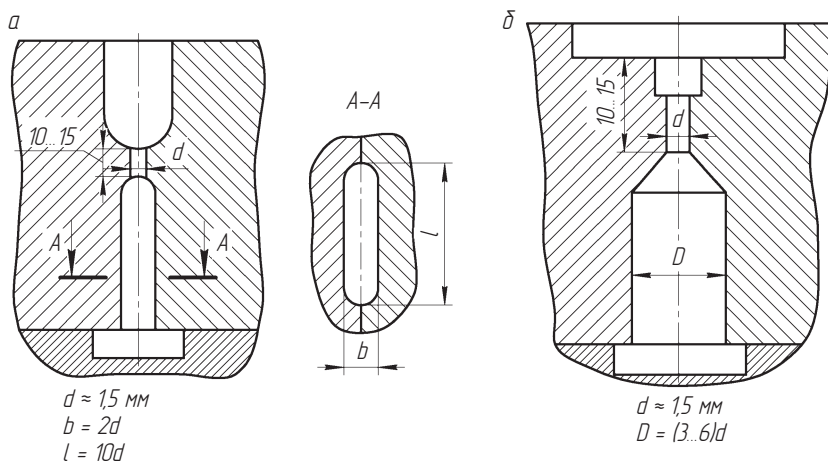


Рис. 3.34. Виды и основные размеры газоотводящих каналов:  
*a* — для секционной матрицы; *б* — для цельной матрицы

Конструкция выталкивателя определяется конфигурацией поковки. Типы некоторых применяемых выталкивателей приведены на рис. 3.35.

При проектировании выталкивателей необходимо выполнение следующих требований:

- длина выталкивателя — не более  $(6..8)d$ ;
- минимальная длина выталкивающей части по высоте  $(1,5..2)d$ ;

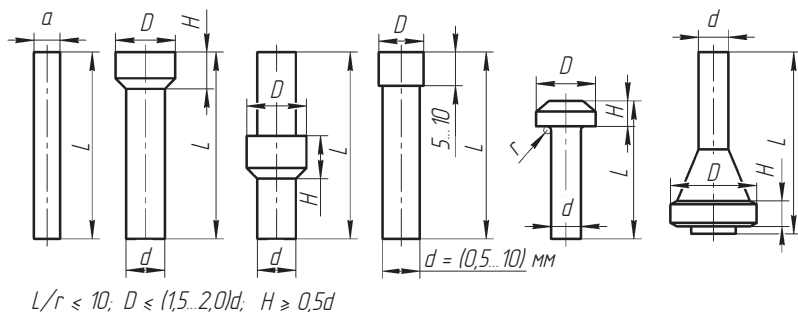


Рис. 3.35. Типы и размеры выталкивателей

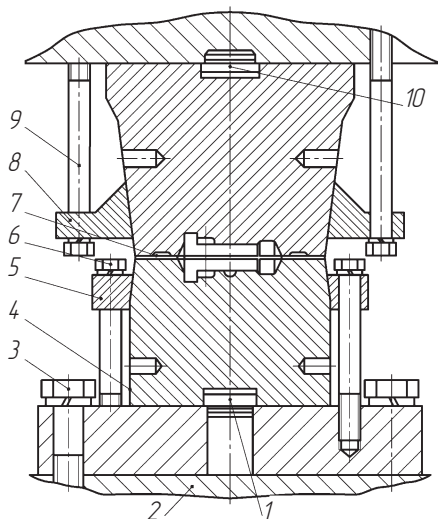


Рис. 3.36. Открытый высокоскоростной штамп:  
1, 10 — сухари; 2 — плита переходная; 3, 6, 9 — болты крепежные; 4, 7 — нижняя и верхняя вставки; 5, 8 — кольца прижимные

□ односторонний зазор между выталкивателем и матрицей для  $d = 20...30$  мм — 0,1...0,5 мм, для  $d = 30...40$  мм — не более 0,2 мм;

□ отклонение от перпендикулярности опорного торца относительно оси выталкивателя — не более 0,02 мм на 100 мм длины (высоты выталкивателя);

□ шероховатость поверхности выталкивателя  $Ra \geq 0,8$  мкм.

При штамповке поковок сложной конфигурации рекомендуется применять открытые высокоскоростные штампы (рис. 3.36).

Отличием этого штампа от предыдущих является наличие канавки для облоя. Тип облойной канавки, размеры канавки и радиусы закруглений выходных кромок ручья штампа приведены в табл. 3.20, 3.21.

Таблица 3.20

## Размеры облойной канавки



Энергия удара, кН · м	Начальная скорость удара $v_0$ , м/с	Размеры канавки, мм			
		Толщина обля $h_0$	Длина		Высота магазина $b$
			мостика $l$	магазина $l_1$	
40...70	10...14	2...3	12...14	30	5
70...100	14...16	3...4	15...16	45	7
100...130	16...17	4...5	18...20	50	8
130...160	18...20	6	22...25	55	10

Таблица 3.21

## Радиусы закругления кромок ручья штампа

Энергия удара, кгс · м	Скорость удара, м/с	Радиусы закругления при глубине полости ручья $H$ , мм			
		До 50	50...100	100...150	150...200
4 000...8 000	10...15	1,5...2,5	2...3,5	3...5	4...6
8 000...16 000	15...20	2...3	3...4	4...5	5...7

Длина мостика при штамповке на высокоскоростных молотах на 30...50 % больше длины мостика облойной канавки, применяемой при штамповке на паровоздушном штамповочном молоте с эквивалентной энергией удара, а толщина мостика, соответственно, на 20...30 % меньше.



## 3.4. Штампы для кривошипных горячештамповочных прессов

### 3.4.1. Технологические особенности штамповки на кривошипных горячештамповочных прессах

Штамповка на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП) по сравнению со штамповкой на молотах имеет следующие преимущества:

- повышенная точность размеров по высоте поковки вследствие постоянства хода и определенности нижнего положения ползуна пресса;
- увеличенный коэффициент использования металла благодаря более совершенной конструкции штампов, снабженных верхним и нижним выталкивателями, что позволяет уменьшить штамповочные уклоны, припуски и допуски;
- улучшенные условия труда вследствие меньших шумовых эффектов, вибрации и сотрясения почвы;
- более высокий (в 2–4 раза) КПД пресса по сравнению с молотом.

Кинематика КГШП обеспечивает жесткую связь между приводом и ползуном. При подходе шатуна к крайнему нижнему положению усилие на ползуне резко возрастает. Рост усилий ведет к увеличению деформации деталей пресса. При значительной перегрузке, например при резком охлаждении облоя, ползун КГШП, не доходя до нижнего положения, останавливается, и пресс может заклинить. Поэтому при штамповке на КГШП предусматривают облой, толщина которого больше, чем толщина облоя при многоударной штамповке на молоте.

Наличие облоя большей толщины, а следовательно, и более горячего, приводит к уменьшению подпора в полости штампа, к большему выдавливанию металла из полости и к худшему заполнению гравюры ручьев. В результате при одинаковой суммарной деформации штамповка на КГШП выполняется с использованием большего числа ручьев, чем при штамповке на молотах.

Более сильное течение металла в стороны при штамповке на КГШП по сравнению со штамповкой на молотах связано с меньшими



скоростями деформирования на КГШП. Удар молота длится 0,005...0,01 с, а продолжительность единичного обжатия в каждом ручье пресса составляет 0,03...0,08 с.

Предотвращение образования большого облоя в прессовом штампе и снижение скорости истечения металла в стороны осуществляется путем увеличения числа ручьев для постепенного приближения формы заготовки и формы поковки. Поковки, штампуемые на молоте за один переход, рекомендуется штамповать на прессе за два или несколько переходов.

Ограничение течения металла в облойную канавку осуществляется уменьшением толщины порога или увеличением его ширины. С этой целью применяют канавки со сдвоенными порогами или дополнительные карманы на пути движения металла в магазин. В табл. 3.22 приведены схемы и размеры облойных канавок. Различают четыре типа канавок.

Таблица 3.22

Типовые формы и размеры облойных канавок штампов КГШП, мм

Усилие пресса, МН	$h_0$	$a$	$b$	$h_1$	$R_1$
6,3	1...1,5	0,6...1,0	4...5	5	15
10	1,5...2,0	1,0...1,5	4...5	6	15
16	2,0...2,5	1,2...1,6	5...6	6	20
20	2,5...3,0	1,4...1,8	6	6...8	20

Окончание табл. 3.22

Усилие пресса, МН	$h_0$	$a$	$b$	$h_1$	$R_1$
25	2,5...3,0	1,6...2,0	6	6...8	20
31,5...40	3,5...4,0	2,0...2,5	6...8	8	25
50...63	4,5...5,0	3,0...3,5	8...12	9...12	30

Тип I — основной (наиболее распространенный). Магазин канавки полностью открыт с одной стороны. Так как нижняя половина штампа прогревается быстрее верхней, то для увеличения стойкости штампа мостик (порог канавки) располагают в верхней части штампа.

Учитывая, что вытекание металла в облой начинается значительно раньше подхода ползуна пресса к нижнему положению, толщина металла, вытекшего в магазин, будет переменной (соответственно переменному зазору между частями штампа в зоне мостика при движении ползуна пресса). Избыточный металл, вытекая в магазин, изгибается в сторону мостика в окончательном ручье с той стороны поковки, на которую будет воздействовать пуансон обрезного штампа.

Тип II — магазин канавки полузакрыт. Такие канавки применяют для уменьшения механической обработки, если кромка ручья отделена от края вставки.

Тип III — с двусторонним открытым магазином. Используют на участках ручья с избыточным выдавливанием металла в облой.

Тип IV — канавка представляет собой гладкий зазор. Применяют во вставках, предназначенных для горячей калибровки в тех случаях, когда объем облоя небольшой.

Для поковок массой до 0,5 кг применяют  $B = 10$  мм, массой до 2 кг —  $B = 15$  мм, при массе более 2 кг —  $B = 20$  мм. Если поковки имеют сложную форму, а облой образуется в предварительном штамповочном ручье, то значение  $B$  удваивают.

Если глубины полостей  $H$  различных ее частей отличаются незначительно, то радиус закругления кромки выбирают по средней глубине; если участки со значительной разницей глубин, то радиусы закруглений кромок фигуры могут быть различными и оговариваются на чертеже отдельно.

Наличие выталкивателей в верхнем и нижнем штампах КГШП позволяет уменьшить по сравнению с молотовыми штампами *штамповочные уклоны* (табл. 3.23).

Таблица 3.23

**Штамповочные уклоны на поковках, изготавливаемых на прессах**

Поковки	Штамповочные уклоны	
	Внешние $\alpha$ , град.	Внутренние $\beta$ , град.
Тел вращения:		
осадка	1...2	2...3
выдавливание	3...5	5...7
осадка и выдавливание	3...5	5...7
Сложной (удлиненной) формы:		
осадка	3...5	5...7
осадка и выдавливание	5...7	5...7

Если штамповку осуществляют одновременно осадкой и выдавливанием, то штамповочные уклоны на разных участках следует назначать отдельно с учетом характера течения металла. Если полости ручья очень глубокие и узкие, рекомендуется применять штамповочные уклоны (рис. 3.37), которые предохраняют кромки ручья от подсаживания (табл. 3.24).

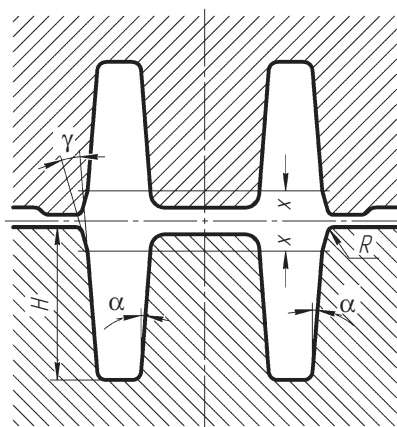


Рис. 3.37. Полость штампа с двойным штамповочным ручьем

Таблица 3.24

**Двойные штамповочные уклоны на поковках с высокими ребрами и ступицами (рис. 3.37)**

Глубина $H$ ручья, мм	Расстояние $x$ , мм	Штамповочные уклоны, град.	
		Основные $\alpha$	Входные $\gamma$
До 20	5	2	6
Свыше 21 до 50	10	3	7
Свыше 51 до 60	12	3	10
Свыше 65	15	5	10

Для облегчения течения металла в полости ручья на поковках необходимы радиусы переходов  $R$  и  $R_1$  (рис. 3.38), которые следует определять по эмпирической формуле

$$R = kh,$$

где  $k$  — определяется по табл. 3.25;  $h$  — глубина участка поковки.

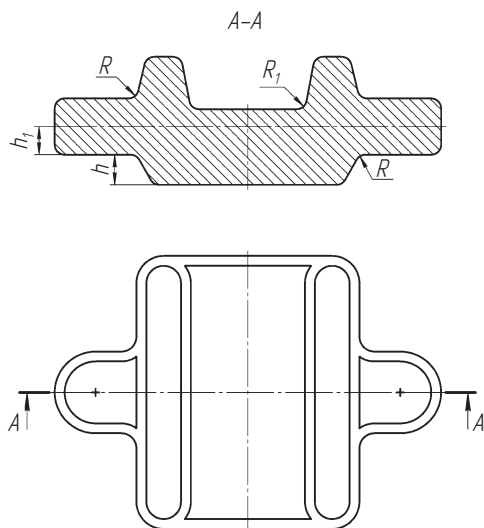


Рис. 3.38. Поковка вытянутой формы

Таблица 3.25

Значение коэффициента  $k$ 

$h/b$	$h$ , мм	$k$
До 1	До 12	0,15
Свыше 1 до 2	Свыше 12 до 24	0,2
Свыше 2 до 3	Свыше 24 до 40	0,25
Свыше 3	Более 40	0,3

Примечание.  $b$  — ширина участка поковки, мм.

### 3.4.2. Разработка чертежей поковок, штампуемых на кривошипных горячештамповочных прессах

Выбор линии разреза, составление эпюры диаметров и сечений, определение размеров расчетной и исходной заготовки, напусков, проектирование ручьев, выбор радиусов закруглений, соотношений размеров предварительного и окончательного ручьев, конструирование замков, облойных канавок и выемок под клещевину производится так же, как и при штамповке на молотах.

Припуски на механическую обработку и допуски на размер, штамповочные уклоны и профиль облойной канавки, основные размеры ручьев отличаются от принятых при штамповке на молотах.

**Пример выполнения чертежа поковки шестерни.** Чертеж шестерни представлен на рис. 3.39.

Исходные данные детали:

Материал — сталь 45ХН2МФА: 0,42...0,50 % С; 0,17...0,37 % Si; 0,5...0,8 % Mn; 0,8...1,1 % Cr; 1,3...1,8 % Ni; 0,2...0,3 % Mo; 0,10...0,18 % V.

Масса детали — 1,83 кг; масса поковки — 3,3 кг (расчетная): расчетный коэффициент  $K_p = 1,8$  (см. табл. 3.2),  $1,83 \cdot 1,8 = 3,3$  кг.

Класс точности — Т3 (см. табл. 3.1). Группа стали — М2. Средняя массовая доля углерода в стали 45ХН2МФА — 0,46С; суммарная массовая доля легируемых элементов — 3,81 % (0,27 % Si; 0,05 % Mn; 0,95 % Cr; 1,55 % Ni; 0,25 % Mo; 0,14 % V).

Размеры описывающей поковку фигуры (цилиндр), мм: диаметр 134,2 ( $127,8 \times 1,05$ ); высота 41 ( $39 \times 1,05$ ) (1,05 — коэффициент).

Масса описывающей фигуры (расчетная) — 4,55 кг.

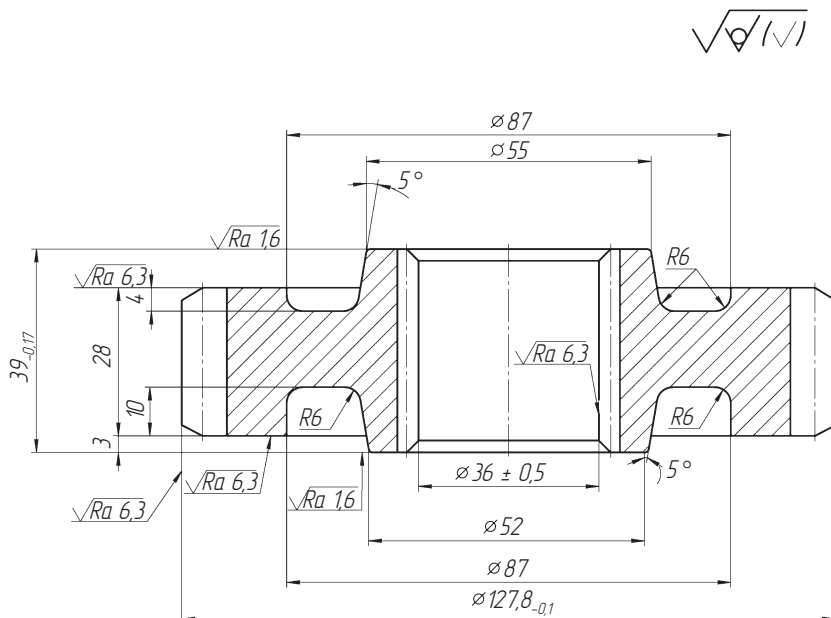


Рис. 3.39. Чертеж шестерни

Степень сложности — С1.

Конфигурация поверхности разъема штампа — П (плоская).

Исходный индекс — 10 (см. рис. 3.5).

Основные припуски на размеры (см. табл. 3.3), мм:

1,6 — диаметр 127,8 мм и чистота поверхности 6,3;

1,4 — диаметр 36 мм и чистота поверхности 6,3;

1,5 — толщина 39 мм и чистота поверхности 1,6;

1,5 — толщина 28 мм и чистота поверхности 6,3.

Дополнительные припуски, учитывающие:

смещение поверхности разъема штампа — 0,3 мм (см. табл. 3.4);

отклонение от плоскостности — 0,3 мм (см. табл. 3.5).

Штамповочные уклоны:

на наружной поверхности не более 5° — принимается 5°;

на внутренней поверхности не более 7° — принимается 7°.

Размеры поковки, мм:

диаметр  $127,8 + (1,6 + 0,3) \cdot 2 = 131,6$  — принимается 132;

диаметр 36 —  $(1,4 + 0,3) \cdot 2 = 32,6$  — принимается 32;



Верхняя плита блока крепится болтами к ползуну пресса, нижняя — к столу. Для перемещения блока на столе пресса и фиксации его от бокового сдвига клином в нижней плите блока имеются две скошенные плоскости; в верхней плите выполняется паз, соответствующий выступу ползуна пресса.

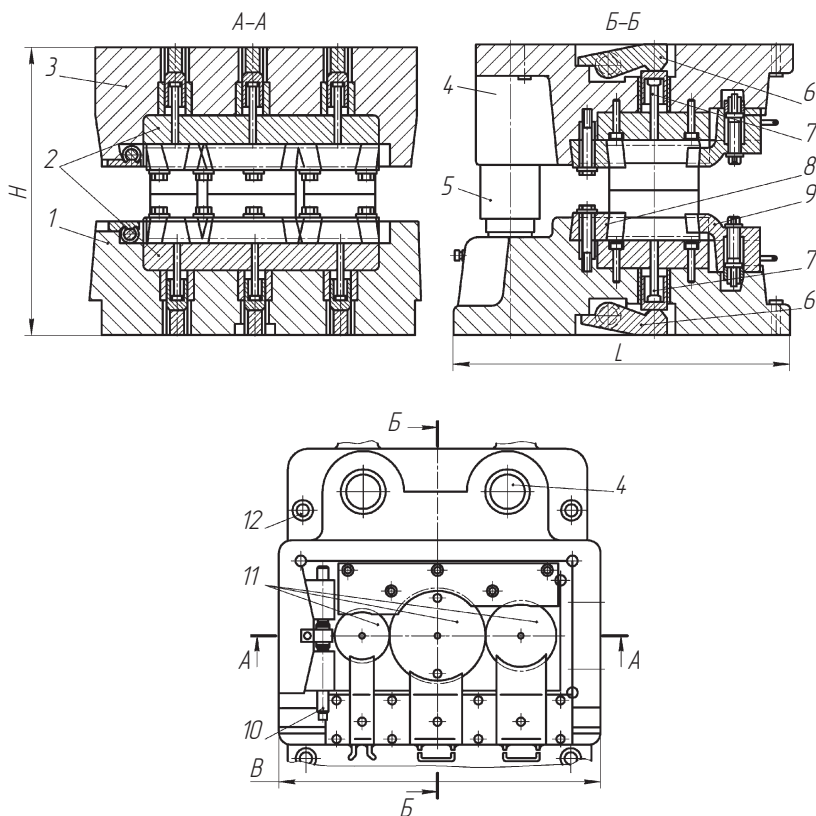


Рис. 3.41. Конструктивная схема универсального блока открытого штампа:

1, 3 — соответственно, нижняя и верхняя части блока; 2 — подштамповые плиты; 4, 5 — направляющие колонка и втулка соответственно; 6 — рычажно-кулачковые механизмы; 7 — выталкиватели; 8 — клиновидная накладка; 9 — скоба; 10 — винтовой зажим; 11 — вставки цилиндрические; 12 — отверстия для крепления



Таблица 3.26

Габаритные размеры блоков, мм (рис. 3.41)

Усилие пресса, МН	<i>B</i>	<i>L</i>	<i>H</i>	Усилие пресса, МН	<i>B</i>	<i>L</i>	<i>H</i>
6,3	630	750	574	25	1120	1200	900
10	710	750	570	40	1600	1600	1010
16	900	1040	666	53	1800	2000	1160

Клиновья подушка прессов позволяет регулировать закрытую высоту, которая определяется по формуле

$$H = A + 0,75a,$$

где  $H$  — номинальная закрытая высота блока, мм;  $A$  — минимальная закрытая высота штамповочного пространства пресса, мм;  $a$  — величина регулирования клиновой подушки стола пресса, мм.

Блоки в основном проектируют двух- или трехручьевыми. Расположение ручьев в блоке зависит от расположения нагревательных устройств. Первый ручей располагается в блоке со стороны подачи нагретой заготовки, второй — с противоположной стороны, в центре — окончательный. Такое расположение ручьев сводит к минимуму охлаждение поковок в процессе их транспортирования от нагревательных устройств к штампам.

Ручьи выполняют в заменяемых отдельных вставках. Наиболее часто применяют *призматические вставки*. Их проще регулировать, а крепление более надежно. Конструктивные варианты крепления призматических вставок представлены на рис. 3.42.

*Направляющий узел блока* (рис. 3.43) состоит из направляющей колонки 3, втулки 4, сальника 5, нижней крышки 6, защитной шайбы 2. Гнездо для посадки колонки в нижней плите 7 обрабатывают в сборе с верхней плитой 1, что обеспечивает необходимую соосность колонки и втулки.

Направляющие колонки располагают в блоке так, чтобы они не препятствовали работе оператора. Обычно предусматривают две направляющие колонки, расположенные на блоке сзади, но в отдельных случаях, когда к точности поковок предъявляют повышенные требования, блоки выполняют с тремя, а иногда и четырьмя колонками.

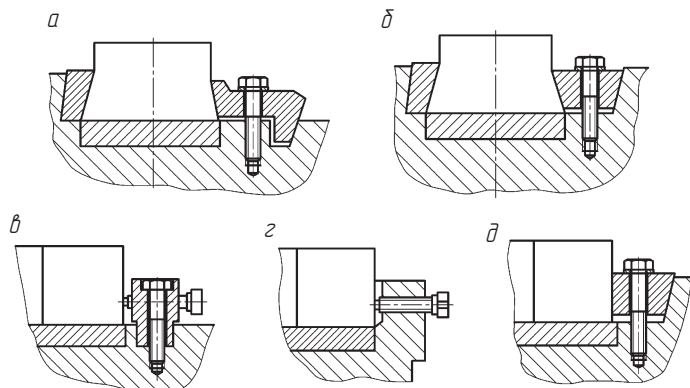


Рис. 3.42. Крепление призматических вставок в универсальных блоках: *а* — продольное накладками; *б* — продольное прижимными клиньями; *в* — боковое упорными болтами через стойку; *г* — боковое упорными болтами через стенку блока; *д* — боковое прижимными клиньями

*Выталкивающие механизмы* универсальных блоков конструируют: с одним выталкивателем; с траверсой, позволяющей осуществлять выталкивание поковок из любого ручья штампа; с траверсой и поворотными рычагами, с помощью которых выталкивание можно осуществлять, воздействуя на любой элемент поковки.

Выталкивающий механизм с одной точкой толкания прост по конструкции, но применяется для удаления поковок только из окончательного ручья. Выталкивающие механизмы с траверсой не получили широкого применения из-за перекосов и заедания траверсы, приводящих к частым авариям.

Рычажно-кулачковые выталкивающие механизмы (рис. 3.44) универсальны, безотказно работают в любых условиях, не препятствуют монтажу и демонтажу вставок в блоке непосредственно на прессе без съема самого блока.

Если выталкивание необходимо осуществлять только из одного окончательного ручья, то используют рычаг с одним плечом. При необходимости выталкивания из предварительного и окончательного ручьев рычаг изготов-

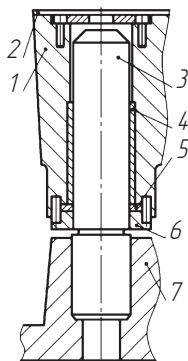


Рис. 3.43. Направляющий узел

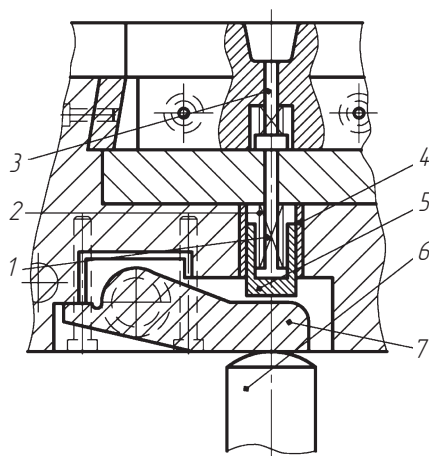


Рис. 3.44. Схема рычажно-кулачкового выталкивающего механизма: 1 — стержень выталкивающего механизма блока; 2 — пружина; 3 — толкатель штамповой вставки; 4 — направляющая втулка; 5 — стакан; 6 — стержень выталкивателя пресса; 7 — рычаги

ливают двухплечным, а при выталкивании из трех ручьев — трехплечным.

В зависимости от формы поковки и вероятности ее застревания предусматривают выталкивание поковки из верхней или нижней вставки или из обеих одновременно.



### 3.5. Разделительные штампы

Обрезку облоя и пробивку перемычек можно производить в холодном и горячем состоянии. Холодную обрезку производят у мелких и средних поковок из углеродистых и низкоуглеродистых сталей. При обрезке облоя в холодном состоянии у поковок из высокоуглеродистых и высоколегированных сталей в зоне резания возникают трещины и расслоения, приводящие к браку.

У крупных поковок с толщиной облоя более 1,5 мм во избежание трещин обрезку облоя и пробивку перемычек осуществляют в горячем состоянии.

Технологические схемы *обрезки облоя и пробивки перемычек* приведены на рис. 3.45.

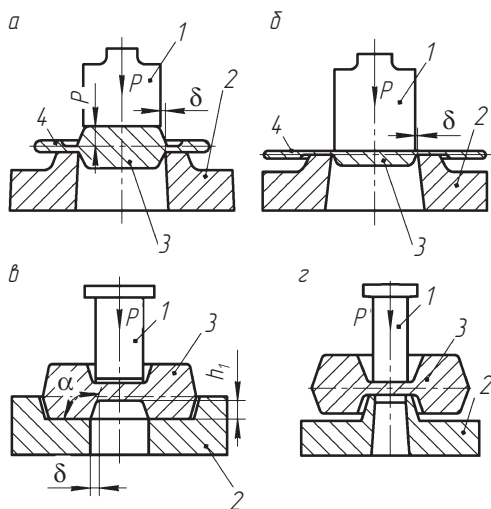


Рис. 3.45. Схемы обрезки облоя (*а, б*) и пробивки перемычек (*в, г*):  
 1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – поковка; 4 – облой;  $\delta$  – зазор

При обрезке облоя у высоких (толстых) поковок (рис. 3.45, *а*), у которых величина  $h$  превосходит 5...8 мм, пуансон 1 не входит в матрицу 2. В этом случае режущим инструментом является матрица, а пуансон выполняет роль толкателя. При обрезке облоя у поковок небольшой высоты с торцовым расположением облоя, у которых поверхность облоя является продолжением поверхности поковки, пуансон входит в матрицу и является режущим инструментом (рис. 3.45, *б*).

При пробивке внутренних перемычек (рис. 3.45, *в*) режущим инструментом является пуансон, а матрица выполняет роль центрирующей опоры. При пробивке внутренних перемычек у поковок из цветных металлов конструкция матрицы должна обеспечить опору на перемычку (рис. 3.45, *г*). В этом случае режущим инструментом являются пуансон 1 и матрица 2. В обоих случаях после пробивки перемычки поковки остаются на пуансоне, и для ее удаления штампы должны оснащаться специальными съемниками.

Зазор  $\delta$  зависит от формы и размеров поковки. Значения зазора приведены в табл. 3.27.

Таблица 3.27

**Числовые значения зазора  $\delta$  между матрицей и пуансоном, мм**

Рис. 3.45, а		Рис. 3.45, б	
$h$	$\delta$	$h$	$\delta$
До 5	0,3	До 20	0,3
5...10	0,5	20...30	0,5
10...19	0,8	30...48	0,8
19...24	1,0	48...59	1,0
24...30	1,2	59...70	1,2
Свыше 30	1,5	Свыше 70	1,5

При обрезке облоя у высоких поковок (рис. 3.46, а, б, в) пуансон непосредственно в процессе резания облоя не участвует, поэтому зазор не влияет на качество поверхности среза. При обрезке облоя у поковок, имеющих в сечении круг диаметром  $D$  (рис. 3.46, б), притупление  $S$  острых кромок пуансона рассчитывают по формуле

$$S = 0,2D + 1,$$

где  $D$  — диаметр круглой поковки; при обрезке облоя толкающим пуансоном с охватом поковки (см. рис. 3.45, в)

$$S = \frac{3,3 - 0,3\alpha}{\text{tg } \alpha},$$

где  $\alpha$  — угол между мостиком и поверхностью поковки.

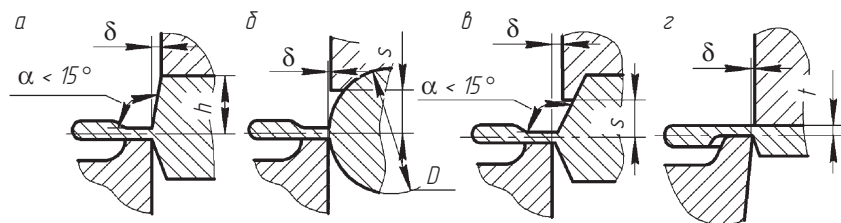


Рис. 3.46. Зазор  $\delta$  между матрицей и пуансоном при обрезке облоя: а–в — пуансон — толкающий инструмент; з — пуансон — режущий инструмент

В тех случаях, когда пуансон и матрица являются режущим инструментом (рис. 3.46, *з*), зазор определяется по формуле

$$\delta = kt, \quad (3.2)$$

где  $k$  — коэффициент, зависящий от материала поковки (для поковок из стали, алюминиевых и титановых сплавов  $k = 0,08...0,10$ ; для поковок из меди, латуни, магниевых сплавов  $k = 0,04...0,06$ );  $t$  — толщина облоя в центре среза, мм.

При пробивке перемычки, расположенной внутри поковки (см. рис. 3.45, *в*), зазор между матрицей и пробивным пуансоном определяют по формуле

$$\delta = h \operatorname{tg} \alpha - 0,5.$$

Конструктивное исполнение и размеры обрезных матриц приведены на рис. 3.47 и в табл. 3.28.

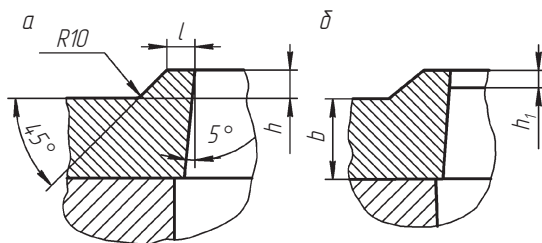


Рис. 3.47. Конструктивные элементы обрезных матриц с острой (*а*) и тупой (*б*) режущими кромками

Таблица 3.28

Размеры обрезных матриц, мм (рис. 3.47)

Толщина обрезаемого слоя	$h$	$l$	$h_1$ , не более	$b$ , не менее
До 1,6	8...10	6...8	5	30
1,6...3,0	8...10	8...10	6	36
3...4	10...15	10...12	8	45
4...6	15...20	12...14	10	55
6...8	15...20	12...14	12	65

**Обрезные штампы** делят на штампы простого, последовательного и совмещенного действия.

*Штампы простого действия* (рис. 3.48, а) отличаются друг от друга способом удаления поковки и облоя, способом крепления матриц, наличием или отсутствием направляющих. При мелкосерийном производстве матрица выполняется цельной и крепится непосредственно к столу прессы.

При массовом производстве поволоков обычно применяются секционные матрицы, устанавливаемые на штампы с направляющими колонками. Секционное исполнение матриц позволяет легко регулировать размеры обрезаемого контура поковки. При этом быстроизнашивающиеся части матриц выполняются вставными, а рабочая кромка наплавляется.

Блок *обрезного штампа последовательного действия* (рис. 3.48, б) включает пробивные и вырубные пуансоны 3 и матрицы 4, предназначенные для пробивки отверстий и обрезки облоя. В некоторых случаях на штампах последовательного действия дополнительно могут производиться операции гибки и пробивки.

На *штампе совмещенного действия* (рис. 3.48, в) в начале хода ползуна прессы предусмотрена обрезка облоя, производимая пуансоном 3 и матрицей 4, затем пробивка отверстия прошивком 5, а в конце хода ползуна прессы — правка, осуществляемая пуансоном 3, прижимом 6 и буферным устройством 7.

При обрезке облоя пуансон погружается в матрицу, а облой остается на пуансоне; при пробивке пленок на пуансоне остаются поковки. Для снятия с пуансонов облоя применяются специальные *съемники*, которые подразделяются на нижние и верхние, жесткие и подвижные (рис. 3.49).

Простейший нижний съемник жесткой конструкции выполнен в виде съемных Г-образных лап 1, укрепленных на плите (рис. 3.49, а). Лапы работают на изгиб в тот момент, когда застрявший облой снимается с пуансона. Более совершенной является конструкция жесткого съемника на распорных трубках (рис. 3.49, б). Длинные болты 2 расположены внутри трубок 3, на которых закреплена плита (съемник) 4 с отверстием для пуансона. При необходимости это отверстие может служить направляющей для пуансона.

Для поволоков большой высоты и малой закрытой высоты прессы применяется нижний жесткий съемник на пружинах (рис. 3.49, в).

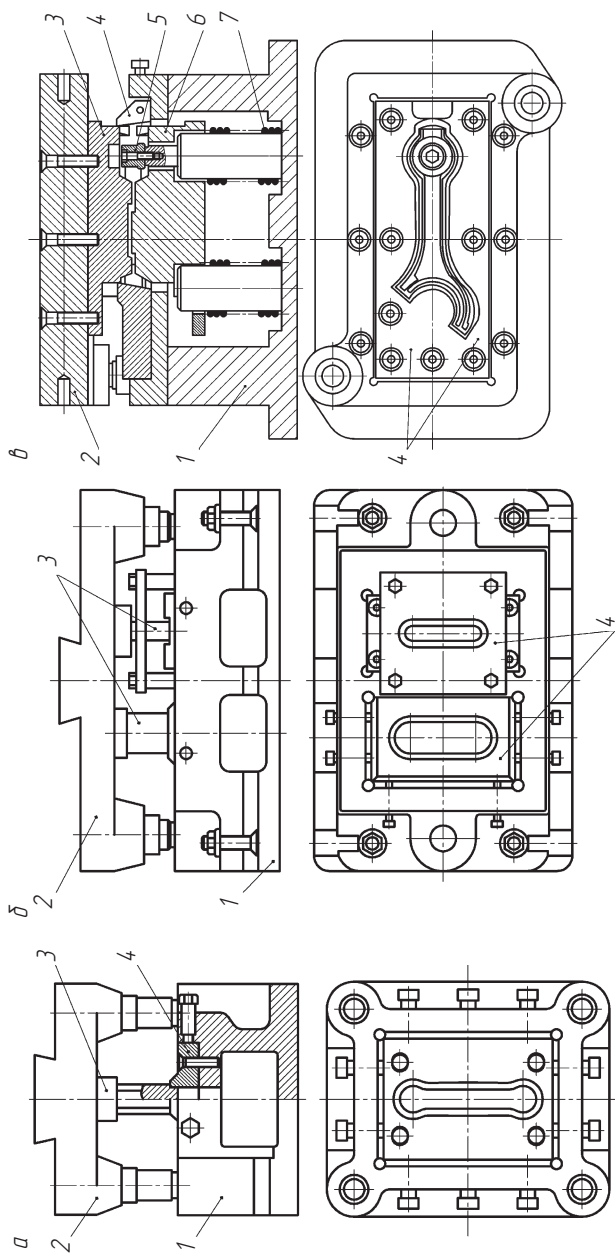


Рис. 3.48. Схемы конструкций обрезаемых штампов:  
*а* — простого действия; *б* — последовательного действия; *в* — совмещенного действия; 1 — нижняя неподвижная часть штампа; 2 — верхняя подвижная часть штампа; 3 — пуансон; 4 — матрица; 5 — матрица; 6 — пружина; 7 — пружина



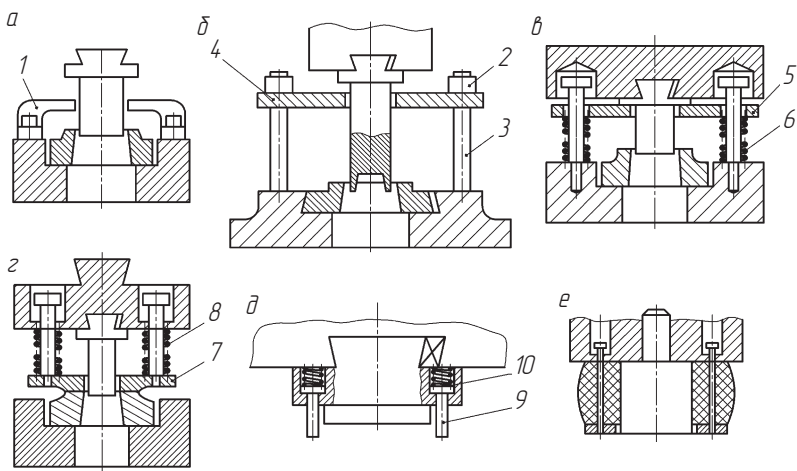


Рис. 3.49. Конструктивные схемы съемников обрезных штампов: *а, б, в* – нижние съемники; *г, д, е* – верхние съемники; 1 – Г-образные лапы; 2 – болты; 3 – трубки; 4, 5, 7 – съемные плиты; 6, 8, 10 – пружины; 9 – стержни толкающие

В процессе рабочего хода ползун пресса опускает съемники и сжимает пружины.

При обратном ходе ползуна пластина 5 съемника под действием пружин 6 возвращается в исходное положение, а съемник работает как обычный жесткий.

Если нижний съемник мешает установке поковок, то используется верхний съемник (рис. 3.49, *г*). Съем облоя осуществляется при обратном ходе ползуна. Съемная плита 7 передвигается к торцу пуансона сжатыми пружинами 8, снимая при этом застрявший на пуансоне облой.

Верхний пружинный съемник может быть выполнен в виде компактных стержней 9, действующих от пружин 10 (рис. 3.49, *д*). Три или четыре стержня свободно снимают облой. При холодной обрезке облоя вместо пружин верхнего съемника используются толстые резиновые подкладки (рис. 3.49, *е*).

## 3.6. Закрытые штампы для выдавливания на кривошипных горячештамповочных прессах



### 3.6.1. Технологические способы выдавливания. Группы поковок

Резервом экономии металла, снижения себестоимости и трудоемкости, повышения производительности является перевод изготовления поковок со штамповки в открытых штампах на штамповку выдавливанием в закрытых штампах.

Штамповка выдавливанием протекает в условиях неравномерного всестороннего сжатия, обеспечивающего увеличение пластичности и повышение механических свойств металла. Благодаря этому горячая штамповка выдавливанием позволяет успешно изготавливать поковки сложной конфигурации из труднодеформируемых сталей и сплавов.

**Прямое выдавливание** характеризуется течением металла заготовки в направлении движения пуансона (рис. 3.50, а). Этим способом изготавливаются гладкие или с уступом поковки разной конфигурации, полые и сплошные стержни с утолщением на конце.

При **обратном выдавливании** течение металла происходит в направлении, противоположном направлению движения пуансона (рис. 3.50, б). Обратное выдавливание применяется для штамповки поковок типа стаканов и втулок различной конфигурации, имеющих полость как с одной, так и с двух сторон.

**Комбинированное выдавливание** представляет собой сочетание прямого и обратного выдавливания и характеризуется тем, что течение металла происходит одновременно как в направлении движения пуансона, так и в противоположном (рис. 3.50, в). Комбинированное выдавливание применяется для изготовления поковок сложной конфигурации.

При **боковом выдавливании** металл течет под определенным углом к направлению движения пуансона (рис. 3.50, г). Этим способом получают поковки сложной конфигурации с прямолинейными и криволинейными боковыми отростками постоянного или переменного сечения.

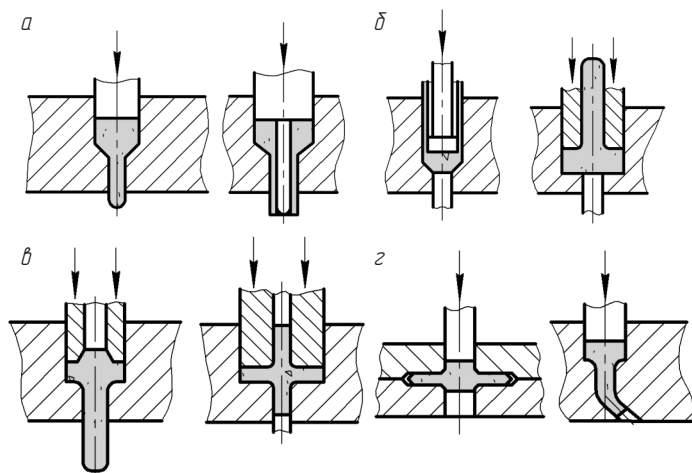


Рис. 3.50. Технологические способы выдавливания:  
*a* — прямое; *б* — обратное; *в* — комбинированное; *г* — боковое

Все поковки, штампуемые на прессах горячим выдавливанием, классифицируют по группам в зависимости от формы (рис. 3.51).

Группа I (рис. 3.51, *a*) — поковки типа стержня постоянного и переменного сечения, при изготовлении которых преобладающим процессом является прямое выдавливание.

Группа II (рис. 3.51, *б*) — поковки с глухой полостью типа цилиндрических стаканов и с буртами, которые изготавливают обратным выдавливанием из сплошных заготовок.

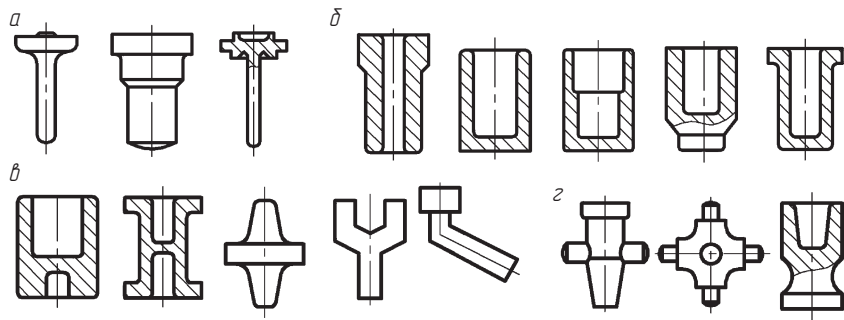


Рис. 3.51. Классификация поковок, получаемых горячим выдавливанием:  
*a* — группа I; *б* — группа II; *в* — группа III; *г* — группа IV

Группа III (рис. 3.51, в) — поковки с глухими двусторонними полостями или отрезками в направлении оси поковки, которые оформляются одновременно прямым и обратным выдавливанием.

Группа IV (рис. 3.51, г) — поковки с боковым отрезком или поднутрением, которые штампуют с использованием бокового и комбинированного выдавливания в штампах с вертикальной или горизонтальной плоскостью разреза матрицы.

Основным требованием при конструировании поковок из труднодеформируемых сталей и сплавов, изготавливаемых выдавливанием, является максимально возможная простота формы и плавность сопряжений ее конструктивных элементов. Наиболее технологичными являются поковки, имеющие цилиндрический стержень постоянного сечения с утолщением на конце. Количество ступеней на стержне не должно превышать трех, а диаметр наименьшей ступени должен быть не менее  $(0,2...0,3)d_{\text{п}}$ .

Штамповку поковок со свободной полостью осуществляют за один, два и три перехода, не считая осадки. При этом целесообразно применять трубчатые заготовки в виде кольца или втулки, полученные прошивкой.

Поковки с боковыми отрезками, буртами, а также местными утолщениями и поднутрениями на наружной поверхности штампуют в штампах с горизонтальной и вертикальной плоскостями разреза за один или два перехода. При штамповке поковок с горизонтальной плоскостью разреза матриц центральную часть получают осадкой, а отрезки — боковым выдавливанием. Поковки нужно конструировать с плавными переходами к отрезкам и буртам, чтобы облегчить течение металла и обеспечить отчетливое заполнение труднодоступных частей штампа.

При конструировании штампов для формообразования поковки выдавливанием должны быть обеспечены следующие условия:

- высокая соосность верхних и нижних частей штампа и раздельная регулировка ручьев по высоте;
- удобство монтажа штампов, надежность крепления рабочих частей, регулировка зазоров, быстротенность пуансонов и матриц;
- надежная работа выталкивающих устройств, быстрая укладка нагретых заготовок в ручей штампа и удаление из полости штампа поковок;

□ удобство охлаждения и смазки рабочих частей в процессе штамповки;

□ возможность свободного и безопасного доступа в рабочую зону штампа, механизации и автоматизации процесса штамповки.

### 3.6.2. Штампы для прямого выдавливания

Штамповку стержневых поковок простой формы рекомендуется проводить в два перехода. На первом, предварительном, переходе получают утолщение диаметром  $d_{пр}$ , высотой  $h_{пр}$ , стержень диаметром  $d_c$ , длиной  $l_{c,пр}$  (рис. 3.52, а, б). На втором, окончательном, переходе происходит утолщение головки поковки до диаметра  $d_n$  и некоторое удлинение стержня до размера  $l_{c,ок}$  (рис. 3.52, в). После штамповки излишнюю часть  $\Delta l_c$  отрезают и получают поковку с размерами  $d_n, h_n, d_c, l_{c,п}$  (рис. 3.52, г).

Формообразующими элементами предварительного ручья при штамповке прямым выдавливанием являются пуансон 1 и матрица 2 (рис. 3.53). Форма полости матрицы перехода от прямого отверстия  $d_{пр}$  к формообразующему отверстию  $d_o$  должна быть выполнена таким образом, чтобы обеспечить благоприятные условия течения металла и минимальный износ матрицы.

Диаметры отверстий втулки и канала толкателя в матрице выполняют одинаковыми и большими формообразующего отверстия матрицы:

$$d_k = d_o + (0,1...0,3) \text{ мм.}$$

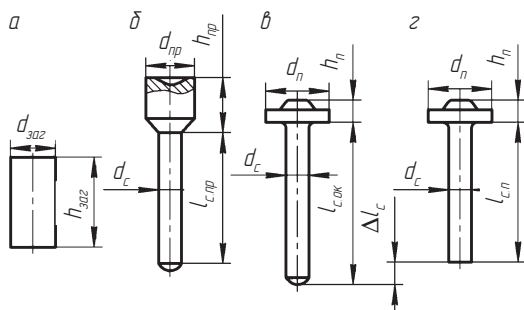


Рис. 3.52. Эскизы к переходам поковки прямым выдавливанием:  
а — заготовка; б — после предварительного перехода; в — после окончательного перехода; г — поковка

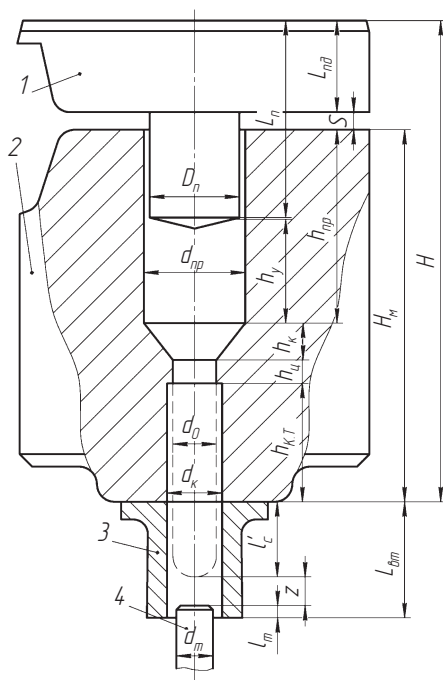


Рис. 3.53. Схема для расчета штампа прямым выдавливанием:  
1 — пуансон; 2 — матрица; 3 — втулка; 4 — толкатель

Диаметр толкателя

$$d_{\text{т}} + d_{\text{o}} - (1...3) \text{ мм.}$$

Высота приемника должна обеспечить заход пуансона в матрицу до момента его соприкосновения с заготовкой:

$$h_{\text{пр}} = h_{\text{заг}} + (10...30) \text{ мм.}$$

Для уменьшения трения деформируемого металла о стенки формообразующего отверстия матрицы высоту цилиндрической части матрицы принимают  $h_{\text{у}} = 5...15$  мм.

Высоту конусной части матрицы  $h_{\text{к}}$  определяют исходя из диаметра прижима  $d_{\text{пр}}$ , формообразующего отверстия  $d_{\text{o}}$  и принятого угла  $\alpha$ :

$$h_{\text{к}} = \frac{d_{\text{пр}} - d_{\text{o}}}{2} \text{ctg } \alpha.$$

Радиусы сопряжений принимают  $R_1 = 5...25$  мм;  $R_2 = 2...10$  мм.  
 Длина толкателя  $l_T$ , входящего во втулку,  $l_T = 10...20$  мм.

Зазор между выдавливаемым стержнем и торцом толкателя равен  $\delta = 10...30$  мм.

Длина втулки  $l_{вт} = l'_c + l_v + Z$ , где  $l'_c$  — длина стержня поковки, входящего во втулку.

Длину пуансона  $L_{п}$  определяют исходя из закрытой высоты  $H_{закр}$  штампового пространства:

$$L_{п} = H_{закр} - (h_y + h_k + h_{ц} + h_{к.т}),$$

где  $h_y$  — высота утолщенной части поковки;  $h_{ц}$  — высота цилиндрической части матрицы;  $h_{к.т}$  — высота канала толкателя в матрице:

$$h_{к.т} = H_M - (h_{пр} + h_k + h_{ц}),$$

где  $H_M$  — высота матрицы.

Высота пуансонодержателя

$$H_{пд} = H_{закр} - (H_M + S),$$

где  $S$  — зазор между пуансоном и матрицей,  $S = 10...30$  мм.

Диаметр пуансона

$$D_{п} = d_{пр} - \delta,$$

где  $\delta$  — зазор между пуансоном и отверстием приемника матрицы, принимается для поволоков диаметром до 10 мм — 0,1...0,15 мм на сторону, а для поволоков диаметром головки 10...100 мм — 0,3...0,4 мм на сторону.

На рис. 3.54 приведена заготовка, штамповочные переходы поковки и штамп для прямого выдавливания клапана из жаропрочной стали. Конструкция штампа проверена многолетней эксплуатацией и рекомендуется в качестве типовой.

Штамп устроен следующим образом. В верхней и нижней основных плитах 5, 17, а также в подкладных плитах 6, 21 выполнены по два гнезда для толкателей 4 и выталкивателей 18. Верхний толкатель 4 приводится в действие от ползуна 2, перемещаемого во втулке 3 и траверсе 1. Выталкиватель 18 приводится в действие от гидроцилиндра пресса через толкатель пресса.

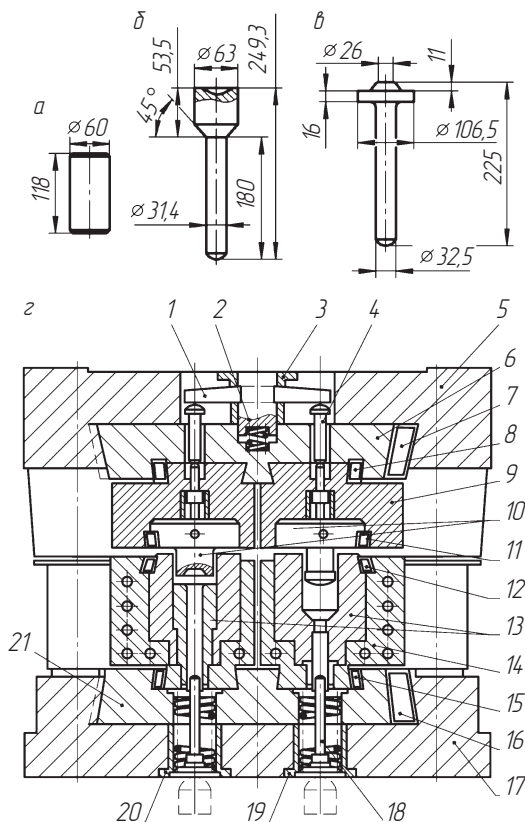


Рис. 3.54. Схема типового штампа для прямого выдавливания:  
*a* — заготовка; *б, в* — штамповочные переходы; *з* — схема конструкции штампа

Подкладные плиты 6, 21 крепятся в основных плитах 5, 17 с помощью клиньев 7, 16. В свою очередь в подкладных плитах крепятся с помощью клиньев 11, 12 пуансоны 10 и матрицы 13. Пуансонодержатель 9 закрепляется в плите 6 клиньями 8. Матрица 13 является сменной, устанавливается в обойме 14, которая фиксируется в плите 21 клиньями 15. Втулки 19, 20 служат для направления перемещения нижних выталкивателей, а пружины, расположенные в нижней и верхней плитах, для возвращения выталкивателей в нижнее положение, а ползуна — в верхнее.



При штамповке поковок из труднодеформируемых жаропрочных сталей и сплавов предусмотрен электронагрев, обеспечивающий термостабилизацию штампов. Для размещения электронагревателей в нижних обоймах предусмотрены отверстия.

### 3.6.3. Штампы для обратного выдавливания

Расчет предварительного ручья (рис. 3.55, *a*) и определение размеров конструктивных элементов следует производить с учетом рекомендаций по проектированию штампов для прямого выдавливания.

Необходимо исключить затекание материала в зазор между матрицей и толкателем. Высота конусной части  $h_k$  матрицы должна соответствовать высоте поковки на этом участке.

Окончательный ручей должен быть выполнен по размерам чертежа горячей поковки (рис. 3.55, *б*).

На рис. 3.56 представлен универсальный двухручьевого штамп для обратного выдавливания заготовки с глухой полостью. Первый ручей включает пуансон 16, установленный в пуансонодержателе 15, который крепится клином в верхней обойме 14. В полости обоймы 19, которая клином крепится в нижней подкладной

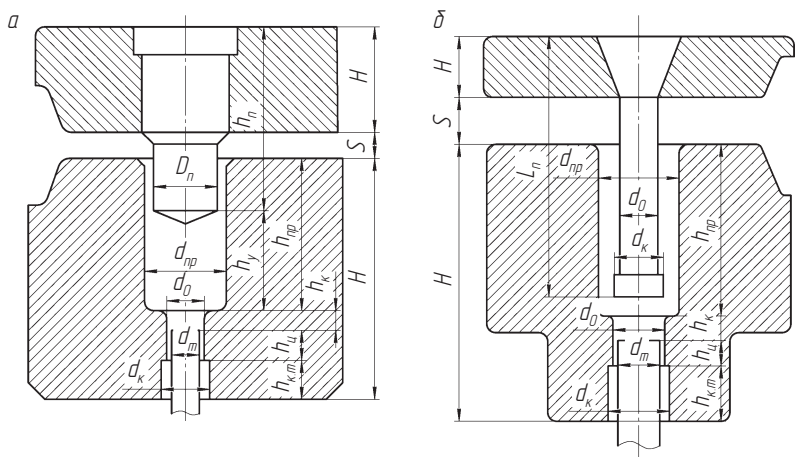


Рис. 3.55. Схемы для расчета предварительного (*a*) и окончательного (*б*) ручьев штампа для обратного выдавливания

плите 28, расположены матрица 17, выталкиватель 20 и направляющая втулка 22.

Второй ручей штампа состоит из нижней 31 и верхней 5 обойм, прикрепленных к нижней 28 и верхней 6 подкладным плитам кли-

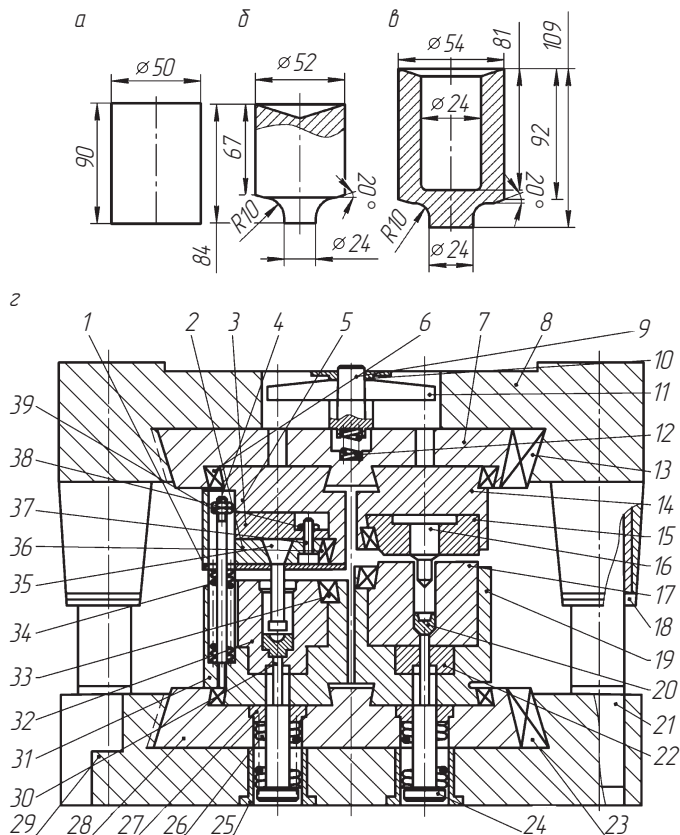


Рис. 3.56. Схема типового универсального двухручьего штампа для обратного выдавливания:

*a* – заготовка; *б, в* – штамповочные переходы; *z* – схема штампа: 1, 20, 28, 31, 35 – клины; 2, 18, 27 – обоймы; 3, 24 – пуансонодержатели; 4, 22 – пуансоны; 5, 19 – матрицы; 6 – обойма; 7, 17 – выталкиватели; 8 – втулка; 9 – колонка; 10 – втулка; 11 – толкатель; 12, 14 – направляющие втулки; 13, 21, 39 – пружины; 15, 29 – подкладные плиты; 16, 30 – нижняя и верхняя основные плиты; 23 – плита съемная; 25 – плита опорная; 26 – болт специальный; 32, 33, 34 – гайки; 36 – ползун; 37 – втулка; 38 – траверса

нами 13, 23. В обойме 5 смонтированы пуансон 35, пуансонодержатель 2 и опорная плита 3. В обойме 31 расположены матрица 33 и выталкиватель 30. Матрица 33 и пуансон 35 закреплены в обоймах 31, 5 клиньями 36. Толкатели 24 перемещаются в направляющих втулках 25 и 23, а после подъема возвращаются в крайнее нижнее положение пружинами 26. Готовая поковка удаляется с пуансона с помощью съемника, который состоит из четырех специальных болтов 4, закрепленных в нижней обойме 31. Соосность плит обеспечивается колонками 9 и втулками 8.



### 3.7. Штампы с разъемными матрицами

В штампах с разъемными матрицами конструктивно предусматривается наличие одного или нескольких пуансонов. В таких штампах возможно изготовление поковок с несколькими полостями. Многополостная штамповка позволяет приблизить форму и размеры сложных поковок к размерам готовых изделий. Коэффициент использования металла при изготовлении поковок сложной конфигурации повышается в 2–4 раза. Существенно повышаются качественные показатели поковок: благоприятная ориентация волокон; более равномерное, чем при обычной штамповке, распределение механических свойств.

Штампы с разъемными матрицами по конструктивным особенностям и технологическому назначению подразделяются на три группы.

Группа I — штампы рычажные с вертикальным разъемом полуматриц и деформирующим пуансоном, движущимся параллельно плоскости разъема полуматриц.

Группа II — штампы клиновые с горизонтальным разъемом полуматриц и деформирующим пуансоном, движущимся перпендикулярно плоскости разъема полуматриц.

Группа III — штампы клиновые двусторонние с горизонтальным разъемом полуматриц и деформирующими пуансонами, движущимися в плоскости разъема полуматриц.

Штампы группы I работают по принципу закрытых штампов для выдавливания. Разъем матриц обеспечивает возможность

извлечения поковок сложной наружной формы, например с боковыми отрезками.

Штампы группы II основаны на последовательной деформации заготовки первоначально между верхней и нижней матрицами, а после их смыкания по плоскости разъема — верхним пуансоном. Это позволяет получать поковки сложной формы периферийной и торцевых (верхней и нижней) поверхностей, например поковки зубчатых колес.

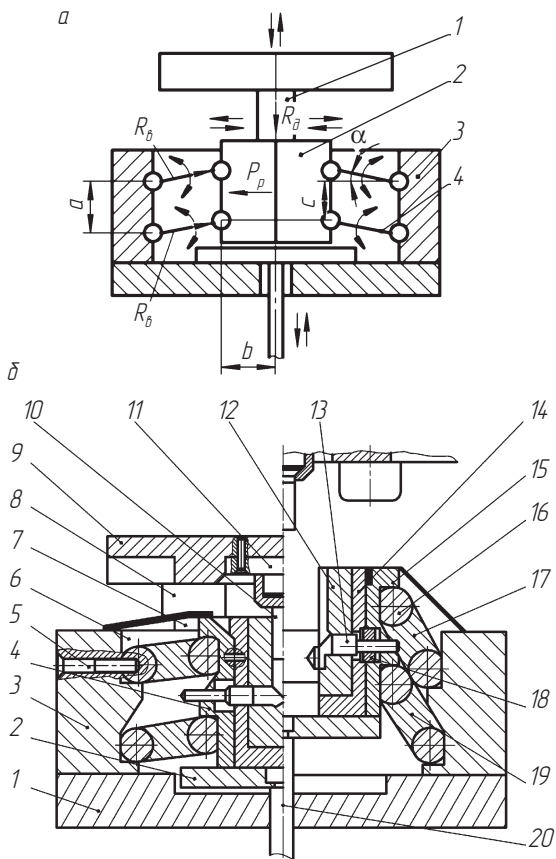


Рис. 3.57. Штамп рычажный с вертикальным разъемом полуматриц:  
*a* — кинематическая схема; *б* — общий вид штампа (слева — крайнее нижнее положение; справа — крайнее верхнее положение)

Штампы группы III основаны на последовательной деформации заготовок в вертикальном направлении между верхней и нижней матрицами и в горизонтальном направлении боковыми пуансонами. Такие штампы обеспечивают получение поковок с боковыми отростками, например элементов арматуры: угольников, тройников, крестовин.

При конструировании штампов необходимо учитывать усилие смыкания. При штамповке поковок в штампах с горизонтальным разъемом матриц в начале процесса выдавливания металла в отростки усилие смыкания составляет 5...10 % усилия штамповки, а при окончательном оформлении отростков оно возрастает до 10...30 % усилия деформации. При штамповке поковок в штампах с вертикальной плоскостью разреза матриц в начале процесса деформации усилие смыкания матриц составляет 5...20 % усилия штамповки, а в конце деформации достигает 25...100 % усилия штамповки.

**Штампы рычажные с вертикальным разъемом полуматриц и пуансоном, перемещающимся параллельно плоскости разреза полуматриц.** Основными элементами рычажных штампов являются пуансон 1, полуматрицы 2, обойма 3 и рычаги 4 (рис. 3.57, а).

Расчет конструктивно-технологических параметров ручьев штампов производится по общей методике для закрытых штампов. Жесткость подвижных элементов штампа в значительной степени определяет точность размеров поковок. Поэтому силовой расчет штампа приобретает особую значимость.

Усилия сжатия  $P_{сж}$  полуматриц, а также усилия, возникающие в верхнем  $R_{в}$  и нижнем  $R_{н}$  рычагах, определяются по формулам:

$$P_{сж} = \frac{P_{д}}{2 \operatorname{tg}(\alpha + \arcsin(fd/l))}, \quad (3.3)$$

$$R_{в} = \frac{P_{д}}{2} \left[ \frac{c - b \operatorname{tg}(\alpha + \arcsin(fd/l))}{a \sin(\alpha + \arcsin(fd/l))} \right], \quad (3.4)$$

$$R_{н} = \frac{P_{д}}{2} \left[ \frac{a - c + b \operatorname{tg}(\alpha + \arcsin(fd/l))}{a \sin(\alpha + \arcsin(fd/l))} \right], \quad (3.5)$$

где  $P_{д}$  — усилие на деформирующем пуансоне;  $\alpha$  — угол наклона рычагов (элементов) к горизонтальной оси;  $f$  — коэффициент трения;

$d$  — диаметр цилиндрического шарнира;  $l$  — длина рычага (элемента);  $c$  — расстояние от нижнего шарнира до точки приложения равнодействующих сжимающих усилий;  $b$  — расстояние от оси штампа до центра шарнира полуобоймы;  $a$  — расстояние между шарнирами.

Усилие штамповки рассчитывается в конечный момент деформирования, когда происходит полное оформление поковки и усилие максимально.

Для расчета на прочность замкнутой цельной или составной обоймы, куда монтируется вся рычажная система с полуматрицами, необходимо использовать формулу общего усилия сжатия полуматриц (3.3), которое для обоймы является распирающим усилием. Для расчета рычагов и площади шарнирного сопряжения используются формулы (3.4) и (3.5).

Для предварительного расчета элементов пакета вначале рассчитывается деформирующее усилие, а затем по упрощенным формулам (без учета сил трения в шарнирах) его основные элементы:

$$P_{сж} = \frac{P_d}{2 \operatorname{tg} \alpha},$$

$$R_b = \frac{P_d}{2} \left[ \frac{c - b \operatorname{tg} \alpha}{a \sin \alpha} \right], \quad (3.6)$$

$$R_n = \frac{P_d}{2} \left[ \frac{a - c + b \operatorname{tg} \alpha}{a \sin \alpha} \right].$$

Как показывает анализ формул (3.4) и (3.6), усилие сжатия тем больше, чем меньше угол наклона рычага к горизонтальной оси, коэффициент трения и диаметр шарнира.

В разработанном типовом штампе угол наклона составляет 8...15°, а усилие сжатия в 1,85–3,5 раза больше усилия штамповки.

Дальнейшее уменьшение угла и увеличение усилия сжатия нежелательно в связи с тем, что при штамповке происходит упругая деформация пакета и угол становится меньше на 2...3°. В процессе штамповки рычаги могут стать в распор, т.е.  $\alpha \rightarrow 0$ , и вывести их из распора нижним выталкивателем будет затруднительно.

Конструктивно штамп рычажный (рис. 3.57, б) состоит из нижней 1 и верхней 9 плит, связанных между собой колонками 7 и втулками 8. На верхней плите 9 при помощи болтов прикреплена опорная

плита 11, на которой установлен деформирующий пуансон 10, крепящийся накидной гайкой. На нижней плите 1 смонтирована замкнутая обойма, состоящая из передней и задней плит 6 и двух боковых плит 3.

В замкнутой обойме на цилиндрических шарнирах 16 установлены рычаги 17 и 19 — по два с каждой стороны. Рычаги одним концом опираются на цилиндрические шарниры, закрепленные винтами 5 на уступах в боковых плитах 3, а вторым — на цилиндрические шарниры, прикрепленные к подвижным полуобоймам 15. В полуобоймах находятся матрицедержатели 14, в которых закреплены полуматрицы 12. Для предотвращения смещения полуматриц в полуобоймах предусмотрены ловители 18.

В полуматрицах расположены боковые выталкиватели 13, под которыми в полуобоймах установлены упругие элементы 4 для компенсации избытка металла в заготовке. Выдавленная поковка извлекается из ручьев полуматриц выталкивателями 13, которые при повороте рычагов 17 перемещаются к центру. Поковка может удаляться под стол пресса, если шток пневмоцилиндра выполнен полым, или за пресс через окно в передней и задней обоймах штампа. В гнезде нижней плиты на штоке 20 пневмоцилиндра, расположенного под плитой пресса, установлена плита 2, которая поднимает и удерживает в верхнем положении полуобоймы 15. При опускании штока пневмоцилиндра полуобоймы под действием силы тяжести опускаются, и полуматрицы образуют закрытый ручей, в который сверху укладывается нагретая цилиндрическая заготовка. В процессе движения ползуна пресса вниз заготовка под действием пуансона деформируется, заполняя ручей штампа. При возвращении ползуна в верхнее положение включается пневмоцилиндр, и плита 2 поднимает полуобоймы. Последние, поворачиваясь на рычагах, одновременно расходятся в стороны и раскрывают полуматрицы.

Штамп обеспечивает возможность получения поволоков за один переход с одним или несколькими отрезками, расположенными во взаимно перпендикулярных плоскостях, а также поволоков ступенчатых валов. При отсутствии устройств, учитывающих колебание объема заготовки (в пределах до 3 %), компенсация избыточного объема происходит за счет упругой деформации деталей пакета. В случае значительного избытка объема заготовки металл вытекает в торцовый заусенец.

**Штампы клиновые с горизонтальным разъемом полуматриц и центральным пуансоном, перемещающимся перпендикулярно плоскости разъема.** Кинематика движения элементов штампа представлена на рис. 3.58, а.

Действующие на элементы штампа усилия определяются выражениями:

- усилие сжатия полуматриц

$$P_{\text{сж}} = P_{\text{д}} \frac{\cos(\alpha - 2\rho)\sin(\beta + \rho)}{\sin(\alpha - \rho)\cos(\beta + 2\rho)}; \quad (3.7)$$

- общее усилие штамповки

$$P_{\text{общ}} = P_{\text{д}} \frac{\sin(\alpha + \beta)\cos\rho}{\sin(\alpha - \rho)\cos(\beta + 2\rho)};$$

- усилие растяжения (распора) обоймы (элемент 2)

$$P_{\text{об}} = P_{\text{д}} \frac{\cos\rho\cos\beta\cos(\alpha - 2\rho)}{2\sin(\alpha - \rho)\cos(\beta + 2\rho)}; \quad (3.8)$$

- усилие на контактных поверхностях центральной призмы

$$P_{\text{к.пр}} = P_{\text{д}} \frac{\cos\rho}{2\sin(\alpha - \rho)}; \quad (3.9)$$

- усилие на контактных поверхностях обоймы

$$P_{\text{к.об}} = P_{\text{д}} \frac{\cos\rho\cos(\alpha - 2\rho)}{2\sin(\alpha - \rho)\cos(\beta + 2\rho)}; \quad (3.10)$$

- усилие на контактных поверхностях верхней плиты (элемент 1)

$$P_{\text{общ}} = \frac{P_{\text{общ}}}{2} = P_{\text{д}} \frac{\sin(\alpha + \beta)\cos\rho}{2\sin(\alpha - \rho)\cos(\beta + 2\rho)}; \quad (3.11)$$

где  $\alpha, \beta$  — углы клиновых призм;  $\rho = \rho_1 = \rho_2$  — углы трения клиновых пар,  $\rho = \arctg f_{\text{тр}}$ , причем в формулах он принят одинаковым для всех клиновых пар трения;  $P_{\text{д}}$  — усилие на деформирующем пуансоне.

Выражения (3.9), (3.10), (3.11) используются для силового расчета клиновых призм и определения площади контактных поверх-



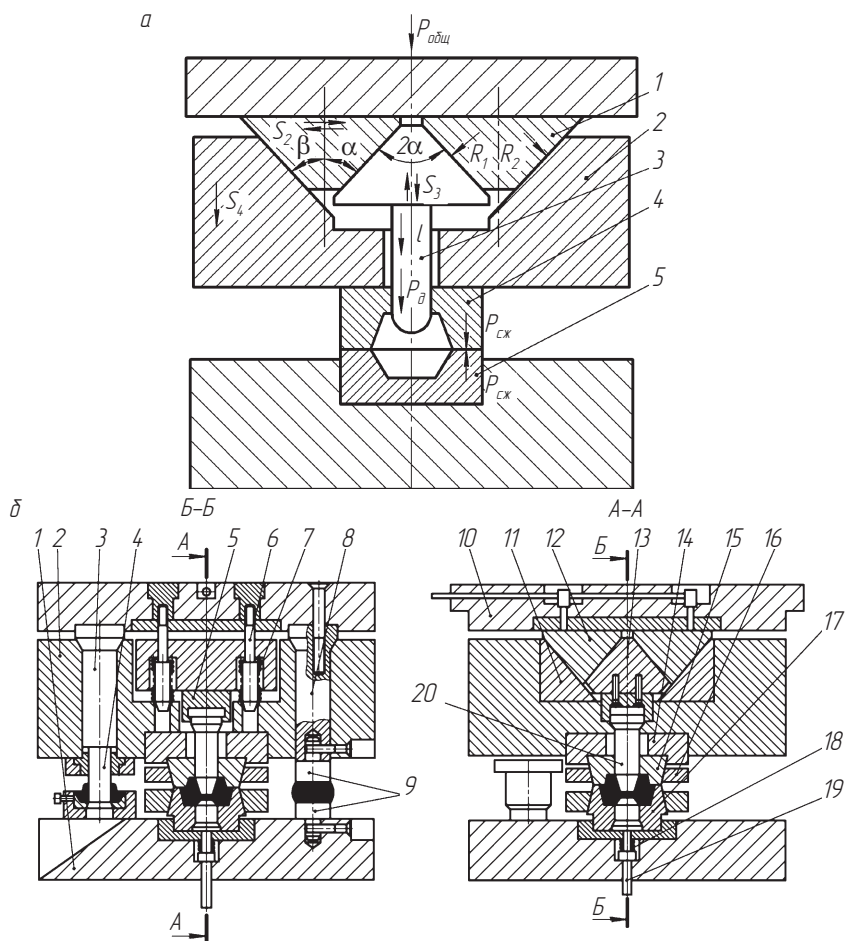


Рис. 3.58. Штамп клиновой с горизонтальным разъемом полуматриц и центральным пуансоном, перемещающимся перпендикулярно плоскости разреза:

*a* – кинематическая схема штампа: 1 – призмы клиновые; 2 – обойма; 3 – пуансон; 4, 5 – полуматрицы; *б* – общий вид штампа: 1 – нижняя плита; 2 – обойма; 3 – пуансон отрезной сборный; 4 – вставка сменная; 5 – пуансонодержатель; 6 – шток; 7 – пружина возврата; 8 – пуансон осадочный; 9 – вставки сменные; 10 – плита верхняя; 11, 12, 13 – призмы клиновые; 14 – матрицедержатель; 15 – полуматрица верхняя; 16 – бандаж; 17 – полуматрица нижняя; 18 – пружина возврата; 19 – выталкиватель; 20 – пуансон центральный

ностей. Силовой расчет обоймы на разрыв осуществляется с использованием выражения (3.8).

Анализ выражения (3.7) показывает, что на отношение усилий сжатия полуматриц и на деформирующем пуансоне  $P_{сж}/P_d$  оказывают влияние два фактора: углы клиновых призм  $\alpha$ ,  $\beta$  и коэффициент трения  $f_{тр}$  в клиновых парах. С увеличением коэффициента трения, угла  $\beta$  и с уменьшением угла  $\alpha$  усилие сжатия значительно увеличивается и может превышать усилие на деформирующем пуансоне в 6 раз и более.

Отношение усилия сжатия  $P_{сж}$  к усилию на деформирующем пуансоне  $P_d$  будет зависеть от соотношения площади поковки в плоскости разъема и площади давления (площади деформирующего пуансона).

Для обеспечения длительной работы клиновых пар трения необходимо подбирать соответствующие материалы, допускающие значительные давления при минимальном коэффициенте трения (обычно сталь закаленная — антифрикционный чугун или сталь — бронза). При проектировании штампа необходимо задаться определенной величиной хода деформирующих пуансонов, которая зависит от конструктивных параметров поковки и технологических переходов. Ход деформирующих пуансонов равен наибольшей глубине наметок.

Ход деформирующего пуансона в штампе определяется ходом обоймы и углами клиновых призм:

$$l = 2s_4 \operatorname{ctg} \alpha \operatorname{tg} \beta, \quad (3.12)$$

где  $s_4$  — ход подвижной обоймы (элемент 2).

Из выражения (3.12) следует, что при  $\alpha = \beta = 45^\circ$  ход деформирующего пуансона равен двойному ходу обоймы.

Величина хода обоймы и, соответственно, деформирующего пуансона зависит от разности величин, определяющих высоту пакета в свободном состоянии  $H_0$  и закрытую высоту  $H_3$ , т.е.

$$l_{\max} = 2(H_0 - H_3) \operatorname{ctg} \alpha \operatorname{tg} \beta.$$

Изменение закрытой высоты пресса на величину  $\Delta h$  приводит к изменению хода деформирующих пуансонов соответственно на

$$\Delta l = \Delta h \cdot 2 \operatorname{ctg} \alpha \operatorname{tg} \beta, \quad \text{или} \quad \frac{\Delta l}{\Delta h} = 2 \operatorname{ctg} \alpha \operatorname{tg} \beta.$$

Штамп позволяет реализовать последовательно три перехода (рис. 3.58, б): осадку исходной заготовки между пуансонами 8, непосредственно штамповку между верхней и нижней полуматрицами 15, 17 и обрезку перемычки пуансоном 3.

Штамп работает следующим образом. В исходном верхнем положении ползуна пресса подвижная обойма 2 максимально отжата от верхней плиты возвратными пружинами 7. При движении ползуна пресса вниз происходит смыкание верхней и нижней полуматриц 15, 17. В процессе дальнейшего перемещения ползуна пресса движение от верхней плиты 10 передается призме клиновой 13, которая жестко соединена с центральным пуансоном 20. В результате происходит деформирование исходной заготовки в полости, образованной сомкнутыми полуматрицами и центральным пуансоном. При обратном ходе ползуна пресса под действием возвратных пружин 7 первоначально выводится центральный пуансон, а после этого происходит размыкание полуматриц. Полученная поковка удаляется из нижней полуматрицы выталкивателем 19.

**Штампы клиновые с горизонтальным разъемом полуматриц и пуансонами, перемещающимися в плоскости разъема** (рис. 3.59).

Действующие усилия определяются выражениями:

□ общее усилие штамповки

$$P_{\text{общ}} = 2P_{\text{д}} \frac{\cos \rho_{31} \cos \rho_{34} \cos(\gamma - \rho_{12}) \sin(\alpha + \beta + \rho_{64} - \rho_{24})}{\sin(\gamma - \rho_{12} - \rho_{31}) \sin(\beta - \rho_{24}) \cos(\alpha + \rho_{64} + \rho_{54})},$$

□ усилие сжатия полуматриц

$$P_{\text{сж}} = 2P_{\text{д}} \frac{\cos \rho_{31} \cos(\gamma - \rho_{12}) \sin(\alpha + \rho_{64}) \cos(\beta - \rho_{24} - \rho_{54})}{\sin(\gamma - \rho_{12} - \rho_{13}) \sin(\beta - \rho_{24}) \cos(\alpha + \rho_{64} + \rho_{54})},$$

□ усилие, необходимое для расчета площади контактной площадки клиновой ползушки и нижней плиты,

$$P_{31} = P_{\text{д}} \frac{\cos \rho_{31} \cos(\gamma - \rho_{12})}{\sin(\gamma - \rho_{12} - \rho_{13})},$$

□ усилие, необходимое для расчета площади контактной поверхности между клиновой ползушкой и обоймой,

$$P_{21} = P_{\text{д}} \frac{\cos \rho_{31} \cos \rho_{12}}{\sin(\gamma - \rho_{12} - \rho_{13})};$$

□ усилие, необходимое для расчета площади контактной поверхности между обоймой и промежуточной клиновидной призмой,

$$P_{42} = P_d \frac{\cos \rho_{31} \cos(\gamma - \rho_{12}) \cos \rho_{24}}{\sin(\gamma - \rho_{12} - \rho_{31}) \sin(\beta - \rho_{24})};$$

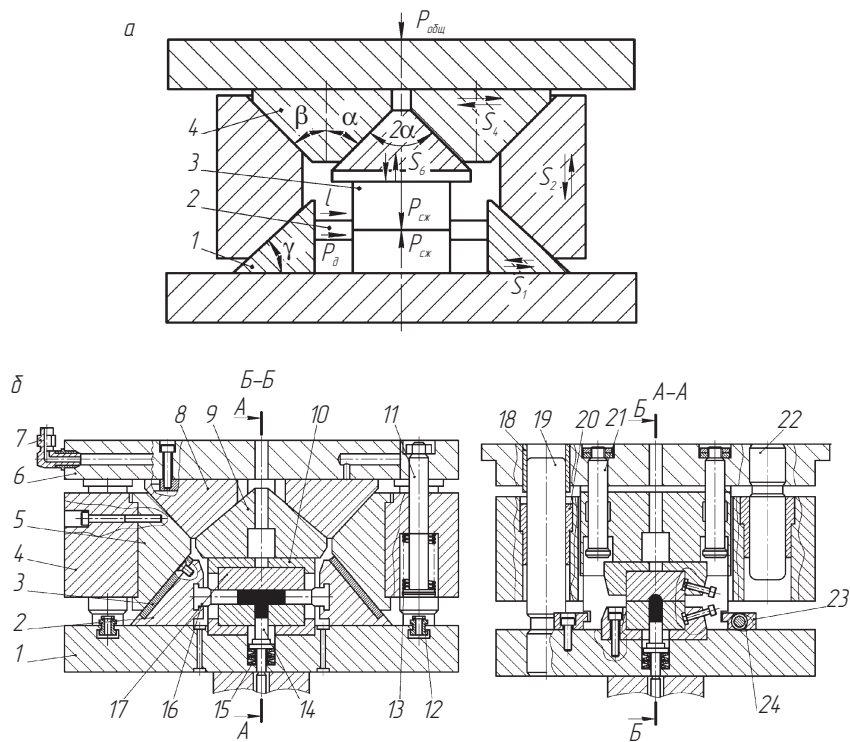


Рис. 3.59. Блок клиновой с горизонтальным разъемом полуматриц и пуансонами, перемещающимися в плоскости разреза:

*а* – кинематическая схема (1 – ползуны; 2 – пуансоны; 3 – полуматрица; 4 – призмы); *б* – конструкция штампа (1, 6 – соответственно, нижняя и верхняя плиты; 2 – клиновые ползуны; 3 – планка, 4 – обойма; 5 – вставка клиновидная; 7 – маслоподводящая система; 8 – промежуточные клиновые призмы; 9 – центральная клиновидная призма; 10 – матрицедержатель; 11, 15 – винты специальные; 12 – упор; 13 – пружины; 14 – выталкиватель; 15 – компенсационные устройства; 16 – пуансоны; 17 – полуматрицы; 18, 20 – втулки; 19, 22 – колонки; 23 – направляющая планка; 24 – пружины)

□ усилие, необходимое для расчета площади контактной поверхности между промежуточной и центральной клиновыми призмами,

$$P_{64} = P_d \frac{\cos \rho_{31} \cos(\gamma - \rho_{12}) \cos \rho_{64} \cos(\beta - \rho_{24} - \rho_{54})}{\sin(\gamma - \rho_{12} - \rho_{31}) \sin(\beta - \rho_{24}) \cos(\alpha + \rho_{64} - \rho_{54})};$$

□ усилие, необходимое для расчета площади контактной поверхности между промежуточной клиновой призмой и верхней плитой пакета

$$P_{54} = P_{\text{общ}}/2;$$

□ усилие, растягивающее обойму (распирающее),

$$P_{\text{р.об}} = P_d \frac{\cos \rho_{31} [\sin(\gamma - \rho_{12}) \sin(\beta - \rho_{24}) + \cos(\gamma - \rho_{12})]}{\sin(\gamma - \rho_{12} - \rho_{31}) \sin(\beta - \rho_{24})},$$

где  $P_d$  — усилие, действующее на деформирующем пуансоне;  $\rho_{31}$ ,  $\rho_{24}$ ,  $\rho_{12}$ , ... — соответственно, углы трения между поверхностями элементов 3 и 1, 3 и 4, 1 и 2 и т.д.;  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  — углы клиновых ползушек и призм, обозначенных на схеме.

Подобрав материалы трущихся пар таким образом, чтобы все углы трения были одинаковы:  $\rho_{12} = \rho_{31} = \rho_{24} = \rho_{54} = \rho_{64} = \rho$ , при этом  $\rho = \arctg f$ , где  $f$  — коэффициент трения, можно значительно упростить приведенные выше выражения.

Если допустить, что  $\rho = 0$ , то соотношение усилия сжатия к усилию на деформирующем пуансоне выразится отношением тангенсов углов призм:

$$\frac{P_{\text{сж}}}{P_d} = 2 \frac{\tg \alpha}{\tg \beta \tg \gamma},$$

которое является как бы передаточным отношением клиновой системы пакета.

Конструктивная схема штампа представлена на рис. 3.59, б. Блок состоит из верхней плиты 6, обоймы 4 и нижней плиты 1, соединенных между собой колонками 19, 22. К верхней плите специальными винтами 21 крепится центральная клиновая призма 9, с которой соединены матрицедержатель 10 и верхняя полуматрица 17. На верхней плите с возможностью перемещения установлены

промежуточные клиновые призмы 8. Обойма 4 соединяется с верхней плитой подпружиненными винтами 11. Внутри обоймы неподвижно установлены клиновые вставки 5. Между клиновыми ползунами на нижней плите размещены матрицедержатель, нижняя полуматрица, клиновые ползуны 2 и выталкиватель 14. Боковые пуансоны 16 установлены в пазах клиновых ползунов.

Направление движения верхней части штампа относительно нижней осуществляется колонками 19, 22 и втулками 18, 20. Направление движения боковых клиновых ползунов 2 осуществляется направляющими планками 23.

Штамп работает следующим образом. В исходном верхнем положении ползуна пресса подвижная обойма прижата поддерживающими пружинами 13 к верхней плите, а центральная клиновая призма 9 под действием перемещающихся к центру промежуточных клиновых призм 8 смещена вниз. Ползушки, с закрепленными в них деформирующими пуансонами, под действием пружин 24 раздвинуты до упора 12. Нагретая заготовка укладывается в ручей нижней полуматрицы между пуансонами. При движении ползуна вниз верхняя полуматрица вначале соприкасается с нижней и остаётся нависающей, образуя таким образом закрытый ручей, а затем клиновые поверхности вставок 5, соприкасаясь с клиновыми поверхностями ползушек 2, заставляют их двигаться навстречу друг другу.

При дальнейшем движении ползуна вниз промежуточные клиновые призмы 8, наталкиваясь скошенными поверхностями на остановившуюся центральную призму, начинают перемещаться в стороны от центра, обеспечивая подвижной обойме дополнительное движение вниз, которое передается ползунам с пуансонами. Последние деформируют уложенную в ручей заготовку, которая заполняет гравюру матрицы.

После завершения процесса деформирования заготовки верхняя плита с подвижной обоймой поднимается, ползуны под действием пружин возвращаются в исходное положение, а поковка удаляется из ручья нижней полуматрицы выталкивателем 14, работающим от пневмо- или гидроцилиндра, установленного под столом пресса. Возврат в исходные положения выталкивателя производится пружиной 15.

Смазка трущихся поверхностей рассмотренных штампов осуществляется от общей системы прессы через маслоподводящую систему. Удаление окалины после каждого цикла прессования производится сжатым воздухом.

## 3.8. Штампы для горизонтально-ковочных машин

### 3.8.1. Общие сведения

Горизонтально-ковочные машины (ГКМ) представляют собой разновидность кривошипных прессов, у которых предусмотрено два ползуна: главный и зажимной. Перемещение обоих ползунов осуществляется в горизонтальной плоскости в двух взаимно перпендикулярных направлениях. В соответствии с конструкцией ГКМ обеспечивает разъем штампов также в двух направлениях (рис. 3.60).

Один разъем проходит между пуансоном, закрепленным в блоке пуансонов, и матрицами. Второй разъем находится между неподвижной матрицей и подвижной. В начале процесса пуансон и обе матрицы находятся в разомкнутом состоянии (положение I).

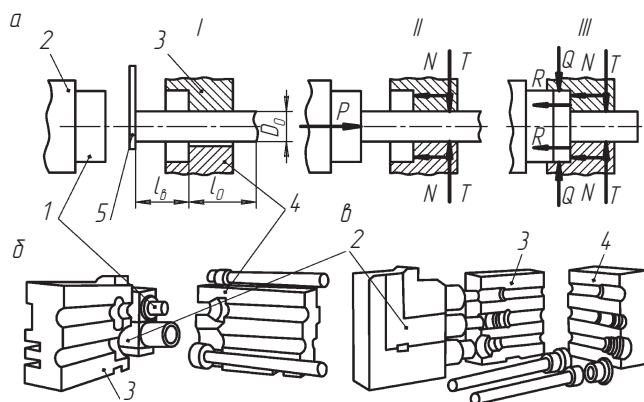


Рис. 3.60. Штамповка на ГКМ:

*a* — схема процесса штамповки; *б* — двухручьевого штампа; *в* — трехручьевого штампа; 1 — пуансон; 2 — блок пуансонов; 3 — матрица неподвижная; 4 — матрица подвижная; 5 — упор

Пруток металла диаметром  $D_0$  помещается в неподвижную матрицу до соприкосновения с упором, положение которого отрегулировано так, что в полости матрицы оказывается участок прутка длиной  $l_b$ , предназначенный для деформирования (высадки). Затем включают машину на рабочий ход.

Подвижные части приходят в движение в следующей последовательности. Прежде всего в рабочее положение становится подвижная матрица (положение II). Это обеспечивает плотный зажим прутка, после чего упор автоматически отходит, а пуансон приходит в соприкосновение с прутком металла. При дальнейшем движении пуансона производится деформация части прутка длиной  $l_b$ , при этом заготовка принимает форму полости ручья (положение III).

При обратном ходе машины из полости сомкнутых матриц удаляется пуансон, подвижная матрица отходит, подвижный упор становится в исходное положение, а оператор удаляет прутки с деформированным концом. Такой порядок передвижения частей инструмента обеспечивается кинематической системой ГKM.

В заготовке в момент зажатия прутка (положение II) возникают боковые силы  $T$ , которые вызывают силы трения  $N$ , удерживающие прутки при последующей деформации его конца силой  $P$  пуансона ( $P \leq N$ ). В положении III сила  $P$  имеет максимальное значение, но это не требует увеличения сил трения для удержания прутка в зажатом состоянии, так как образовавшееся утолщение на конце прутка упирается в заднюю стенку ручья и возникают дополнительные силы  $R$  и  $Q$ .

Применяют ГKM с вертикальным и горизонтальным разъемом матриц. В странах постсоветского пространства наиболее распространены ГKM с вертикальным разъемом матриц (рис. 3.60, б, в). За рубежом чаще применяются машины с горизонтальным разъемом матриц. Горячая штамповка на ГKM является весьма распространенным и одним из наиболее производительных и экономичных способов штамповки во всех отраслях машиностроения.

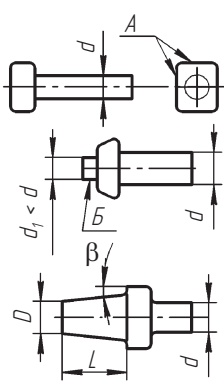
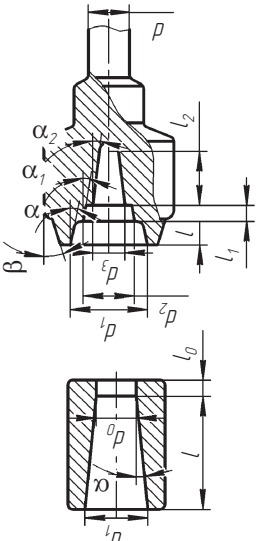
Наличие двух взаимно перпендикулярных плоскостей разреза штампов позволяет применять самую прогрессивную технологию — закрытую штамповку — и получать такие поковки, которые невозможно получать при штамповке на другом штамповочном оборудовании в штампах с одной плоскостью разреза, например поковки со сквозным отверстием, с глубокой глухой полостью, со стержнем, прошитым утолщением и др.





Таблица 3.29

## Штамповочные уклонны поковок, изготавливаемых на ГКМ

Поверхности поковки	Эскиз поковки	Пояснение к выбору уклоннов
Наружные, в том числе оформляемые в матрицах выдавливанием в пуансоне		<p>Поверхности А и Б выполняют без штамповочных уклоннов. Угол <math>\beta</math> зависит от отношения <math>L/D</math>:</p> <p>До 0,3 — 0°;  0,3...1,2 — 15°;  1,2...2,2 — 30°;  2,2...3,2 — 45°;  3,2...4,2 — 1°</p>
Внутренние в сквозных и глухих полостях, выполняемых пуансоном		<p>Максимальное значение штамповочного уклонна <math>\alpha_{\max} \leq 3^\circ</math>, минимальное значение <math>\alpha</math> (<math>\alpha_1, \alpha_2</math>) зависит от отношения <math>l/d_1</math> (<math>l_1/d_2, l_2/d_3</math>):</p> <p>До 0,5 — 0°;  0,5...1,5 — 15°;  1,5...2,5 — 30°;  2,5...3,5 — 45°;  3,5...4,5 — 1°;  4,5...5,5 — 1°15°;  5,5...6,5 — 1°30°;  6,5...7,5 — 1°45°;  7,5...8,5 — 2°</p>

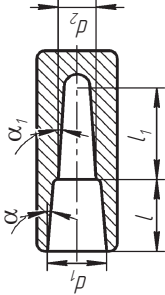
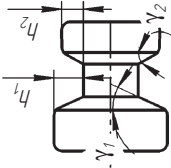

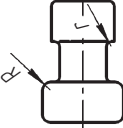
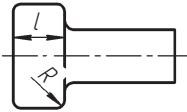
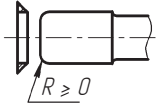
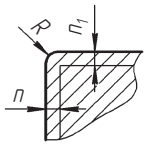
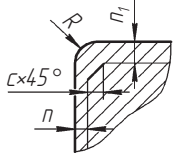
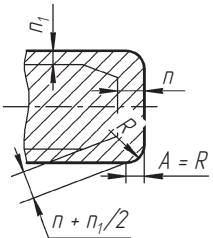
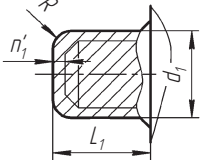
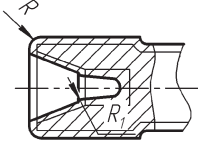
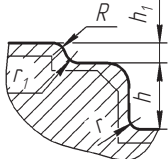
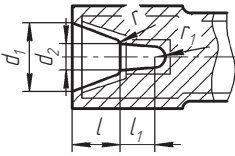
<p>Внутренние в сквозных и глухих полостях, выпоняемых пуансоном</p>		<p>Глубокие полости для уменьшения угла <math>\alpha</math> разделяют по высоте на несколько участков</p>
<p><i>Перпендикулярные перемещению ползуна поверхности, обрабатываемых в матрицах</i></p> <p><i>Штамповочные уклоны поверхностей ступенчатых поковок, обрабатываемых в матрицах</i></p>		
<p>С внутренними уклонами</p>		<p>Максимальное значение внутреннего уклона <math>\gamma_{\max} \leq 7^\circ</math>. Угол <math>\gamma</math> (<math>\gamma_1, \gamma_2</math>) зависит от <math>h</math> (мм):          До 10 — <math>1^\circ</math>;          10...16 — <math>2^\circ</math>;          16...25 — <math>3^\circ</math>;          25...40 — <math>5^\circ</math>;          Свыше 40 — <math>7^\circ</math></p>
<p>С внешними уклонами</p>		<p>Максимальное значение внешнего угла <math>\zeta_{\max} \leq 5^\circ</math>.          Угол <math>\zeta</math> можно выбрать в зависимости от <math>h</math>, основываясь на данных для внутреннего угла <math>\gamma</math> и с учетом того, что при равных значениях <math>h</math> следует принимать <math>\zeta &lt; \gamma</math></p>
<p>С большими радиусами переходов</p>		<p>Штамповочные уклоны не требуются, если поверхность образована сопряжением двух радиусов <math>R</math> и <math>r</math></p>

Таблица 3.30

## Радиусы закруглений поковок, штампуемых на ГKM

Условия назначения радиуса закругления	Эскиз элемента поковки	Пояснение к выбору радиуса
<i>Радиусы R закругления внешних углов поковок</i>		
Наименьшее значение радиуса		Принимают по ГОСТ 7505–74 в зависимости от глубины полости $l$ и массы поковки
		При наличии заусенца на переднем торце поковки $R \geq 0$
По наружному контуру поковки есть припуск на обработку резанием		При наличии на детали острой кромки $R = (n + n_1)/2$
		При наличии на детали фаски под углом $45^\circ$ $R = (n + n_1)/2 + c$
По наружному контуру поковки есть припуск на обработку резанием		Если угол фаски не равен $45^\circ$ , отрезок $a = R$ находят графически из условия, что минимальное расстояние от фаски до дуги, образуемой радиусом, больше или равно $(n + n_1)/2$
Для элементов поковки, получаемых выдавливанием		$R = 0,1L_1 + \leq d_1/2$ . При $R > (n + n_1)/2$ припуск по торцу увеличивают до $n'_1$ , чтобы получить нормальный припуск по углу

Окончание табл. 3.30

Условия назначения радиуса закругления	Эскиз элемента поковки	Пояснение к выбору радиуса
На внутреннем контуре поковки		Определяют так же, как и радиус $R$ на внешнем контуре поковки
<i>Радиусы <math>r</math> закругления внутренних углов поковок</i>		
На наружном контуре поковки		Принимают в зависимости от бурта $h$ : $R = 0,2h + 1$ . Если $r + R > h$ , то величину $r$ определяют из условия плавного сопряжения
На внутреннем контуре поковки		Принимают в зависимости от величины $d_1$ , $d_2$ , $l$ и $l_1$ : $r = 0,07(d_1 + l)$ или $r_1 = 0,07(d_2 + l_1)$ , но $r \geq 1,5$ мм

*Примечания:* 1. Рассчитанные по указанным рекомендациям радиусы  $R$  и  $r$  следует округлять до ближайшего большего значения из следующего ряда: 0,8; 1,0; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 6; 8; 10; 12; 15; 20; 25 мм. 2. Введение фасок на внешних и внутренних кромках детали расширяет возможность применения в поковки больших радиусов закругления и допусков на них, что повышает технологичность конструкции поковки.

Исходные данные детали:

Материал — сталь 15ХГН2ТА (по ГОСТ 4543): 0,13...0,18 % С; 0,7...1,0 % Мп; 0,17...0,37 % Si; 0,7...1,0 % Cr; 1,4...1,8 % Ni; 0,03...0,09 % Ti.

Масса детали — 6,6 кг. Масса деформируемой и зажимаемой частей — 5,2 кг.

Исходные данные для расчета:

Масса поковки (расчетная) — 7,8 кг: расчетный коэффициент  $K_p = 1,5$  (см. табл. 3.2),  $5,2 \cdot 1,5 = 7,8$  кг.

Класс точности — Т5 (см. табл. 3.1).

Группа стали — М2.

Средняя массовая доля углерода в стали 15ХГН2ТА: 0,15 % С; суммарная массовая доля лигирующих элементов — 3,73 % (0,9 % Mn; 0,27 % S; 0,9 % Cr; 1,6 % Ni; 0,06 % Ti).

Степень сложности — С3.

Конфигурация поверхности разъема штампа — П (плоская).

Исходный индекс — 17 (см. рис. 3.5)

Основные припуски на размеры:

3,0 — диаметр 126 мм и шероховатость поверхности 6,3;

2,7 — диаметр 86 мм и шероховатость поверхности 6,3;

2,7 — диаметр 60 мм и шероховатость поверхности 1,6;

2,2 — диаметр 45 мм и шероховатость поверхности 12,5;

3,0 — толщина 52 мм и шероховатость поверхности 6,3;

3,3 — толщина 52 мм и шероховатость поверхности 0,8;

3,0 — толщина 50 мм и шероховатость поверхности 6,3;

2,4 — толщина 50 мм и шероховатость поверхности 12,5;

3,0 — глубина 40 мм и шероховатость поверхности 6,3;

2,0 — глубина 40 мм и шероховатость поверхности 12,5.

Дополнительные припуски, учитывающие:

смещение по поверхностям разъема штампа — 0,4 мм (см. табл. 3.4);

изогнутость, отклонения от плоскостности и от прямолинейности, мм:

стержня — 0,8 (см. табл. 3.5);

фланца — 0,5 (см. табл. 3.5).

Размеры поковки и их допускаемые отклонения:

диаметр  $126 + (3,0 + 0,4 + 0,5) \cdot 2 = 133,8$  — принимается 134;

диаметр  $86 + (2,7 + 0,4 + 0,5) \cdot 2 = 78,8$  — принимается 78,5;

диаметр  $60 + (2,7 + 0,5 + 0,4) \cdot 2 = 67,2$  — принимается 67;

диаметр  $45 + (2,2 + 0,8) \cdot 2 = 51$  — принимается 52;

глубина  $40 + (3,0 + 2,0 + 0,5) = 41,5$  — принимается 41,5;

толщина  $52 + (3,0 + 3,3 + 0,5 + 0,4) = 59,1$  — принимается 59;

толщина  $50 + (3,0 + 2,4 + 0,5 + 0,4) = 56,2$  — принимается 56.

Радиус закругления наружных углов — 4,0 мм (см. табл. 3.7).

Штамповочный уклон — 7°.

Допускаемые отклонения размеров (см. табл. 3.8): диаметр  $134^{+3,0}_{-1,5}$ ; диаметр  $78,5^{+1,3}_{-2,7}$ ; диаметр  $67^{+2,7}_{-1,3}$ ; диаметр  $52^{+0,4}_{-1,0}$  (по ГОСТ 2590); высота  $41,5^{+1,2}_{-2,4}$ ; толщина  $59^{+2,7}_{-1,3}$ ; толщина  $56^{+2,7}_{-1,3}$ .

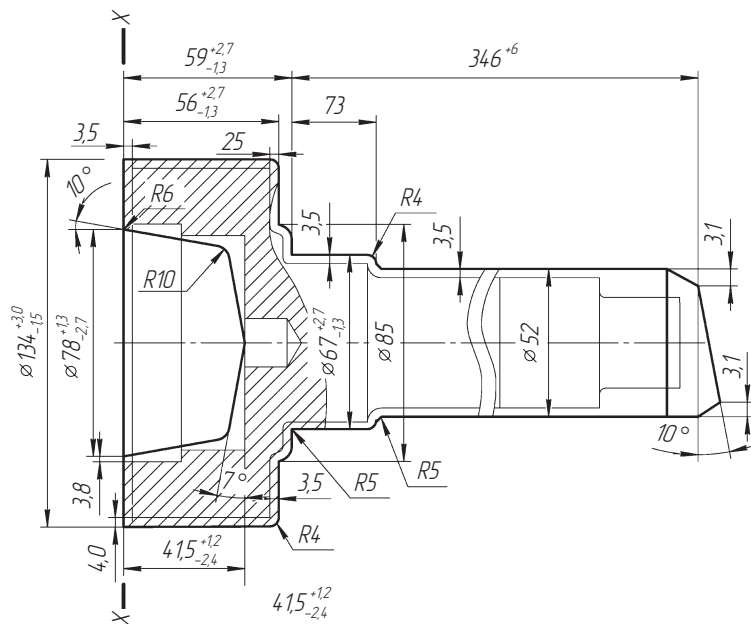


Рис. 3.62. Чертеж поковки вала-шестерни

Допуск длины стержня — 6,0 мм.

Допускаемая высота заусенца в плоскости разреза матриц 2,4 мм.

Допускаемая высота торцового заусенца — 7,0 мм.

Допускаемые отклонения от плоскостности и прямолинейности — 1,0 мм.

Допускаемая величина смещения по поверхности разреза штампа — 1,0 мм.

Отклонение от соосности диаметра стержня — до 78,5...0,4 мм.

Допускаемые отклонения штамповочных уклонов —  $(7 \pm 1,7)^\circ$ .

Допускаемое увеличение диаметра стержня — до 55,4 мм на расстоянии 100 мм от головки поковки.

Допускаемое отклонение торца стержня:  $x - 3,1$ ;  $y - 36,5$ .

Наклон среза —  $7^\circ$ .

Чертеж поковки вал-шестерни представлен на рис. 3.62.

### 3.8.3. Ручьи штампов для горизонтально-ковочных машин

В зависимости от назначения различают следующие части ручьев:

- зажимные;
- пережимные;
- подъемные;
- наборные формовочные;
- пробивные;
- обрезные;
- отрезные.

Название частей ручьев соответствует их основному технологическому назначению. Обычно части ручьев выполняют в отдельных матричных вставках. Схемы конструкций и размеры частей ручьев приведены в приложении 4.

### 3.8.4. Элементы конструкций штампов

Минимально допустимая толщина  $t$  стенки блока матриц (табл. 3.31) в зависимости от длины матрицы  $L$  равна 10...15 мм;  $T \geq 15...20$  мм.

Высоту блока  $H$  определяют как сумму размеров — диаметров вставок и минимально допустимых толщин стенок. Полученное значение уточняют в соответствии с характеристикой штамповочного пространства ГКМ. Размеры блока по длине  $L$  находят как суммы длин вставок  $l$  с учетом толщины стенки  $T$  в долевом направлении блока:

$$L = l_{\text{вс}} + l_{\text{пр}} + l_{\text{зм}} + T.$$

Размеры блока по толщине  $B$  определяют по характеристике штампового пространства ГКМ, для которой предназначен данный штамп.

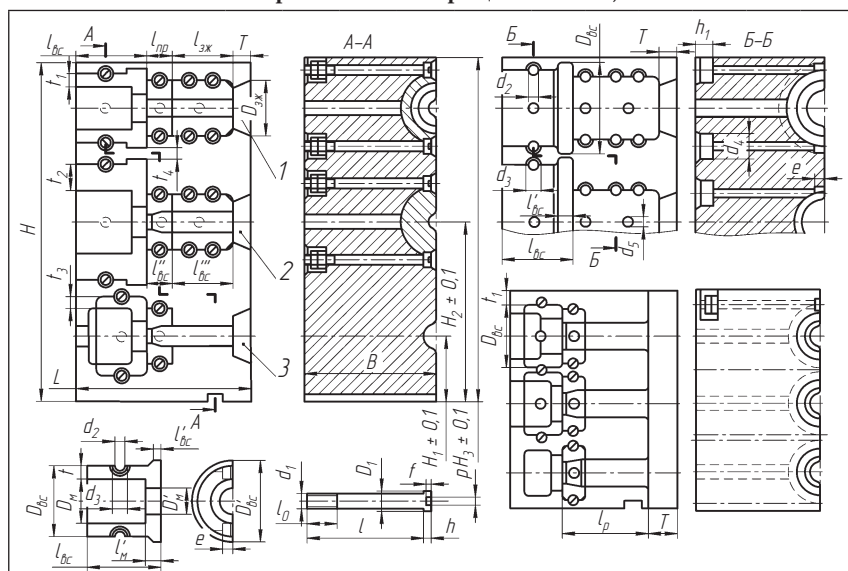
Схемы конструкций сборочных пуансонов и размеры элементов приведены в приложении 5.

Пример конструкции штампа ГКМ с горизонтальным разъемом матриц приведен на рис. 3.63.



Таблица 3.31

## Размеры блоков матриц и вставок, мм



Максимальный диаметр ручья матрицы	Толщина стенок и бурта				Размеры винта и отверстия в блоке						
	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$h$	$d_1$ (min)	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	$h_1$	$e$
До 20	8	10	8	5	M12	13	19	40	10	30	10
Свыше 20 до 40	10	12	8	6	M12	13	19	40	10	30	10
Свыше 40 до 50	12	14	10	7	M14	15	22	40	10	33	12
Свыше 50 до 70	13	15	11	8	M14	15	22	40	10	33	12
Свыше 70 до 90	15	17	13	9	M16	17	25	46	12	35	13
Свыше 90 до 120	18	20	17	10	M16	17	25	46	12	35	13
Свыше 120 до 150	23	25	20	11	M20	21	31	52	15	40	16
Свыше 150 до 200	28	30	26	12	M20	21	31	52	15	40	16
Свыше 200 до 250	30	32	28	13	M24	25	37	60	15	50	19
Свыше 250 до 300	32	35	30	14	M24	25	37	60	15	50	19

*Примечания:* 1. Ручьи: 1 – наборный; 2 – формовочный; 3 – пробивной. 2. Тип I – рабочие части ручьев расположены во вставках; тип II – отсутствуют вставки для зажимной части ручьев; некоторые рабочие вставки крепятся общими винтами. 3. Размеры  $H_1$ ,  $H_2$  и  $H_3$  выбирают конструктивно. 4. Острые кромки матричных блоков притупить фаской  $2 \times 45^\circ$ , кромки отверстий под вставки скруглить радиусом 1 мм.

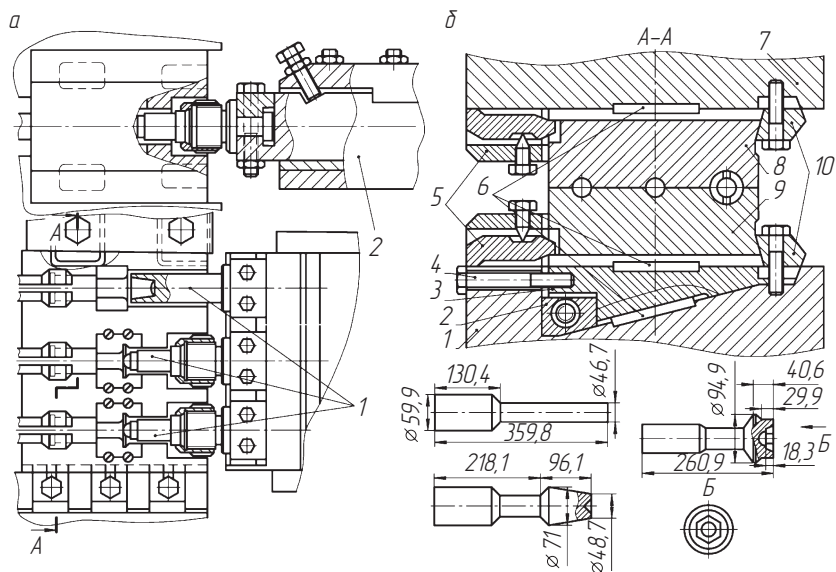


Рис. 3.63. Схема конструкции штампа ГКМ с горизонтальным разъемом матриц:

*a* — конструкция штампа (1 — пуансоны; 2 — блок пуансонов); *б* — штамповочные переходы; 1 — неподвижный блок матриц; 2 — клин; 3 — стол; 4 — болт; 5 — планки; 6 — шпонки; 7 — подвижный блок матриц; 8 — подвижная полуматрица; 9 — неподвижная полуматрица; 10 — клемма

Подвижная 8 и неподвижная 9 полуматрицы крепятся соответственно в подвижном 7 и неподвижном 1 блоках матриц. Крепление матриц осуществляется зажимными клеммами 10 и планками 5; смещение матриц предотвращается шпонками 6. Для регулирования положения матриц предусмотрен подвижный стол 3, который передвигается клином 2 и фиксируется болтом 4. Высадочный и формирующие пуансоны крепятся в блоке пуансонов.



## 3.9. Инструмент для поперечно-клиновой прокатки

### 3.9.1. Процесс поперечно-клиновой прокатки

Поперечно-клиновой прокаткой (ПКП) получают всевозможные осесимметричные детали с цилиндрическими, коническими, сферическими и другими сложными поверхностями. Перепад диаметров между соседними ступенями может быть четырехкратным и более. В качестве исходной заготовки можно использовать трубу, пруток с шестигранным или квадратным профилем.

Элементы с шестигранным и квадратным сечением могут быть сохранены без изменения в прокатанных изделиях.

Типичный технологический процесс изготовления изделий способом ПКП включает следующие *операции*:

- рубка штучных заготовок на прессе;
- нагрев заготовок токами высокой частоты;
- прокатка;
- термообработка;
- шлифовка отдельных ступеней вала;
- защита поверхностей от коррозии.

Поперечно-клиновая прокатка выгодно отличается от других процессов обработки давлением: высоким коэффициентом использования металла; возможностью полной автоматизации процесса; максимальным приближением прокатанной поковки к размерам готового изделия; широкими технологическими возможностями; высокой стойкостью инструмента; низким уровнем шума; отсутствием источников виброколебаний. По экономичности горячая ПКП превосходит штамповку на молотах, прессах, ГКМ.

### 3.9.2. Геометрические параметры плоского клинового инструмента

Схема осуществления ПКП представлена на рис. 3.64. Исходная цилиндрическая по всей длине заготовка помещается между двумя клиновыми инструментами. При поступательном движении верхнего инструмента происходит внедрение острых выступов

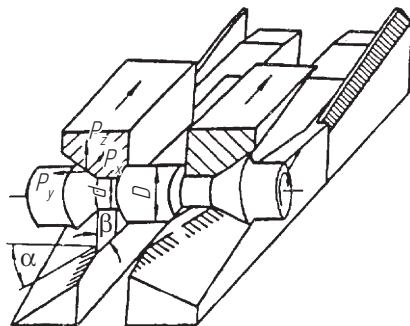


Рис. 3.64. Схема прокатки

в перекатывающуюся заготовку, на которой образуется кольцевая канавка.

Затем эта канавка расширяется под действием наклонных деформирующих граней формообразующего участка инструмента и происходит формообразование изделия, а последовательно на калибрующем участке инструмента осуществляется калибровка. Концевые отходы заготовки отделяются на отрезном участке, на котором предусмотрены специальные отрезные ножи.

Интенсивность формообразования при прокатке характеризуется степенью обжатия

$$\varepsilon = \frac{d_0}{d},$$

где  $d_0$  — диаметр исходной заготовки;  $d$  — диаметр заготовки в рассматриваемом сечении.

Углы  $\alpha$  и  $\beta$  являются основными технологическими параметрами клинового инструмента; угол  $\alpha$  определяет длину очага деформации, а угол  $\beta$  — скорость распространения очага деформации вдоль оси заготовки и длину клинового инструмента. Выбор углов  $\alpha$  и  $\beta$  и степени обжатия  $\varepsilon$  регламентирует проведение процесса в установленном режиме, исключающем проскальзывание заготовки.

В общем случае клиновой инструмент имеет следующие участки: загрузочный, заходной, формобразующий, калибрующий, отрезной, правочный (рис. 3.65).

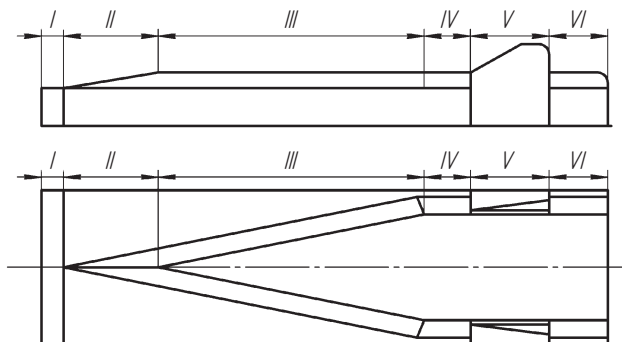


Рис. 3.65. Участки плоского клинового инструмента:  
 I – загрузочный; II – заходной; III – формирующий; IV – калибрующий;  
 V – отрезной; VI – правочный

*Загрузочный участок* клинового инструмента предназначен для подачи исходной заготовки в зону обработки. Для плоскоклиновых машин, работающих с остановкой после каждого рабочего цикла, длина загрузочного участка составляет  $(1...2)d_0$ .

*Заходной участок* предназначен для плавного внедрения деформирующего бурта в заготовку. Заходные участки выполняются двух типов. Заходной участок первого типа применяется при обжатии  $\epsilon \leq 1,6$ . Такой участок (рис. 3.66, а) образуется при пересечении друг с другом наклонных деформирующихся поверхностей инструмента.

Деформирующий борт имеет в сечении форму остроугольного треугольника. Вершину этого треугольника скругляют радиусом, равным 4...8 мм. Расстояние от оси обрабатываемой заготовки до нулевой поверхности клинового инструмента

$$a = \frac{d_0}{2} + \delta,$$

где  $\delta$  – зазор между исходной нагретой заготовкой диаметром  $d_0$  и нулевой поверхностью клинового инструмента, принимается равным 1...2 мм.

Угол подъема заходного участка первого типа  $\gamma_0$  определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \gamma_0 = \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta.$$

При обжати  $\epsilon \geq 1,6$  применяют инструмент с заходным участком второго типа (рис. 3.66, б). Его отличие от первого заключается в том, что вершина острого бурта дополнительно срезана таким образом, что в каждом поперечном сечении бурт имеет форму тра-

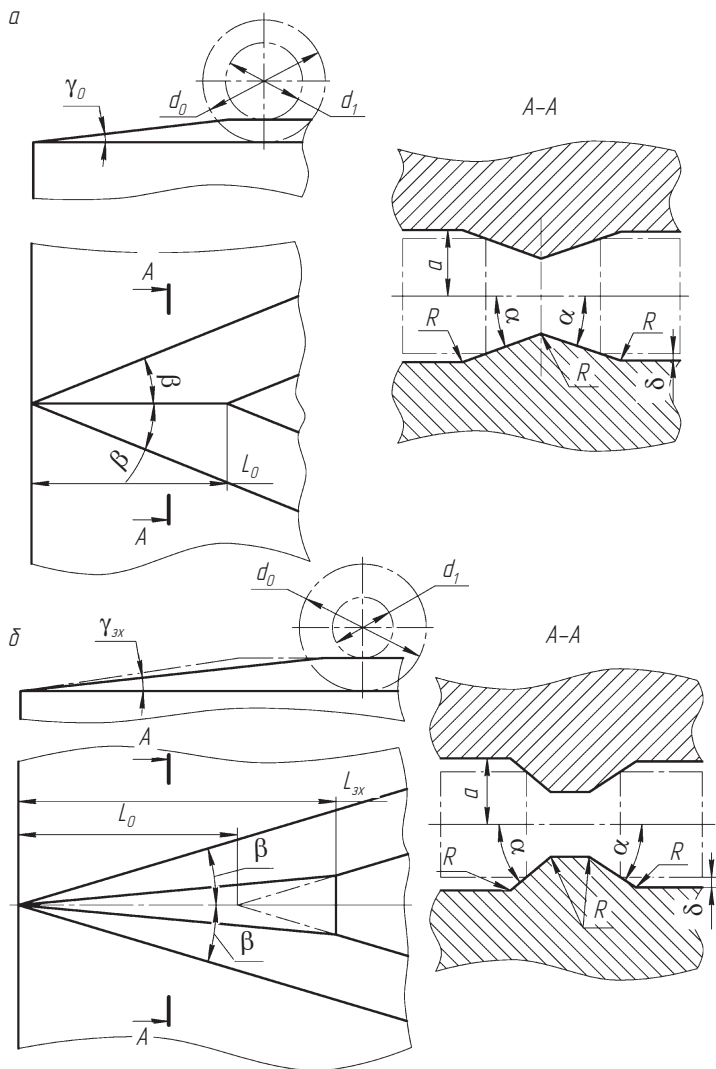


Рис. 3.66. Элементы заходного участка первого (а) и второго (б) типов

пеции, боковые стороны которой образованы наклонными деформирующими гранями.

Величина угла  $\gamma_{\text{зх}}$  и длина  $L_{\text{зх}}$  заходного бурта определяются равенствами

$$\operatorname{tg} \gamma_{\text{зх}} = \frac{2a - d_1}{2a - d_1 + l_{\text{к}} \operatorname{tg} \alpha} \operatorname{tg} \gamma_0;$$

$$L_{\text{зх}} = L_0 + \frac{l_{\text{к}}}{2 \operatorname{tg} \beta}.$$

Острые углы заходного бурта скругляются радиусами, равными 4...8 мм. На наклонных деформирующих гранях заходного участка выполняются технологические рифления.

*Формообразующий участок* предназначен для оформления изделия. В зависимости от соотношения размеров изделий этот участок может быть одноматричным или многоматричным. Одноматричный формообразующий участок оформляет изделие полностью; многоматричный участок оформляет изделие промежуточной формы. Для подавляющего большинства изделий многоматричный формообразующий участок является двухматричным.

Для одноматричных схем прокатки профиль формообразующего участка негативно соответствует профилю горячей прокатки заготовки. Для двухматричных схем прокатки профили формообразующих участков соответствуют одноматричным схемам прокатки.

Соотношения размеров формообразующего участка определяются схемой прокатки, размерами изделия и приводятся в специальных таблицах.

Предельные значения угла  $\beta$  не должны превышать  $12^\circ$  при  $\epsilon < 1,6$  и  $10^\circ$  при  $\epsilon > 1,6$ . Из допустимых углов  $\beta$  выбирается значение, близкое к предельному, так как с увеличением угла  $\beta$  сокращается длина деформирующего участка инструмента и повышается КПД процесса.

В зависимости от величины  $\epsilon$  значение угла  $\alpha$  принимается: не более  $1,6 - 30...40^\circ$ ;  $1,6...1,8 - 25...30^\circ$ ;  $1,8...2,0 - 20...25^\circ$ .

В указанных интервалах углов  $\alpha$  меньшее значение применяется при большей степени обжатия заготовки. Принимать значения углов менее  $20^\circ$  и более  $40^\circ$  не рекомендуется, так как в первом

случае в заготовке могут образовываться осевые полости, во втором — спиралевидные гребешки на поверхности изделия.

*Калибрующий участок* предназначен для придания изделию окончательной формы и размеров. Калибрующий участок имеет постоянное по длине поперечное сечение, элементы рабочего профиля которого негативно повторяют соответствующие элементы профиля горячей прокатанной заготовки:

$$L_k = (1...2)\pi r_k, \quad (3.13)$$

где  $r_k$  — радиус качения.

*Отрезной участок* предназначен для отрезки концевых участков, а также разделения спаренных заготовок. В соответствии с назначением различают отрезные и разделительные ножи.

Отрезные и разделительные ножи имеют участок подъема рабочего профиля и участок с постоянной высотой этого профиля (рис. 3.67). На участке подъема происходит внедрение ножа в заготовку вплоть до ее оси. Участок с постоянной высотой рабочего профиля предназначен для гарантированного отделения одной части заготовки или изделия от другой.

Длина участка подъема ножа  $L_{н1}$  определяется из выражения

$$L_{н1} = \frac{d_k}{2 \operatorname{tg} \gamma_n}, \quad (3.14)$$

где  $d_k$  — диаметр концевой (для отрезных ножей) или стыкового (для разделительных ножей) участков изделия;  $\gamma_n$  — угол подъема рабочего профиля ножа.

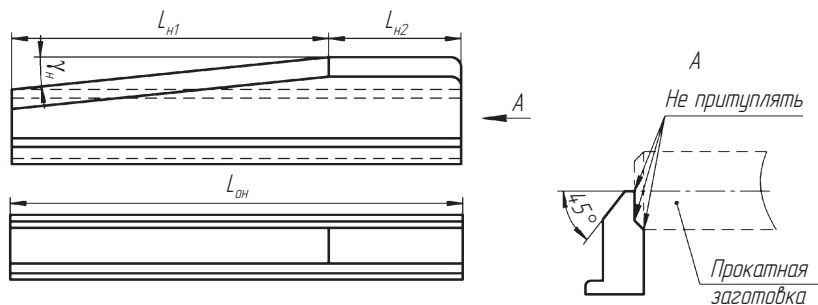


Рис. 3.67. Плоский отрезной нож



Для обеспечения устойчивого вращения заготовки величина угла  $\gamma_n$  должна удовлетворять условию

$$\operatorname{tg} \gamma_n < \frac{\mu}{\pi},$$

где  $\mu$  — коэффициент трения.

Обычно угол подъема рабочего профиля ножа принимают не более  $5^\circ$ .

Длина участка ножа с постоянной высотой рабочего профиля  $L_{n2}$  определяется по формуле

$$L_{n2} = k_n \pi r_k, \quad (3.15)$$

где  $k_n$  — коэффициент, для плоских ножей равный 1,0...1,5.

Торцы изделия оформляются отрезными ножами в процессе отделения концевых отходов. Поэтому форма отделения боковой поверхности отрезного ножа, контактирующей с изделием, определяется формой поверхности торца последнего. Угол наклона  $\alpha_n$  боковой грани отрезного ножа принимается равным  $65...75^\circ$ . С целью предотвращения пробуксовки заготовки на отрезных ножах наносятся технологические рифления.

*Правочный участок* предназначен для уменьшения кривизны изделия. Правка ступенчатых изделий производится последовательно, т.е. сначала правке подвергается группа ступеней одного диаметра, затем другого и т.д. При этом контактирующие с изделием элементы профиля правочного участка негативно повторяют соответствующие элементы профиля изделия.

Длина правочного участка  $L_n$  определяется из условия совершения изделием не менее одного полуоборота при правке ступеней каждой группы:

$$L_n = (0,5...1,0)\pi \sum_{i=1}^n d_i,$$

где  $\sum_{i=1}^n d_i$  — сумма средних диаметров каждой группы ступеней изделия;  $n$  — количество групп ступеней, подвергаемых правке.

В отдельных случаях правку допустимо проводить одновременно по всему профилю. При правке изделия одновременно по всему профилю длина участка

$$L_{\Pi} = \pi d_{\max}.$$

Для гарантированного схода изделия с клинового инструмента в конце на прямоугольных уступах рабочего профиля рекомендуется выполнять уклоны до  $10^\circ$  на длине, равной  $0,5d_{\max}$ . Кроме того, с целью предотвращения вмятин на изделии при их сходе концевые части инструмента скругляют радиусом до 10 мм.

Общая длина клинового инструмента  $L_{\Pi}$  определяется по формуле

$$L_{\Pi} = L_{\text{зг}} + L_{\text{зх}} + L_{\text{ф}} + L_{\text{к}} + L_{\text{о.н}} + L_{\Pi}, \quad (3.16)$$

где  $L_{\text{зг}}$ ,  $L_{\text{зх}}$ ,  $L_{\text{ф}}$ ,  $L_{\text{к}}$ ,  $L_{\Pi}$  — длина загрузочного, заходного, формообразующего, калибрующего и правочного участков соответственно;  $L_{\text{о.н}}$  — длина участка установки отрезных ножей.

Общая длина инструмента  $L_{\Pi}$  должна удовлетворять равенству

$$L_{\Pi} \leq \frac{L_x}{2},$$

где  $L_x$  — величина хода рабочей плиты.

### 3.9.3. Материалы и крепление клинового инструмента

Для изготовления цельного клинового инструмента рекомендуется использовать штамповые стали марок 5ННВ, 5ХНМ, 4ХСМФ. Для изготовления секционного инструмента, кроме вышеуказанных, могут быть использованы штамповые стали марок 4Х5МФС, 4Х3ВМФ, 4Х4М2ВФС, 4Х2В5ФМ. Для отрезных и разделительных ножей рекомендуется использовать быстрорежущие стали марок Р9, Р12, Р6М3, Р6М5.

Плоский клиновой инструмент, как правило, выполняется секционным. Секции рекомендуется крепить на съемном инструментодержателе (рис. 3.68) с помощью винтов или планок, что позволяет сборку клинового инструмента проводить вне машины.

Точное совпадение рабочего профиля обоих клиновых инструментов обеспечивается, с одной стороны, точностью изготовления

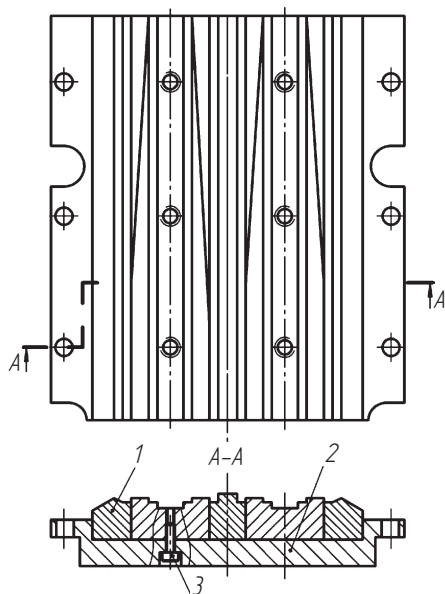


Рис. 3.68. Схема крепления плоского клинового инструмента:  
1 — инструментальные секции; 2 — инструментодержатель; 3 — винт

их отдельных секций, а с другой — возможностью регулировки положения одного инструментодержателя относительно другого. При регулировке взаимного положения инструментодержателей необходимо также обеспечивать совпадение продольной оси клинового инструмента с направлением его движения.

### 3.9.4. Разработка чертежа прокатываемой заготовки

Особенности ПКП оказывают большое влияние на величину допусков, припусков и напусков. При их назначении необходимо учитывать характер последующих за прокаткой операций (шлифование, токарная обработка, штамповка в открытом или закрытом штампе). К прокатанным заготовкам, предназначенным для последующего шлифования или штамповки в закрытом штампе, предъявляются более жесткие требования по точности, чем к заготовкам, предназначенным для последующей токарной обработки или штамповки в открытом штампе.

Допуск на диаметральные размеры  $T_a$  изделия при ПКП складывается из допусков на износ  $T_1$  и изготовление  $T_2$  рабочего инструмента, допуска  $T_3$  на отклонение от параллельности опорных (для инструмента) поверхностей поперечно-клиновых машин и допуска  $T_4$  на усадку в пределах температурного интервала прокатки:

$$T_a = T_1 + T_2 + T_3 + T_4.$$

Величины допусков  $T_1$  на износ заготовок, предназначенных для шлифования или штамповки в закрытом штампе (первый класс) и заготовок, предназначенных для токарной обработки или штамповки в открытом штампе (второй класс), приведены в табл. 3.32 (графы 2, 3). Величины допусков на точность изготовления инструмента  $T_2$  указаны в графе 2 табл. 3.33; величины допусков отклонения от параллельности опорных поверхностей приведены в графе 4 табл. 3.32; величины допусков на усадку с учетом колебания указаны в графе 3 табл. 3.33.

Таблица 3.32

**Элементы допусков, определяемые по массе прокатанных заготовок**

Масса прокатанной заготовки, кг	Износ $T_1$ , мм		Отклонение от параллельности поверхностей машины $T_3$ , мм	Взаимное смещение клиновых инструментов $T_5$ , мм
	Изделия I класса	Изделия II класса		
1	2	3	4	5
До 0,25	+0,20	+0,30	+0,05	-0,10
Свыше 0,25 до 0,63	+0,25	+0,38	+0,06	-0,15
Свыше 0,63 до 1,60	+0,32	+0,47	+0,10	-0,20
Свыше 1,60 до 2,50	+0,40	+0,60	+0,10	-0,20
Свыше 2,50 до 4,00	+0,45	+0,67	+0,20	-0,30
Свыше 4,00 до 6,30	+0,50	+0,75	+0,20	-0,30
Свыше 6,30 до 10,00	+0,55	+0,82	+0,20	-0,30
Свыше 10,00 до 16,00	+0,60	+0,90	+0,20	-0,30

Допуск на продольные размеры  $T_c$  изделия при ПКП складывается из допуска  $T_1$  на износ рабочего инструмента (учитывается лишь для размеров, зависящих от износа); допуска  $T_4$  на усадку с учетом колебания температуры и допуска  $T_5$  на взаимное смещение клиновых инструментов вдоль оси заготовки:

$$T_c = T_1 + T_2 + T_4 + T_5.$$

Таблица 3.33

**Элементы допусков, определяемые по размеру  
прокатанных заготовок, мм**

Диаметр или длина прокатанной заготовки	Точность изготовления инструмента $T_2$	Температурная усадка $T_4$	Отклонение от прямолинейности и коробления заготовок под			
			шлифо- вание	токарную обработку	штамповку в закрытых штампах	штамповку в откры- тых штампах
1	2	3	4	5	6	7
До 50	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	0,2	0,3	0,5	0,6
Свыше 50 до 120	$\pm 0,07$	$\pm 0,12$	0,3	0,4	0,5	0,8
Свыше 120 до 180	$\pm 0,08$	$\pm 0,18$	0,3	0,5	0,6	1,0
Свыше 180 до 260	$\pm 0,09$	$\pm 0,26$	0,4	0,6	0,8	1,2
Свыше 260 до 360	$\pm 0,10$	$\pm 0,36$	0,5	0,8	1,0	1,6
Свыше 360 до 500	$\pm 0,12$	$\pm 0,50$	0,6	1,0	1,2	2,0
Свыше 500 до 630	$\pm 0,14$	$\pm 0,63$	0,8	1,2	1,6	2,4
Свыше 630 до 800	$\pm 0,15$	$\pm 0,80$	1,0	1,5	2,0	3,0

Ориентировочные значения допусков на взаимное смещение клиновых инструментов  $T_5$  приведены в графе 5 табл. 3.32. При определении величины допусков на продольные размеры изделия по табл. 3.32 и 3.33 следует руководствоваться следующими положениями.

1. Если продольные размеры изделия обуславливают двусторонний износ рабочего инструмента (размеры  $l$ ,  $l_1$ , рис. 3.69), допуски на них определяются по графе 2 или 3 с прибавлением к ним допусков по графе 5 табл. 3.32 и графам 2, 3 табл. 3.33.

2. Если продольные размеры изделия обуславливают односторонний износ рабочего инструмента (размеры  $l_2$ ,  $l_3$ , рис. 3.69), допуски на них определяются половинным значением допуска, указанного в графах 2 или 3 с прибавлением к ним допуска по графе 5 табл. 3.32 и допускам по графам 2, 3 табл. 3.33.

3. Если продольные размеры изделия определяют расстояние между осями его сферических или других элементов (размеры  $l_4$ ,  $l_5$ , рис. 3.69) или обуславливают односторонний равномерный износ рабочего инструмента, допуски на них устанавливаются по графе 2 с прибавлением к ним допусков, указанных в графе 3 табл. 3.33.

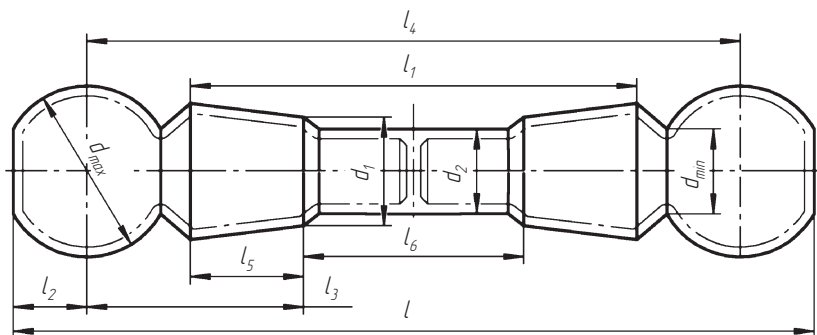


Рис. 3.69. Схема для определения допусков на размеры прокатанных заготовок

Рассмотренный метод определения допусков на продольные размеры изделий распространяется на все внешние размеры. Для внутренних продольных размеров изделия ( $l_6$ , рис. 3.69) применяется этот же метод, но допуски устанавливаются с обратными знаками.

Для прокатанных заготовок первого класса точности могут быть установлены более жесткие допуски, чем приведенные в табл. 3.32, 3.33. В этом случае необходимо предусматривать специальные меры: периодическую поднастройку клинового инструмента, подогрев его перед началом работ, и охлаждение в процессе работы. Максимальные припуски на механическую обработку прокатанных заготовок приведены в табл. 3.34.

Таблица 3.34

**Припуски на механическую обработку на сторону  
для прокатанных заготовок, мм**

Масса вальцованной заготовки, кг	Диаметр вальцованной заготовки, мм		Длина вальцованной заготовки, мм							
	До 50	50...120	До 50	50...120	120...180	180...260	260...360	360...500	500...630	630...800
До 0,25	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3
Свыше 0,25 до 0,63	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5

Окончание табл. 3.34

Масса вальцованной заготовки, кг	Диаметр вальцованной заготовки, мм		Длина вальцованной заготовки, мм							
	До 50	50...120	До 50	50...120	120...180	180...260	260...360	360...500	500...630	630...800
Свыше 0,25 до 0,63	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6
Свыше 0,25 до 0,63	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7
Свыше 0,25 до 0,63	0,8	0,9	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9
Свыше 0,25 до 0,63	1,0	1,1	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,89	1,9	2,1
Свыше 0,25 до 0,63	1,1	1,2	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2
Свыше 0,25 до 0,63	1,2	1,3	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3

На участке изделий с некруглым поперечным сечением, как правило, назначаются напуски. Глухие или сквозные отверстия, шпоночные канавки и тому подобное в изделиях не выполняются. Кольцевые канавки толщиной до 8 мм (разгрузочные или для выхода режущего инструмента при последующей механической обработке) целесообразно оформлять в процессе прокатки лишь в том случае, когда канавки оформляются окончательно, т.е. шероховатость поверхностей не более  $Rz 80$ , а допуски на ширину не превышают допусков, приведенных в приложении 5. На кольцевые канавки шириной более 8 мм напуски, как правило, не назначаются.

Радиусы скруглений внешних и внутренних углов в изделиях, предназначенных для механической обработки, применяются равными, соответственно, 0,5 и 0,7 значений, указанных в ГОСТ 7505–89.

### 3.9.5. Определение размеров заготовки

Расчетный диаметр  $d_{op}$  исходной заготовки определяется максимальным диаметром прокатанной заготовки:

$$d_{op} = d_{max} + (+\Delta d_{max}), \quad (3.17)$$

где  $d_{max}$  — максимальное значение диаметра прокатанной заготовки;  $+\Delta d_{max}$  — положительное отклонение.

Номинальный диаметр  $d_0$  исходной заготовки выбирается из сортамента как ближайшее большее значение по сравнению с расчетным. При этом должно быть выполнено условие

$$d_{\max} - (-\Delta d_{\max}) \leq \frac{d_0 - (-\Delta d_0)}{k_y}, \quad (3.18)$$

где  $-\Delta d_{\max}$  — отрицательное отклонение  $d_{\max}$ ;  $-\Delta d_0$  — отрицательное отклонение  $d_0$  (проката);  $k_y$  — коэффициент, учитывающий угар металла при нагреве, принимается равным 1,01 при индукционном нагреве и 1,025 — при нагреве заготовок в пламенных печах.

Номинальная длина  $l_0$  исходной заготовки

$$l_0 = 1,27 \frac{V_0}{(d_0 - 0,5(-\Delta d_0))^2}, \quad (3.19)$$

где  $V_0$  — объем исходной заготовки:

$$V_0 = k_y V_{\text{пр}} + V_{\text{к}}, \quad (3.20)$$

где  $V_{\text{пр}}$  — объем прокатанной заготовки;  $V_{\text{к}}$  — объем концевых отходов.

Значение  $V_{\text{к}}$  рекомендуется рассчитывать по формуле

$$V_{\text{к}} = 0,75\pi(k_{n1}d_{k1}^3 + k_{n2}d_{k2}^3), \quad (3.21)$$

где  $d_{k1}$ ,  $d_{k2}$  — диаметры концевых элементов изделия;  $k_{n1}$ ,  $k_{n2}$  — коэффициенты, зависящие от степени обжатия и угла наклона деформирующей грани клинового инструмента, приблизительно их можно принимать равными 0,25.

**Пример расчета клинового инструмента.** Требуется произвести расчет клинового инструмента для ПКП вала каретки (рис. 3.70, а). Последующая механическая обработка — шлифование. Материал детали — сталь 15.

Корректирующий чертеж имеет цель — приближение размеров детали к требованиям процесса ПКП. В данном случае ступени каретки с диаметром  $d_1 = 16 \pm 0,26$  мм и  $d_2 = 20,6_{-0,52}$  мм оформляются в процессе прокатки окончательно. При массе изделия около 0,26 кг отклонения на указанные размеры в соответствии с табл. 3.32



составляют  ${}_{-0,1}^{+0,4}$  мм. Тогда размеры  $d_1$  и  $d_2$  в соответствии с рекомендациями равны:

$$\square d_1 = 16 - 0,26 - 0,1 = 15,84, \text{ принимаем } d_1 = 15,8{}_{-0,1}^{+0,4},$$

$$\square d_2 = 20,6 - 0,52 + 1 = 20,18, \text{ принимаем } d_2 = 20,2{}_{-0,1}^{+0,4}.$$

Чертеж детали после корректировки представлен на рис. 3.70, б.

Назначаются припуски на обрабатываемые поверхности в соответствии с табл. 3.31. Номинальные размеры изделия:  $d_3 = 18,2$  мм;  $d_4 = 16,8$  мм;  $l_1 = 50,2$  мм;  $l_2 = 6,4$  мм;  $l_3 = 19,4$  мм;  $l_4 = 26,6$  мм;  $l_{\text{н}} = 142,2$  мм.

По табл. 3.32 определяются отклонения на номинальные размеры изделия:  $d_3 = 18,2{}_{-0,1}^{+0,4}$  мм;  $d_4 = 16,8{}_{-0,1}^{+0,4}$  мм;  $l_1 = 50,2{}_{-0,3}^{+0,4}$  мм;  $l_2 = 6,4{}_{-0,3}^{+0,4}$  мм;  $l_3 = 19,4{}_{-0,3}^{+0,1}$  мм;  $l_4 = 26,6{}_{-0,3}^{+0,1}$  мм;  $l_{\text{н}} = 142,2{}_{-0,1}^{+0,5}$  мм.

На основании полученных размеров составляется чертеж изделия (рис. 3.70, в).

Расчетный диаметр исходной заготовки в соответствии с формулой (3.17)

$$d_{\text{ор}} = 20,1 + 0,4 = 20,5 \text{ мм.}$$

По сортаменту выбирается ближайшее большее значение диаметра проката  $d_o = 21$  мм.

Выбираемая величина удовлетворяет условию формулы (3.18).

Объем прокатанной заготовки с учетом половины положительного отклонения  $V_{\text{пр}} = 34,4 \text{ см}^3$ .

Объем концевых отходов определяется по формуле (3.21):

$$V_{\text{к}} = 1,0 \text{ см}^3.$$

По формуле (3.20) находится объем исходной заготовки

$$V_0 = 35,6 \text{ см}^3.$$

Номинальная длина исходной заготовки, рассчитанная по формуле (3.19), составляет  $l_0 = 105$  мм. С учетом колебания длины заготовки при резке:  $l_0 = 105^{+3}$  мм.

Чертеж горячей прокатанной заготовки представлен на рис. 3.70, г.

Схема клинового инструмента для прокатки каретки представлена на рис. 3.71.

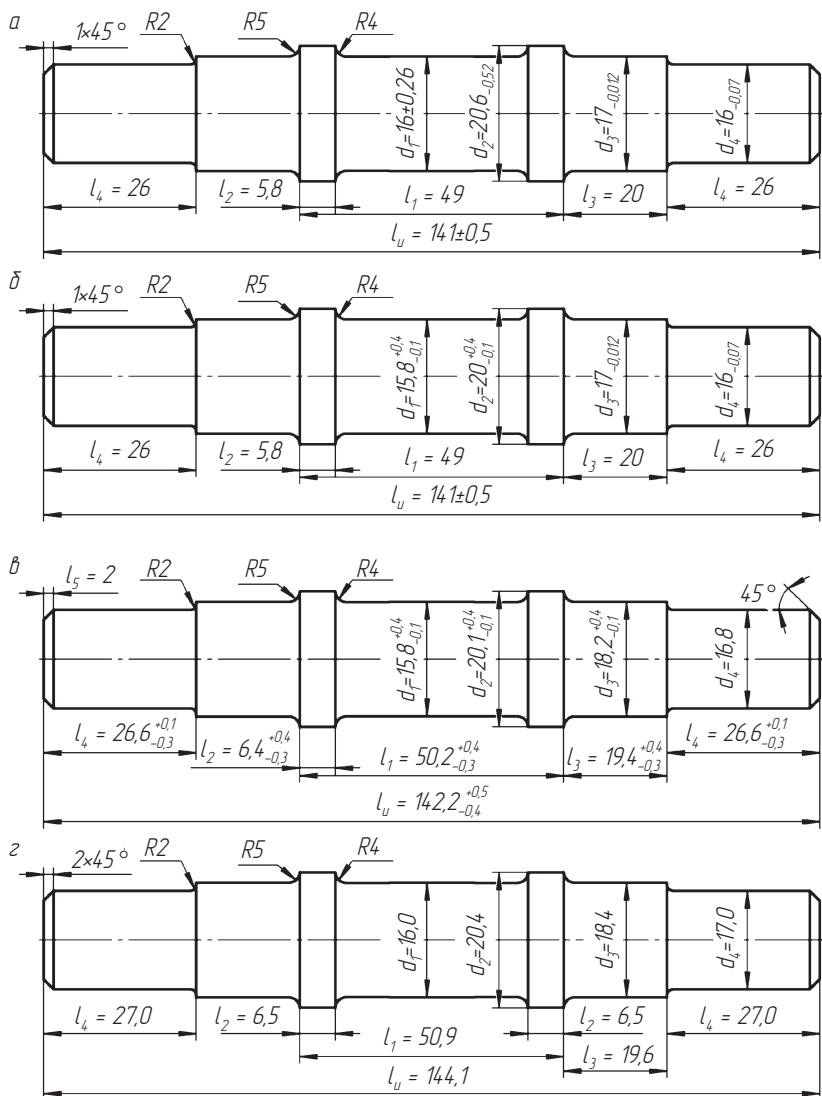


Рис. 3.70. Чертеж каретки до корректировки (а), после корректировки (б), холодной прокатанной заготовки (в), горячей прокатанной заготовки (г)

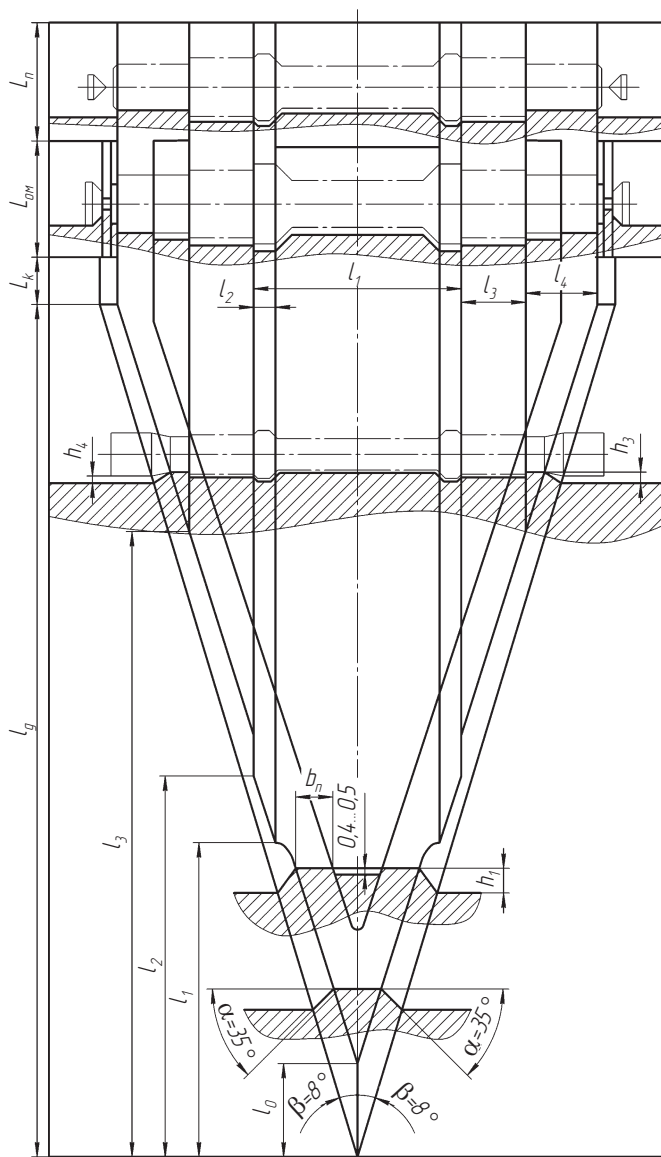


Рис. 3.71. Схема клинового инструмента для прокатки заготовки каретки

Из соотношения размеров клинового инструмента длина  $L_0$  определяется по формуле

$$L_0 = \frac{d - 0,5d_1}{\operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta},$$

где  $d = d_0/2 + S$  мм.

Следовательно,

$$S = 21,3/2 + 1 = 11,6;$$

$$L_0 = \frac{11,6 - 0,5 \cdot 16,0}{0,7 \cdot 0,14} = 3,7 \text{ мм.}$$

Длина промежуточных элементов определяется по формулам:

$$L_i = \frac{l_i + \frac{2d - d_0}{\operatorname{tg} \alpha}}{\operatorname{tg} \beta};$$

$$L_1 = \frac{50,9 - 2 \cdot 6,5 + \frac{2 \cdot 11,6 - 20,6}{0,7}}{2 \cdot 0,14} = 141 \text{ мм;}$$

$$L_2 = 141 + \frac{6,5}{0,14} = 188 \text{ мм;}$$

$$L_3 = \frac{\frac{50,9}{2} - 19,6 + \frac{2 \cdot 11,6 - 20,6}{2 \cdot 0,7}}{0,14} = 348 \text{ мм;}$$

$$L_g = \frac{\frac{144,1}{2} - 2_i + \frac{2 \cdot 11,6 - 17,0}{2 \cdot 0,7}}{0,14} = 532 \text{ мм.}$$

Значение высоты элементов (выступов) рабочего профиля инструмента рассчитывается по формуле

$$h_i = a - \frac{d_i}{2}.$$

Числовые значения выступов равны:  $h_1 = 3,6$  мм;  $h_2 = 1,4$  мм;  $h_3 = 2,4$  мм;  $h_4 = 3,1$  мм.

Радиус сопряжения наклонной деформирующей грани с калибрующими плоскостями инструмента принимается как среднее значение, определенное по формуле

$$R_i = 1,5h; \quad R_{\text{ср}} = 4 \text{ мм.}$$

Ширина калибрующего пояска

$$b_{\text{п}} = (2, 5 \dots 3) \pi r d_0 \operatorname{tg} \beta;$$

$$b_{\text{п}} = 2,5 \cdot 3,14 \cdot 0,46 \cdot 21 \cdot 0,14 = 10,5 \text{ мм.}$$

Длина участка для калибрования концевго элемента определяется по формуле (3.13):  $L_{\text{к}} = 60$  мм.

Длина участка подъема ножа определяется по формуле (3.14) и при  $\gamma_{\text{п}} = 4^\circ$  составляет  $L_{\text{н1}} = 120$  мм.

Длина участка ножа с постоянной высотой профиля  $L_{\text{н2}}$  определяется по формуле (3.15) и составляет  $L_{\text{н2}} = 30$  мм; общая длина отрезного ножа  $L_{\text{о,н}} = 150$  мм.

Правка изделия после отделения от него концевых отходов осуществляется одновременно по диаметрам  $d_1$  и  $d_4$ .

Длина правочного участка инструмента  $L_{\text{п}} = 53$  мм.

Общая длина клинового инструмента рассчитывается по формуле (3.16):

$$L_{\text{и}} = 30 + 532 + 60 + 150 + 53 = 825 \text{ мм.}$$



### 3.10. Инструмент для горячего прессования

Широкое промышленное использование процесса прессования базируется на ряде физических особенностей и на технологических достоинствах. При горячем прессовании за один ход рабочего инструмента достигаются деформации, превышающие 90 %, что позволяет сократить число переходов и сузить общий температурный интервал деформации. Можно успешно деформировать малопластичные высоколегированные стали и сплавы, а также тугоплавкие материалы (молибден, вольфрам, тантал, ниобий и др.).

Методами горячего прессования можно изготавливать сплошные и полые фасонные профили сложной формы; соединять разнородные

металлы. Прессованные изделия отличаются высоким качеством поверхности, точностью геометрических размеров, однородностью структуры и повышенными механическими свойствами.

Эффективность прессования в значительной мере зависит от работоспособности прессового инструмента, которая определяется конструктивным исполнением, свойствами инструментальных материалов, температурно-силовыми условиями эксплуатации и качеством изготовления инструмента. Повышение стойкости инструмента позволяет интенсифицировать и стабилизировать процесс прессования, сократить трудозатраты изготовления и расход высоколегированных инструментальных материалов.

Комплект прессового инструмента включает *основной* инструмент (пресс-штемпели, пресс-шайбы, иглы, матрицы, иглодержатели, матрицедержатели, контейнеры) и *вспомогательный* (переходные патроны, подкладные кольца, контрольные пресс-шайбы и т.д.). Схемы сборки основного прессового инструмента типовых горизонтальных и вертикальных прессов приведены на рис. 3.72.

Комплект инструмента гидравлических прессов подразделяется на инструмент подвижного узла и неподвижного. К *неподвижному узлу* относят инструмент, который в процессе выдавливания не перемещается с прессуемым металлом. В него входят контейнер и матрицедержатель с матрицей. В состав *подвижного узла* при прямом прессовании входят пресс-штемпель, пресс-шайба, иглодержатель и игла.

Парк рабочего инструмента пресса включает три-четыре типоразмера крупного инструмента (контейнеры, пресс-штемпели, матрицедержатели) и до 100 типоразмеров мелкого сменного инструмента (иглы, матрицы, пресс-шайбы), что обеспечивает возможность прессования изделий широкого ассортимента. Переналадка инструмента без смены контейнера занимает 3...5 мин, со сменой контейнера — 30...40 мин.

В зависимости от условий эксплуатации инструмента, его износа, стойкости и долговечности рабочий инструмент для горячего прессования делят на две группы:

- 1) тяжело нагруженный инструмент, включающий иглы, матрицы, пресс-шайбы, матрицедержатели и внутренние втулки контейнеров, имеет непосредственный контакт с прессуемым металлом;

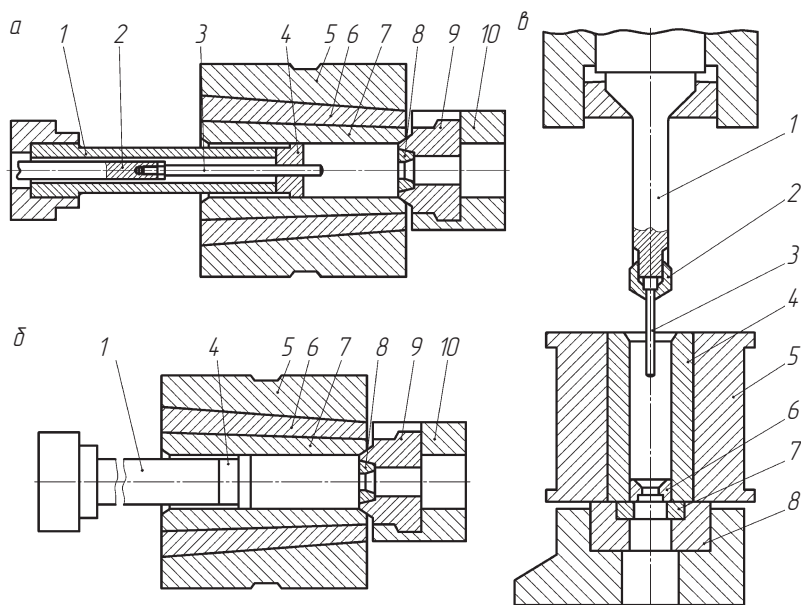


Рис. 3.72. Сборка инструмента типовых прессов: горизонтального трубопрофильного (а); горизонтального прутковопрофильного (б) и вертикального трубопрофильного (в):

а, б: 1 — пресс-штемпель; 2 — иглодержатель; 3 — игла; 4 — пресс-шайба; 5 — корпус контейнера; 6 — промежуточная втулка; 7 — рабочая втулка; 8 — матрица; 9 — матрицедержатель; 10 — инструментальная доска (или мундштучная головка); в: 1 — пресс-штемпель; 2 — пресс-шайба; 3 — игла; 4 — рабочая втулка; 5 — контейнер; 6 — матрица; 7 — отрезной нож; 8 — ползун

2) контейнеры (промежуточные и наружные втулки), пресс-штемпели, головки, головки матрицедержателя (мундштучные или поворотные), в непосредственный контакт с прессуемым металлом не вступает.

В наиболее тяжелых условиях работает инструмент первой группы, который помимо высоких давлений (до 1200 МПа), циклических знакопеременных нагрузок, интенсивного трения испытывает влияние высоких температур и резких температурных изменений. Низкая стойкость тяжело нагруженного инструмента предопределяет разнообразие его конструктивного исполнения.

Характеристики температурно-силового воздействия на различные виды инструмента приведены в табл. 3.35.

Таблица 3.35

**Условия работы различных видов инструмента  
при прессовании цветных сплавов**

Вид инструмента	Основные нагрузки	Температурные нагрузки
<i>I группа</i>		
Рабочие втулки	Давление до 1200 МПа. Интенсивное трение прессуемого материала	Нагрев поверхности до 600...800 °С. Перепад температуры по длине и сечению до 400...500 °С. Охлаждение в потоке воздуха
Иглы	Растягивающие напряжения до 500 МПа, интенсивное трение прессуемого металла	Нагрев поверхности до 700...850 °С. Резкое водяное охлаждение
Матрицы	Давление до 900 МПа, интенсивное трение прессуемого металла	Нагрев поверхности до 750...850 °С. Охлаждение в потоке воздуха
Пресс-шайбы, матрицедержатели	Давление до 1200 МПа	Нагрев поверхности до 600...750 °С. Перепад температуры по сечению до 400 °С, охлаждение в потоке воздуха
<i>II группа</i>		
Промежуточные втулки	Давление до 600 МПа	300...400 °С
Пресс-штемпели	Давление до 1200 МПа	250...300 °С
Иглодержатели	Растягивающие напряжения до 500 МПа	100...150 °С

**Матрицедержатели** предназначены для установки матриц и запираания выходной стороны контейнера, с которым он сопрягается по конусной поверхности (рис. 3.73). Качество сочленения контейнера и матрицедержателя определяет точность размеров изделий при прессовании труб и полых профилей.

На гидравлических прессах с неподвижным контейнером матрицедержатель устанавливается в перемещающейся вдоль оси пресса головке мундштучного типа. На современных прессах с подвижным контейнером матрицедержатель устанавливается в двух- или четырехпозиционные поворотные головки или поперечно переме-



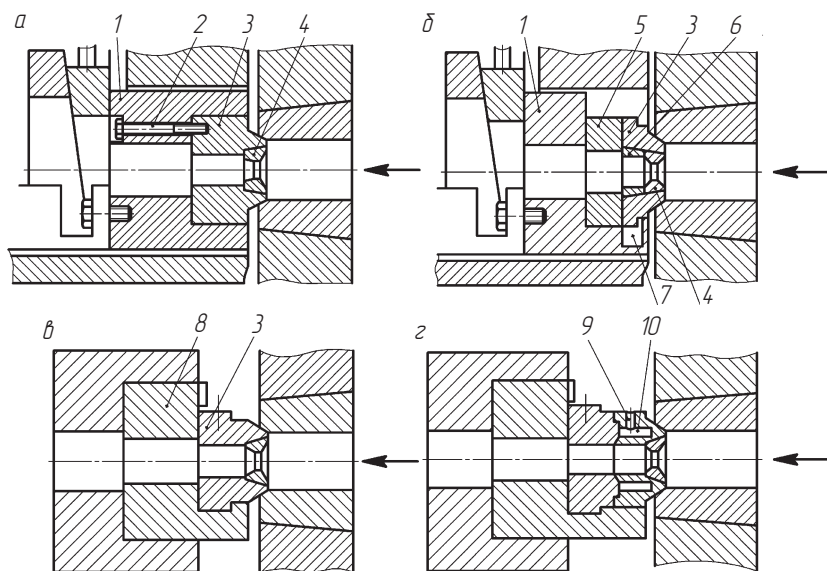


Рис. 3.73. Матрицедержатели горизонтальных прессов:

*a* — мундштучный; *б* — мундштучный с опорным кольцом; *в* — поперечно перемещающийся; *з* — водоохлаждаемый; 1 — подвижная головка; 2 — крепежные винты; 3 — матрицедержатель; 4 — матрица; 5 — опорное кольцо; 6 — подкладное кольцо; 7 — закрепляющее кольцо; 8 — инструментальная доска; 9 — каналы отвода и подвода воды; 10 — камера охлаждения

щающиеся матричные доски. Подобная конструкция матричного узла позволяет поочередно использовать не менее двух матрицедержателей, что снижает интенсивность температурно-силовой нагрузки, создает более благоприятные условия охлаждения, обеспечивает повышение срока службы.

В центральной части матрицедержателя размещено гнездо для посадки матрицы, которая устанавливается либо с торца матрицедержателя (рис. 3.73, *a, в*), либо с внутренней стороны (рис. 3.73, *б*). В последнем случае матрица прижимается к обратному конусу матрицедержателя подкладным кольцом. Конусность посадочного гнезда составляет  $1^{\circ}30' \dots 6^{\circ}$ .

Коническая поверхность сочленения матрицедержателя с контейнером испытывает давление 700...800 МПа при температуре 500...600 °С. Поэтому матрицедержатели изготавливаются из жаро-

прочных штамповых сталей с высокими прочностными характеристиками ( $\sigma_{\text{в}} = 1300...1400$  МПа). Стойкость матрицедержателей до первой реставрации достигает 1,5...2,0 тыс. прессовок при темпе прессования 25–30 прессовок в час.

Увеличение производительности прессов привело к резкому снижению стойкости матрицедержателей, что вызвало необходимость их охлаждения. При темпе прессования 50–60 прессовок в час целесообразно использовать матрицедержатели с внутренним водяным охлаждением (рис. 3.73, з). Существенно влияет на стойкость матрицедержателей смазка, которая служит теплоизолирующей прокладкой между прессуемым металлом и инструментом.

**Пресс-штемпель** предназначен для передачи усилия от главного цилиндра к прессуемому материалу. Величина допустимой нагрузки, которую может выдержать пресс-штемпель, определяет возможную степень деформации материала. Исходя из условий работы, пресс-штемпели изготавливаются из поковок легированных сталей, имеющих высокие прочностные характеристики ( $\sigma_{\text{в}} = 1600...1700$  МПа).

Конструктивно пресс-штемпели изготавливаются цельными (рис. 3.74, а–е) и сборными, состоящими из двух элементов: головки и штанги (рис. 3.74, в, г, ж).

Для увеличения сопротивления продольному изгибу в ряде случаев пресс-штемпель выполняется ступенчатым с утолщенной частью рабочего стержня. Такой пресс-штемпель можно изготавливать цельным (рис. 3.74, б) и сборным, состоящим из трех элементов: головки, промежуточного утолщенного стержня и рабочего стержня (рис. 3.74, г). Применение ступенчатого пресс-штемпеля требует использования соответствующей внутренней втулки контейнера (рис. 3.74, в, г).

При прессовании труб на профильных прессах применяются пресс-штемпели с неподвижной иглой, которая ввинчивается в торец пресс-штемпеля (рис. 3.74, д).

Основное назначение **пресс-шайбы** — исключение непосредственного контакта пресс-штемпеля с нагретой заготовкой. Пресс-шайбы, воспринимая в процессе деформации полное давление прессования, подвергаются циклическому температурному и силовому нагружению, поэтому они изготавливаются из поковок теплостойких сталей. Для исключения перегрева пресс-шайбы используются

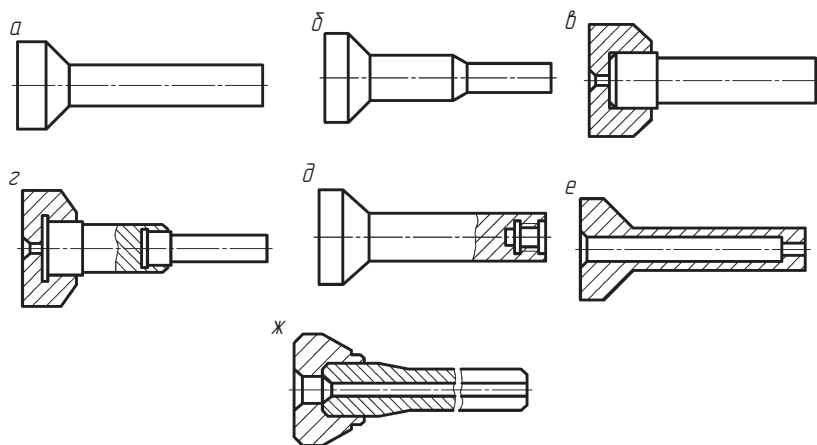


Рис. 3.74. Пресс-штемпели горизонтальных прутково-профильных прессов:

*а* — цельный цилиндрический; *б* — цельный ступенчатый; *в* — сборный цилиндрический; *г* — сборный ступенчатый; *д* — цельный с ввинчиваемой иглой; *е* — полый с подвижной иглой; *ж* — полый, сборный

в комплекте по 6...8 шт. в зависимости от темпа прессования, что позволяет организовать эффективный режим охлаждения и существенно повысить стойкость как самих пресс-шайб, так и пресс-штемпелей.

На рис. 3.75 представлены конфигурации пресс-шайб вертикальных и горизонтальных прессов, используемых при прессовании меди и ее сплавов. Наружный диаметр пресс-шайбы при прессовании без образования рубашки принимается меньше внутреннего диаметра рабочей втулки: на 0,07...0,1 мм — на вертикальных прессах и на 0,5...1,2 мм — на горизонтальных прессах. При прессовании с рубашкой разность диаметров в зависимости от качества прессуемых слитков составляет 2...6 мм.

Для получения равнотолщинной рубашки и гарантированного удаления поверхностных дефектов используются пресс-шайбы с центрирующими выступами (рис. 3.75, *е*). Рубашка в этом случае разрезается выступами боковой поверхности пресс-шайбы, которые скользят по поверхности контейнера и выходят в виде отдельных полос. Разрывов и разнотолщинности рубашки, имеющих место при использовании обычных пресс-шайб, не наблюдается.

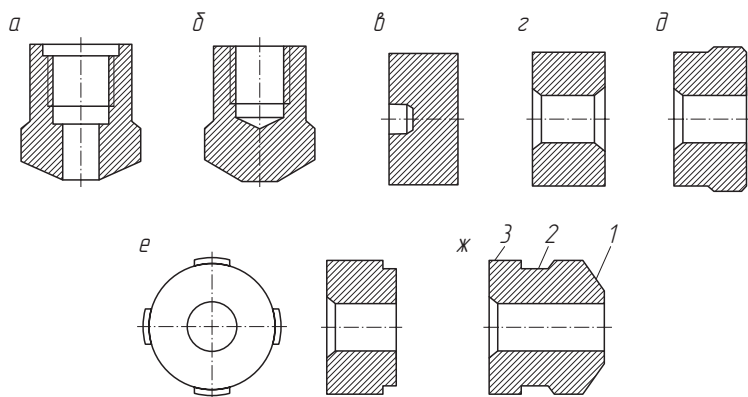


Рис. 3.75. Пресс-шайбы вертикальных (*а, б*) и горизонтальных (*в–ж*) прессов:

*а* — трубная; *б, в* — прутковые; *г* — гладкая трубная; *д* — трубная с буртом; *е* — с центрирующими выступами; *ж* — с направляющим участком (1 — рабочий участок; 2 — камера; 3 — направляющий участок)

Недостатком такой конструкции, ограничивающим ее применение, является низкая стойкость центрирующих выступов.

Представляет интерес конструкция пресс-шайбы (рис. 3.75, *ж*), предусматривающая рабочий участок 1, камеру сбора окалины и налипшего металла 2 и направляющий участок 3.

Направляющий участок обеспечивает существенное повышение ресурса работы пресс-шайбы, так как износ рабочего участка не приводит к увеличению разностенности труб.

**Иглодержатель** предназначен для закрепления иглы и передачи к ней усилия от подвижной траверсы прошивного устройства. При прессовании профилей сложного сечения необходимо фиксирование положения иглы относительно канала матрицы. Игла крепится в иглодержателе способом, исключающим ее угловое перемещение, а иглодержатель имеет связь с жестко закрепленным пресс-штемпелем, исключающим проворот и обеспечивающим возвратно-поступательное движение.

Схема сборки одного из конструктивных исполнений приведена на рис. 3.76.

Для данной конструкции иглодержателя характерно наличие направляющего участка 4 длиной не менее длины прошиваемого

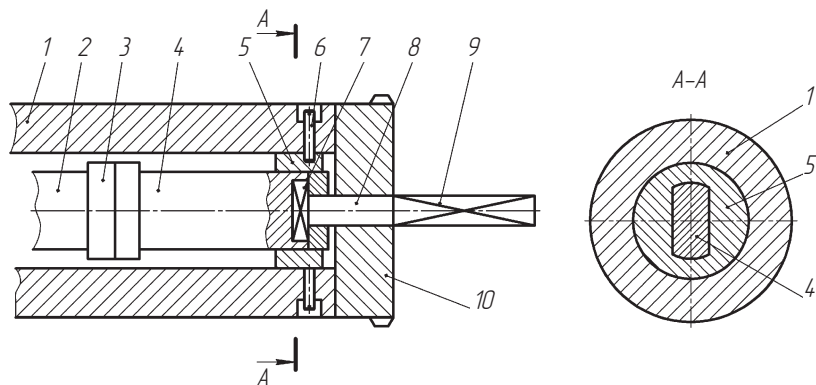


Рис. 3.76. Схема сборки прессового инструмента с фиксацией положения иглодержателя:

1 — пресс-штемпель; 2 — иглодержатель; 3 — центрирующий бурт; 4 — направляющий участок; 5 — фиксатор; 6 — винт; 7 — хвостовик иглы; 8 — цилиндрическая часть иглы; 9 — рабочая часть иглы; 10 — пресс-шайба

слитка и центрирующего бурта 3, который исключает попадание торца иглодержателя в фиксатор 5 при нарушении соосности пресс-штемпеля 1 и иглодержателя 2. Приведенная конструкция иглодержателя обеспечивает фиксацию положения рабочей части иглы 9 относительно пресс-штемпеля 1. Матрица устанавливается в заданном положении после установки иглы.

**Игла** предназначена для прошивки слитков и формирования внутреннего канала пресс-изделий. Разогрев до высоких температур в результате контакта с прессуемым материалом, а также циклические знакопеременные нагрузки — сжатие и продольный изгиб при прошивке и растяжение при обратном ходе — приводят к интенсивному изнашиванию и поломкам игл.

Низкая стойкость прессовых игл обуславливает большое разнообразие конструкций (рис. 3.77).

В основном используются два типа игл — с *конической рабочей частью* (рис. 3.77, в) и *бутылочные* (рис. 3.77, и). Наиболее распространено применение игл с конической рабочей частью. Конусность рабочей поверхности игл, облегчающая течение металла, возрастает от 0,3 до 1,2 мм с увеличением диаметра иглы от 30 до 250 мм. Ступенчатые иглы с буртом (рис. 3.77, з) применяются

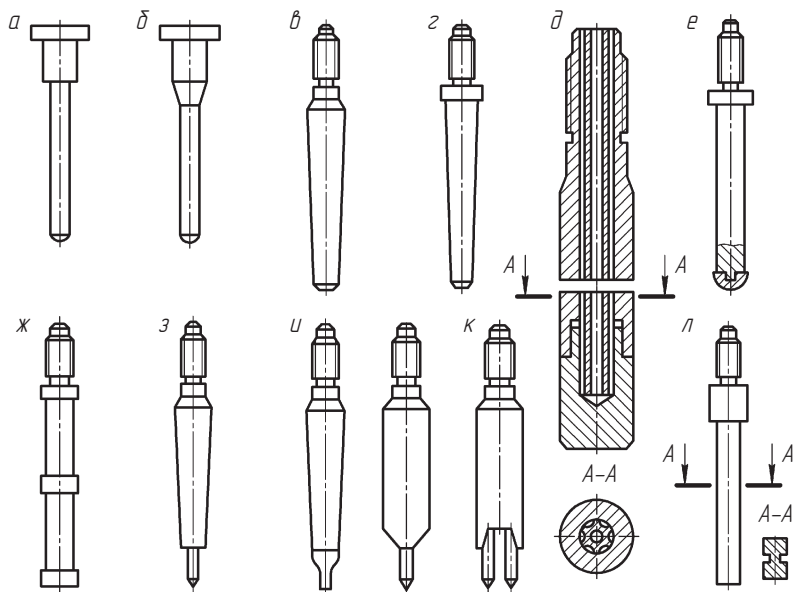


Рис. 3.77. Иглы вертикальных (*а, б*) и горизонтальных (*в–л*) прессов: *а* — ступенчатая; *б* — ступенчатая с дополнительным конусом; *в* — с конической рабочей частью; *г* — ступенчатая с буртом для отделения пресс-остатка; *д* — водоохлаждаемая; *е* — со съёмным наконечником; *ж* — цилиндрическая с проточками; *з* — с острым концом; *и* — бутылочная; *к* — бутылочная с двумя рабочими носиками; *л* — профильная

на прессах, обеспечивающих ход иглы вперед на 80–100 мм после окончания выдавливания, что позволяет отделять трубу от пресс-остатка.

Для повышения стойкости иглы изготавливают составными с полостью для принудительного водоохлаждения (рис. 3.77, *д*). В полость через коллектор подается вода, температура и расход которой регулируются в зависимости от темпа прессования и температуры прессуемого сплава. Стойкость игл с водяным охлаждением составляет 400–500 прессовок и более. Водоохлаждаемые иглы изготавливают диаметром 40 мм и более.

Хороший эффект получается при использовании конструкции игл, обеспечивающей термоизоляцию слоем смазочного материала. Обычно перед прошивкой на иглу наносится слой смазочного материала, однако при внедрении иглы в металл он срезается

и остается на торце слитка, а игла практически работает без смазочного материала.

Конструкция иглы с *переменным диаметром по длине* (рис. 3.77, *е*) позволяет сохранить смазочный материал на поверхности. На переднюю часть иглы надевается съемный наконечник, наружный диаметр которого больше диаметра ее рабочей части и равен диаметру бурга, выполненного у резьбовой части иглы. В процессе прошивки в слитке образуется отверстие, диаметр которого больше диаметра рабочей части иглы. Это исключает контакт слитка с рабочей поверхностью иглы и сохраняет смазку на ее поверхности. В конце прошивки утолщенная часть иглы — бурт — запирает отверстие пресс-шайбы, что исключает обратное течение металла при прессовании. В первый момент прессования слиток осаживается на иглу, а наконечник сталкивается с нее передним концом прессуемой трубы.

Применение игл подобной конструкции наряду с повышением стойкости вследствие уменьшения сил трения и снижения разогрева благодаря термоизолирующему свойству смазочного материала позволяет снизить разностенность переднего конца пресс-изделий, а также уменьшить общее усилие прессования.

Недостаток игл со съемным наконечником заключается в необходимости создания специальных приспособлений для улавливания наконечников, что особенно сложно при безокислительном прессовании. Целесообразно применять *цилиндрические иглы* с проточками на рабочей поверхности для сохранения смазки (рис. 3.77, *ж*). Такие иглы имеют стойкость, примерно в 2 раза превышающую стойкость стандартных игл. *Иглы с острым концом* (рис. 3.77, *з*) применяются при прессовании толстостенных труб для уменьшения длины пробки.

Бутылочные иглы (рис. 3.77, *и*) применяются при прессовании труб и профилей с внутренним каналом малого размера. Обычно тело иглы изготавливается из штамповой стали, а рабочий носик — из жаропрочных сплавов. Бутылочные иглы с двумя рабочими носиками (рис. 3.77, *к*) применяются для многоканального прессования труб либо для прессования спецпрофилей с двумя каналами.

Для прессования профильных труб с отверстием, отличным от круга, профиль иглы может быть самым разнообразным. В этом случае целесообразно применять *ступенчатые иглы* с цилиндри-

ческим участком у резьбовой части (рис. 3.77, л), что позволяет применять унифицированные пресс-шайбы с круглым отверстием.

**Матрица** является наиболее ответственной и быстро изнашивающейся деталью прессового инструмента. Она формирует контур пресс-изделия, определяет точность его геометрических размеров и качество поверхности.

При прессовании труб и прутков применяются матрицы следующих типов (рис. 3.78): плоские, конические, с двойным конусом, плоскоконические, радиально-конические, радиальные.

Матрицы изготавливаются из штамповых сталей, жаропрочных и твердых сплавов. Высота калибрующего пояса у стальных матриц равна 8...10 мм, у матриц из жаропрочных сплавов — 5...7 мм, у твердосплавных матриц — 3...5 мм.

Стальные матрицы изготавливаются цельными и располагаются непосредственно в матрицедержателе, для чего боковая поверхность выполняется с обратным конусом в соответствии с коническим отверстием гнезда матрицедержателя.

Матрицы из твердых и жаропрочных сплавов применяют в виде вставок, устанавливаемых в обоймы (рис. 3.78, з, и). Это позволяет

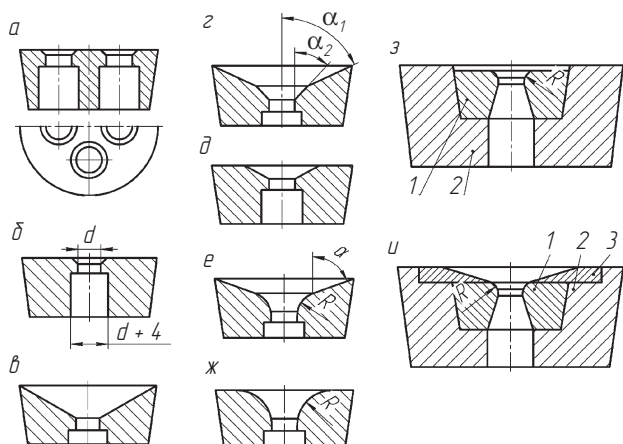


Рис. 3.78. Типовые матрицы для прессования труб и прутков из меди и ее сплавов:

а, б — плоские; в — конические; з — с двойным конусом; д — плоскоконические; е — радиально-конические; ж — радиальные; з, и — сборные (1 — вставка; 2 — обойма; 3 — экранирующее кольцо)



наряду с экономией дорогостоящих материалов повысить стойкость матриц. Практика показывает, что применение сборных матриц со вставкой из жаропрочных сплавов обеспечивает в 2–3 раза большую стойкость, чем использование цельных матриц из того же материала. Стойкость матриц также зависит от способа посадки в обоймы.

Наиболее распространен способ сборки составных матриц горячей запрессовкой с последующей зачеканкой вставок. Глубину гнезда под вставку выполняют на 1,5...2,0 мм больше высоты вставки. Диаметр гнезда в обойме принимается по средним размерам вставки с натягом.

Перед запрессовкой обойма подогревается в печи до температуры 400 °С с выдержкой 0,25...0,3 ч. После посадки вставка зачеканивается, что исключает ее выпадение из обоймы при уменьшении натяга вследствие деформации обоймы в ходе прессования.

Другим способом крепления жаропрочных и твердосплавных вставок является пайка, при которой диаметр гнезда в обойме должен быть на 0,2...0,4 мм больше диаметра вставки. В зазор вводится припой и флюс (например, смесь латунной стружки и буры), после чего инструмент помещается в печь и нагревается до расплавления припоя. После извлечения из печи и затвердевания припоя матрицы медленно охлаждаются в ящике с песком или древесным углем.

Условия работы запаянных вставок значительно лучше, чем запрессованных, так как слой припоя обеспечивает хороший теплоотвод от матрицы в обойме.

С целью повышения стойкости твердосплавных вставок, выходящих из строя вследствие образования термических трещин, их в некоторых случаях экранируют с рабочей поверхности более пластичными материалами (см. рис. 3.78, *и*).

**Контейнер пресса** испытывает высокие радиальные давления, величина которых может достигать 1000 МПа и выше. Чтобы противостоять таким давлениям, контейнеры изготавливаются сборными. На рис. 3.79 приведена конструкция трехслойного контейнера горизонтального гидравлического пресса.

Втулки 2, 3 контейнера выполняются коническими и вставляются одна в другую с натягом, который обеспечивается запрессовкой

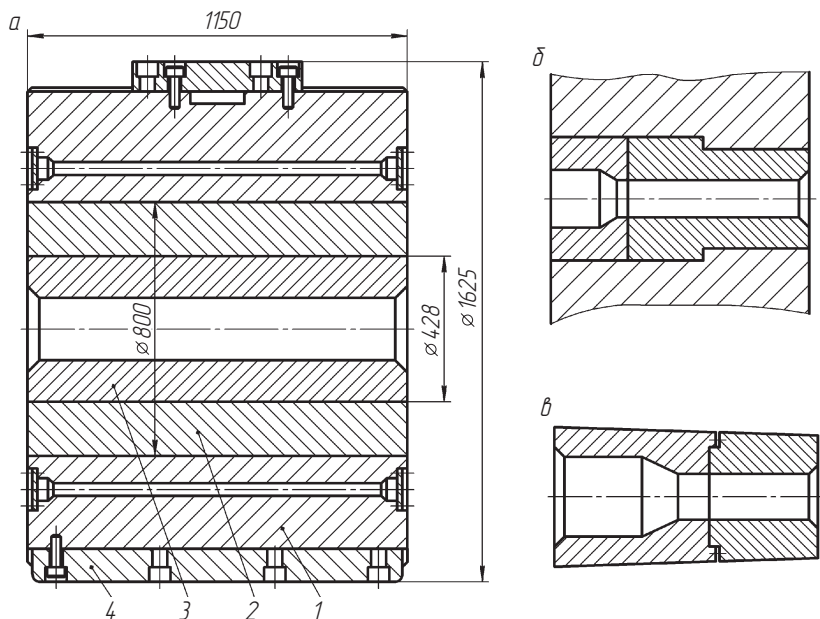


Рис. 3.79. Трехслойный контейнер горизонтального гидравлического пресса 63 МН:

*a* — сборочный чертеж контейнера; *б, в* — сборные рабочие втулки; 1 — корпус; 2 — втулка промежуточная; 3 — втулка рабочая; 4 — кожух

в горячем или в холодном состоянии. В наружной или промежуточной втулке 2 размещаются электронагревательные элементы для обеспечения предварительного подогрева контейнера с целью снижения тепловых потерь деформируемой заготовки.

Внутренняя втулка контейнера 3 в процессе эксплуатации испытывает термические перенапряжения, в результате которых на поверхностном слое появляются разгарные трещины. Кроме того, втулка подвергается интенсивному абразивному износу. Наиболее интенсивно изнашивается выходная сторона втулки. Повышенный местный износ вызывает необходимость расточки втулки на больший диаметр по всей длине, что нежелательно. В связи с этим применяются сборные внутренние втулки (рис. 3.79, *б, в*).

**Материалы прессового инструмента.** Специфические условия работы прессового инструмента обуславливают высокие требова-

ния к материалам для его изготовления. Материал для тяжело нагруженного инструмента должен обладать:

- теплопрочностью — способностью сохранять прочностные и пластические характеристики в области рабочих температур;
- жаропрочностью — сопротивлением окислению при длительных нагревах;
- износостойкостью — стойкостью против истирания;
- высокой теплопроводностью, необходимой для быстрого отвода тепла во избежание сильного разогрева и уменьшения неравномерности температурных полей инструмента;
- малым коэффициентом теплового расширения — для сохранения постоянных размеров при нагреве и охлаждении;
- хорошей прокаливаемостью.

Комплекс свойств, которыми должен обладать прессовый инструмент, определяет вид материалов, применяемых для его изготовления (табл. 3.36). Это в основном жаропрочные стали аустенитного и мартенситного класса, комплексно-легированные хромом, вольфрамом, никелем, молибденом; специальные жаропрочные сплавы на основе никеля и кобальта, содержащие вольфрам, хром, титан, молибден, алюминий, железо, а также (в меньшей степени) твердые сплавы и минералокерамические материалы.

Таблица 3.36

#### Материалы для изготовления прессового инструмента

Вид инструмента	Марка материала
Рабочие втулки контейнеров	38ХН3МФА, 5ХНВ, 5ХНМ, 3ХВ4СФ, 3Х3М3Ф
Пресс-штемпели	38ХН3МФА, 5ХНМ, 5ХНВ, 3Х2В8Ф
Пресс-шайбы	3Х2В8Ф, 38ХН3МФА, 3Х3М3Ф
Матрицедержатели	4Х3М2ВФГС, 4Х4ВМФС, 5Х3В3МФС, 4Х5В2ФС, 5ХНВ, 5ХНМ
Матрицы цельные и обоймы сборных матриц	3Х2В8Ф, 3Х3М3Ф, 4Х3М2ВФГС
Матричные вставки	ХН51ВМТЮКФР, ХН56ВМКЮ, ХН62МВКЮ, ХННВТЮ, 1 Н80БМ, Н80БМЮ, ВК8, ВК15, ЦМ332
Иглы	ХН62МВКЮ, 5Х3В3МФС, ЖС6К, 5Х3В3МФС, 4Х3М2ВФГС, 3Х2В8Ф, 3Х2В8Ф, 4Х4ВМФС, 3Х3М3Ф, 4Х4ВМФС, 4ХВ2С, 3Х3М3Ф, 38ХМЮА, 3Х3М3Ф

## РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ



### 4.1. Общие сведения

---

Сущность порошковой металлургии заключается в производстве порошков и изготовлении из них или их смесей с неметаллическими порошками изделий. Методами порошковой металлургии возможно получение изделий, которые нецелесообразно или невозможно изготовить другими методами. В первую очередь это тугоплавкие материалы, сложнoleгированные жаропрочные сплавы, псевдосплавы, композиции из металлов с неметаллами, пористые изделия.

Формообразование из порошков осуществляется методами: холодного или горячего прессования; холодной или горячей штамповки.

**Холодное прессование** в закрытых пресс-формах с передачей давления одним или несколькими пуансонами (верхним или нижним) — наиболее распространенный способ получения порошковых изделий. В процессе прессования находящаяся в полости пресс-формы шихта стремится к растеканию в стороны, но удерживается боковыми стенками матрицы. Давление в процессе уплотнения порошка не только возрастает во времени, но и распределяется по объему заготовки неравномерно. Часть нагрузки расходуется на преодоление трения частиц порошка о стенки пресс-формы и трения между частицами, что препятствует выравниванию напряжений.

Объем изделий при прессовании изменяется в результате смещения отдельных частиц, заполняющих пустоты между другими частицами, и деформации материала частиц. Наиболее интенсивно уплотнение происходит на первой стадии процесса, связанной с перераспределением частиц и более плотной упаковкой в результате поворота и перемещения частиц. При достижении максимально плотной упаковки частицы порошка оказывают определенное сопротивление сжатию; давление возрастает, начинается пластическое деформирование приконтактных участков. В ходе деформации частиц порошка контактная поверхность увеличивается и сглаживается; разрушается оксидная пленка в зоне контакта; протекает механическое сцепление и холодная сварка.

*Одностороннее прессование* применяется при изготовлении изделий простой конфигурации типа пластин и дисков с небольшим отношением высоты к поперечному диаметру:  $h/d \leq 1$ , а также изделий типа гладких втулок с отношением высоты к минимальному значению толщины стенки:  $h/S_{\min} \leq 3$  (рис. 4.1, а, б).

Распределение плотности по объему прессовки при одностороннем прессовании неоднородно. В горизонтальном направлении в верхнем слое под прессующим пуансоном плотность нарастает от центра к периферии, а в нижнем, наоборот, — от периферии к центру. Средняя плотность изделий снижается от верхней части к нижней. Наибольшее уплотнение происходит на краях заготовки под верхним пуансоном; минимальное — по краю нижней поверхности заготовки.

*Двустороннее прессование* осуществляется приложением давления к порошковой шихте одновременно сверху и снизу. При этом более плотными оказываются верхняя и нижняя части прессовки; в середине прессовки сохраняется зона пониженной плотности.

Двустороннее прессование обычно применяется для изделий с отношением высоты к диаметру в пределах 1...5, а также деталей типа втулок при  $3 \leq h/S_{\min} < 20$ . Такое прессование осуществляется по трем основным схемам.

Первая схема (рис. 4.1, в) — прессование проводится двумя подвижными пуансонами при неподвижной матрице. Движение пуансонов может быть как одновременным, так и поочередным. Такая схема применяется при производстве изделий простой конфигурации

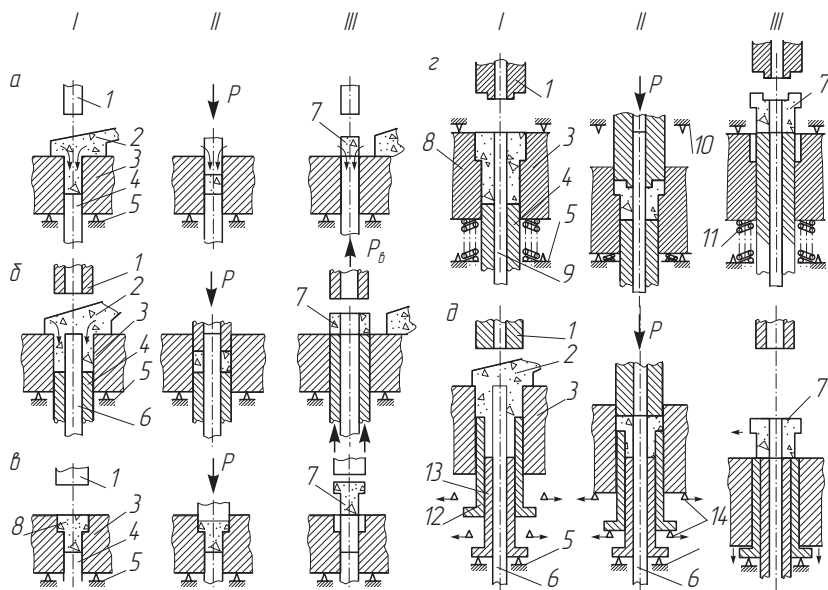


Рис. 4.1. Схемы одностороннего (а, б) и двустороннего (в, г, д) прессования. Стадии прессования:

I — загрузка порошка; II — прессование; III — удаление изделия; 1 — верхний пуансон; 2 — загрузочный бункер; 3 — матрица; 4 — нижний пуансон; 5 — упор; 6 — игла-стержень; 7 — прессовка (брикет); 8 — порошок; 9 — игла; 10 — верхняя опора; 11 — упругий элемент; 12 — наружный пуансон; 13 — внутренний пуансон; 14 — подвижные опоры

или одноступенчатых заготовок. Выталкивание заготовок происходит нижним пуансоном.

Вторая схема (рис. 4.1, г) — прессование осуществляется подвижным нижним пуансоном (он может быть выталкивателем) и подвижными верхним пуансоном и матрицей. Вначале перемещается верхний пуансон. При достижении определенной плотности в результате трения порошка о стенки матрицы пуансон с матрицей перемещается до упора. Это обеспечивает уплотнение нижней области прессовки. После снятия нагрузки матрица под действием упругих элементов возвращается в исходное положение, а нижний пуансон выталкивает прессовку.

По третьей схеме (рис. 4.1, д) прессование производится при неподвижном нижнем внутреннем пуансоне, а для изделий

с отверстием неподвижной остается также и игла. Подвижная матрица, установленная на пружинах или гидropневмоцилиндрах, перемещается до регулируемых упоров.

При прессовании матрица перемещается вниз и вместе с ней наружный пуансон до убираемых упоров. При достижении заданной плотности или размеров изделия матрица продолжает движение до неподвижных упоров. Нижний внутренний пуансон и игла при этом остаются неподвижными. По окончании прессования ползун с верхним пуансоном поднимаются, матрица освобождается от упоров и продолжает двигаться вниз, вместе с ней перемещается вниз и наружный пуансон. В результате матрица и пуансон стягиваются с прессовки. Игла перемещается вниз, прессовка освобождается и сталкивается с матрицы. Наружный пуансон, игла и матрица возвращаются в исходное положение вместе с плитами, на которых они зафиксированы.

Каждый из рассмотренных способов двустороннего прессования имеет свои преимущества и недостатки. Выбор их определяется формой и размерами изделий, технологическими характеристиками прессового оборудования, объемом производства, прессуемостью и формуемостью порошков.

**Горячее прессование** осуществляется при одновременном приложении давления и нагреве порошковой шихты до температуры 1200...1450 °С. Нагрев и прессование производится в графитовых пресс-формах, имеющих хорошую электропроводность и высокую теплопроводность. Нагрев осуществляется электрическим током. Ограниченная прочность графита не позволяет проводить процесс прессования при давлении более 30...40 МПа. Кроме того, графит реагирует с оксидами (восстанавливает их), переходными металлами и их нитритами и силицидами. Реже, чем графит, для изготовления пресс-форм используются жаропрочные сплавы, позволяющие прилагать достаточно высокие давления при температурах 1100...1300 °С. Горячее прессование по сравнению с холодным позволяет снизить давление почти на порядок. В большинстве случаев применение горячего прессования ограничивается прочностью материала пресс-форм.

**Холодная штамповка** пористых заготовок — процесс, который применяется для получения деталей сложной формы с низкой остаточной пористостью (до 35 %). При холодной штамповке

соблюдаются следующие условия: форма и размеры исходной заготовки должны быть такими, чтобы расширяющиеся поверхности достигали боковых стенок штампа в процессах штамповки до момента образования поверхностных трещин; течение материала должно осуществляться в непрерывно уменьшающемся сечении полости инструмента.

Исходная плотность заготовок должна быть не менее 88...92 %, после штамповки 97...99 %. Холодная штамповка применяется для изготовления изделий сложной формы небольшой массы. Наиболее распространенной операцией холодной штамповки является калибровка.

**Горячая штамповка** пористых заготовок осуществляется преимущественно по трем основным схемам — свободная осадка, осадка в открытых и закрытых штампах. Лучшие условия уплотнения обеспечивает осадка в закрытых штампах, худшие — свободная.

Нагрев заготовок перед штамповкой обеспечивает: уменьшение сопротивления металла деформированию; интенсификацию диффузионных процессов и гомогенизацию материала; технологическую прочность для предотвращения разрушений.

## 4.2. Конструкторско-технологические особенности деталей из порошковым материалов

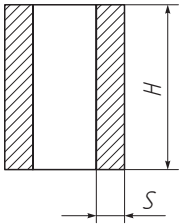
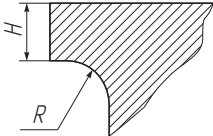
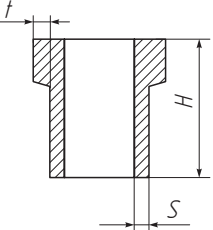


Сложность изготовления прессующего инструмента, его стойкость и стоимость во многом определяют целесообразность изготовления той или иной детали методами порошковой металлургии. Особенно важно определить оптимальную конфигурацию детали. В ряде случаев целесообразно, рассмотрев конструкцию узла машины, изменить конфигурацию изготавливаемой детали и, соответственно, сопрягаемой с ней детали таким образом, чтобы сделать ее более технологичной при изготовлении методами порошковой металлургии (уменьшить число переходов, сгладить выступы и т.д.). Это позволит изготовить более простой технологичный инструмент и создать предпосылки для массового изготовления. В табл. 4.1 приведены рекомендуемые параметры элементов изделий из порошков.

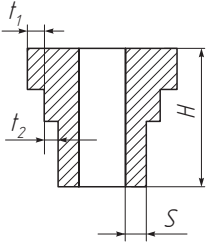


Таблица 4.1

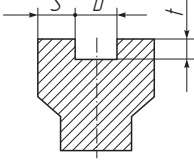
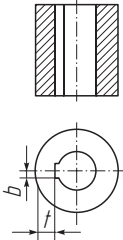
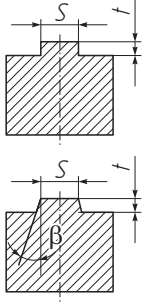
## Требования к конструктивным элементам порошковых изделий

Элемент, тип изделия	Рекомендуемые параметры	Рекомендуемая технология
Стенка: изделия типа цилиндра 	$s \geq 0,8 \text{ мм}, \frac{H}{s} \leq 1;$ $s \geq 0,8 \text{ мм}, \frac{H}{s} \leq 1;$ $s \geq 2 \text{ мм}, \frac{H}{s} \leq 1 \text{ мм}$	Пористое изделие. Формование: односторонним прессованием; двусторонним прессованием; поперечным прессованием
Скругление: изделия с переходами по высоте 	$R \geq 0,25 \text{ мм},$ $R = (0,3...0,5)H$	Высокоплотное изделие. Прессование пористых заготовок; штамповка пористых заготовок
Бурт: изделие с одним переходом по высоте на наружной поверхности 	$t \geq 0,8 \text{ мм}$ $t \leq 3 \text{ мм}; \frac{H}{s} \leq 2$ $t \leq 3 \text{ мм}; \frac{H}{s} \leq 2$ $t > 3 \text{ мм}; 2 < \frac{H}{s} \leq 15$	Высокоплотное изделие. Двустороннее прессование пористых изделий; штамповка высокоплотных изделий из пористых заготовок: двусторонней осадкой заготовки без бурта с поперечным течением материала; двусторонней осадкой заготовки с буртом; двусторонней осадкой бурта с последующим поперечным уплотнением всей заготовки

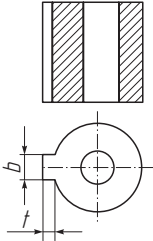
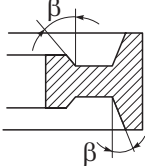

Продолжение табл. 4.1

Элемент, тип изделия	Рекомендуемые параметры	Рекомендуемая технология
Изделия с двумя и более переходами на наружной поверхности	$t_1 \geq 0,8 \text{ мм};$ $t_2 \geq 0,8 \text{ мм}$	Пористое изделие. Двустороннее прессование
	$t_1 \leq 3 \text{ мм}, \frac{H}{S} \leq 2;$ $t_2$ — не регламентируется; $t > 3 \text{ мм}, \frac{H}{S} \leq 2$ $t_2$ — не регламентируется; $t > 3 \text{ мм}, \frac{H}{S} \leq 2$ $t_2$ — не регламентируется	Высокоплотное изделие. Штамповка: двусторонней осадкой пористой заготовки без бурта с поперечным течением материала; двусторонней осадкой пористой заготовки с буртом; двусторонней осадкой бурта с последующим поперечным уплотнением всей заготовки
Фаска: изделия любой формы	$0 < \alpha < 90^\circ$  $0,15 \leq c \leq 0,5 \text{ мм}$	Пористое изделие. Прессование  Высокоплотное изделие. Штамповка пористой заготовки
Отверстие: изделия любой формы	$D > 1 \text{ мм}$  $D > 10 \text{ мм}$	Пористое изделие. Прессование пористой заготовки  Высокоплотное изделие. Штамповка пористой заготовки
Паз: изделия любой формы с пазами на торцах	$s \geq 2 \text{ мм}; b \geq 2 \text{ мм};$ $t$ — не регламентируется	Пористое изделие. Прессование пористой заготовки

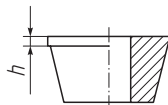
Продолжение табл. 4.1

Элемент, тип изделия	Рекомендуемые параметры	Рекомендуемая технология
	$s \geq 2 \text{ мм}; b \geq 5 \text{ мм};$ $t$ — не регламентируется; $s \geq 2 \text{ мм}; b \geq 5 \text{ мм},$ $t < 3 \text{ мм}$	Высокоплотное изделие. Штамповка пористой заготовки: осадкой с предварительно выполненным пазом; осадкой пористой заготовки без предварительно выполненного паза
Паз: изделия любой формы с пазами на внутренней и наружных поверхностях 	$s \geq 2 \text{ мм};$ $b$ и $t$ — не регламентируются	Высокоплотное изделие. Прессование пористых заготовок; штамповка осадкой пористой заготовки с предварительно выполненным пазом
Выступ: изделие любой формы с выступами на торце 	$s \geq 2 \text{ мм}; t > 5 \text{ мм}$  $s \geq 2 \text{ мм}; t > 5 \text{ мм}$  $s \geq 2 \text{ мм}; t \leq 0,5 \text{ мм}; \beta \geq 3^\circ$  $s \geq 2 \text{ мм}; t \leq 3 \text{ мм}; \beta \geq 5^\circ$	Пористое изделие. Прессование пористых изделий составным пуансоном  Штамповка высокоплотных изделий осадкой пористой заготовки с предварительно выполненным выступом  Пористое изделие. Прессование пористых изделий цельным пуансоном  Высокоплотное изделие. Штамповка осадкой с выдавливанием пористой заготовки без предварительно выполненного выступа

Продолжение табл. 4.1

Элемент, тип изделия	Рекомендуемые параметры	Рекомендуемая технология
Изделия с выступа- ми на внутренней или наружной бо- ковой поверхности 	$b \geq 2$ мм; $t$ — не регламентируется	Пористое изделие. Прессование пористых за- готовок
	$b \geq 5$ мм; $t \leq 3$ мм	Высокоплотное изделие. Штамповка осадкой пори- стой заготовки с предвари- тельно выполненным вы- ступом
Уклон: изделия типа шестерен, шкивов и т.п. 	$\beta \geq 5^\circ$	Пористое изделие. Прессо- вание. Высокоплотное изделие. Штамповка пористой заго- товки
Зуб: изделия типа цилиндрической шестерни	$m \geq 0,5$ мм	Прессование изделий.
	$0,5 \leq m \leq 2$ мм	Штамповка осадкой с по- перечным течением мате- риала пористой заготовки без предварительно выпол- ненных зубьев
	$m \geq 2$ мм	Штамповка осадкой пори- стой заготовки с предва- рительно выполненными зубьями
Рифленая поверх- ность: изделия с рифленой по- верхностью 	$\gamma \geq 30^\circ$	Прессование. Штамповка высокоплотных изделий из пористых заготовок с нерифленой поверхно- стью

Окончание табл. 4.1

Элемент, тип изделия	Рекомендуемые параметры	Рекомендуемая технология
Поясок: изделия с конической поверхностью 	$h \geq 1$ мм	Прессование. Штамповка высокоплотных изделий из пористых заготовок

Одним из основных геометрических показателей, характеризующих возможность изготовления детали методами порошковой металлургии, является отношение ее длины к поперечным размерам изделия. Особо благоприятным для получения равномерной плотности прессовки является соотношение этих показателей 1:1. Однако практически это соотношение может изменяться в широких пределах. Например, при двустороннем прессовании на прессах-автоматах можно получить удовлетворительные результаты по равномерному распределению плотности прессовки при соотношении 3:1 или даже 4:1. При изостатическом и мундштучном формовании его можно значительно увеличить.

Если деталь имеет выступ на одном конце, что создает значительную разницу в прилегающих сечениях, то целесообразно пресовать с симметричным выступом на другом конце, удалив выступ механической обработкой после спекания. Тонкие стенки, острые углы, узкие шпоночные канавки ослабляют деталь, и при выталкивании за счет сил упругого последействия она может разрушиться в этих местах, поэтому их следует избегать, а при необходимости после спекания получать механической обработкой.

Закругленные углы в прямоугольных отверстиях способствуют лучшему передвижению порошка при прессовании (рис. 4.2, а), а небольшие площадки при прессовании круглых поверхностей обеспечивают повышенную стойкость пуансонов, так как устраняют острые углы на торцовых поверхностях (рис. 4.2, б).

Рекомендуется скосы на пуансонах заканчивать не острыми углами, а площадкой шириной 0,12...0,25 мм. Закругления в местах присоединения фланца к корпусу детали необходимо делать

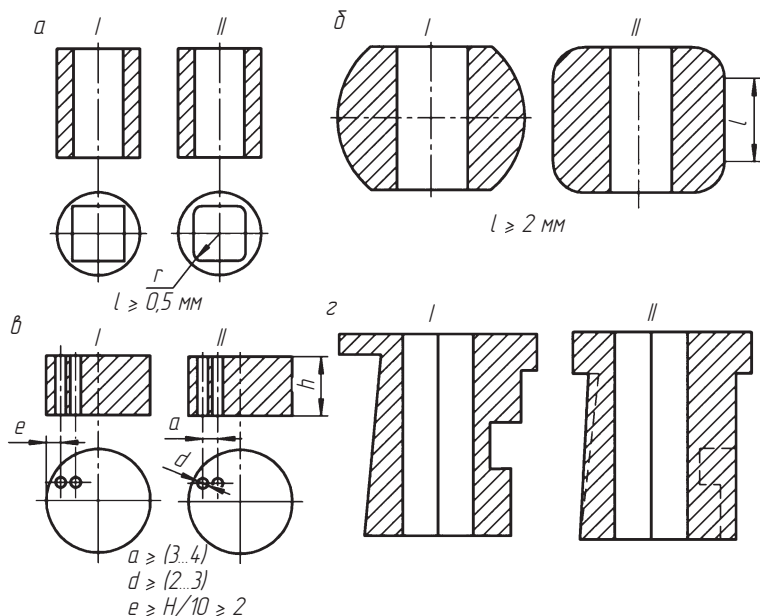


Рис. 4.2. Нерациональные (I) и рациональные (II) конструкции порошковых деталей:

а — с прямоугольными отверстиями; б — с плоскими площадками; в — с эксцентричными отверстиями; г — с прямоугольными пазами

радиусом не менее 0,25 мм, причем слишком большой радиус также нежелателен.

Выполнение отверстий любой конфигурации в направлении прессования не представляет большой сложности, но если отверстия небольшого сечения, то необходимо применять тонкие стержни, хотя они изгибаются в процессе прессования и быстро изнашиваются под действием порошка. Также необходимо учитывать, что для выполнения цилиндрических отверстий используют круглые стержни, которые легко обрабатываются. Для прессования деталей с прямоугольными, эллипсными, квадратными и другими фигурными отверстиями требуется более сложный инструмент и, соответственно, более сложное оборудование для его изготовления. Поэтому целесообразно, где это не сказывается на технических характеристиках детали, прессовать их с отверстиями круглой формы.

При изготовлении заготовки с несколькими отверстиями рекомендуются для применения соотношения размеров (рис. 4.2, в).

Круглые канавки, резьбу, обратную конусность лучше выполнять механической обработкой после спекания, а в прессуемой детали их нужно убрать (рис. 4.2, з). Это относится и к отверстиям, находящимся под прямым углом к направлению прессования. Изготовление глухих отверстий в процессе прессования не представляет особых затруднений. Однако в данном случае необходимо предусмотреть скосы на дне полости и определенные соотношения между высотой детали и глубиной отверстия (рис. 4.3, а).

При глубоких и узких шлицах и выступах в детали значительно усложняется изготовление матриц и уменьшается их прочность. Поэтому целесообразно изменить конфигурацию детали (рис. 4.3, б, в). Для повышения стойкости пуансонов выступы на переходах должны быть толщиной не менее 3...4 мм и не должно быть больших перепадов по высоте в направлении прессования (рис. 4.3, з).

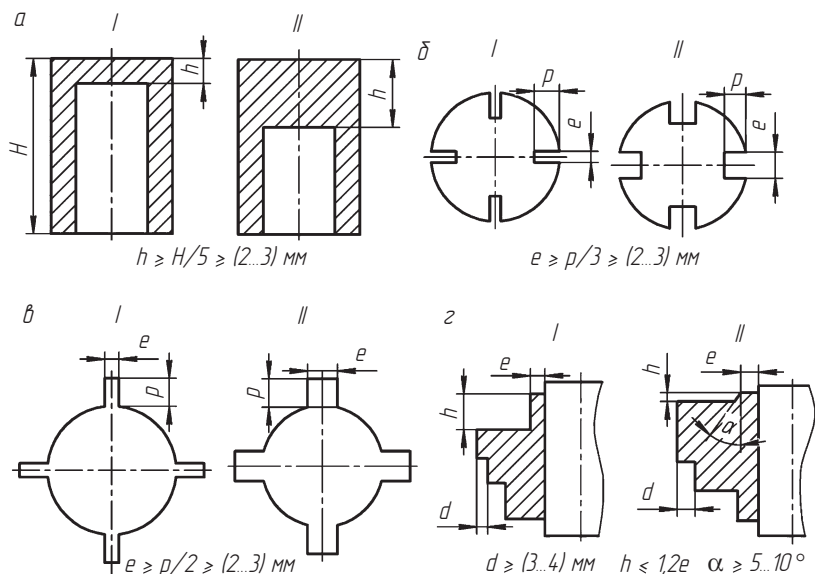


Рис. 4.3. Нерациональные (I) и рациональные (II) конструкции порошковых деталей:

а — с глухими отверстиями; б — с продольными пазами; в — с продольными выступами; з — ступенчатых

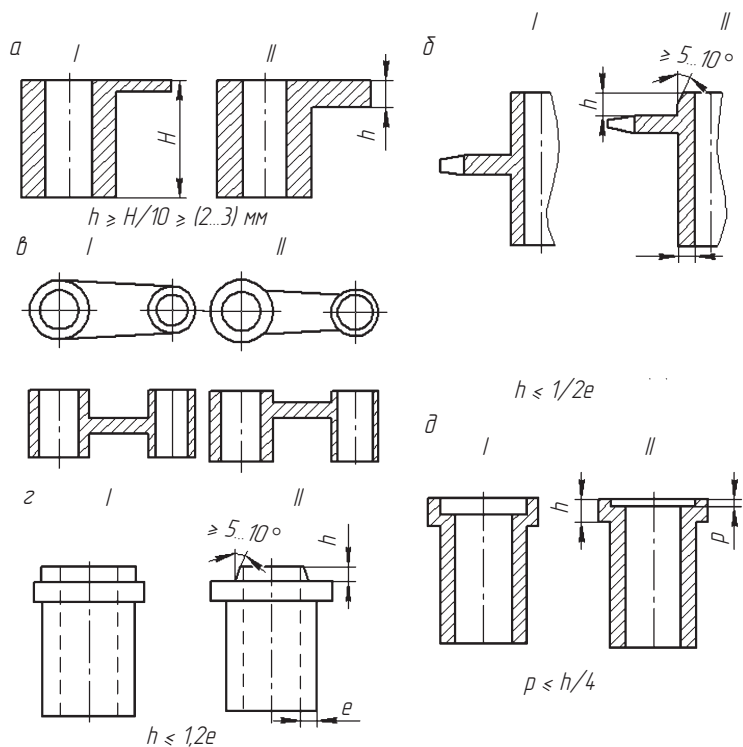


Рис. 4.4. Нерациональные (I) и рациональные (II) конструкции порошковых деталей с выступами (а, б, в, г) и выемками (з)

Толщина стенок должна быть не менее 0,8 мм. Если деталь имеет большие различия в толщине стенок (более 2,5 мм), то необходимо изменить конструкцию. Если деталь имеет длинную выступающую часть, то для увеличения жесткости следует прессовать ее с дополнительным ребром. Иногда в подобных случаях более целесообразно изменить конструкцию детали, увеличив толщину выступающей части или приблизив ее к одному из торцов детали (рис. 4.4, а–в).





## 4.3. Расчет формообразующего инструмента

### 4.3.1. Расчет параметров изделия

Исходные данные для расчета: плотность изделия  $\rho_{и}$ ; насыпная плотность порошка  $\rho_{п}$ ; упругие последствия по линейным размерам при прессовании (калибровании) в процентах  $a_{п}$ ,  $a_{к}$ , или в абсолютной величине  $l_{п}$ ,  $l_{к}$ ; усадка при спекании (рост) по линейным размерам в процентах  $\beta$  или в абсолютной величине  $\epsilon$ ; уменьшение массы изделия при спекании за счет выгорания смазки, восстановления оксидов и других факторов в процентах  $\xi$ ; прирост плотности при калибровании (или допрессовке) изделия в процентах;  $\tau$  — величина припуска под калибрование или механическую обработку спеченной заготовки  $\Pi_{к}$ . Плотность изделия задается, а остальные параметры определяются экспериментально.

При проектировании пресс-форм для холодного прессования изделий из металлических порошков или из шихт на их основе необходимо обеспечить получение прессовок заданной формы, размеров, плотности и равномерного ее распределения по сечению. Для обеспечения равномерной плотности по сечению изделия необходимо применять составные пуансоны с независимо перемежающимися элементами или проводить формование выступающих элементов изделия на неподвижных деталях пресс-формы.

Условие достижения равномерной плотности в данном сечении изделия  $\rho_{и}$  определяется соотношениями:

$$\frac{H}{h} = \frac{H_1}{h_1} = \frac{\rho_{и}}{\rho_{п}},$$

где  $H$ ,  $H_1$  — высота слоя порошка в пресс-форме в соответствующих сечениях;  $h$ ,  $h_1$  — высота прессовки в этих же сечениях.

Объем изделия  $V_{и}$  определяется по формуле

$$V_{и} = V_{д}(1 + \xi/100),$$

где  $V_{д}$  — объем спеченной заготовки.

Масса изделия

$$G_{и} = \rho_{и} V_{и}.$$

Масса навески

$$G_{\text{н}} = (1,02 \dots 1,05) G_{\text{п}},$$

где коэффициент 1,02...1,05 учитывает потери массы при засыпке шихты в матрицу и при прессовании.

Высота изделия  $H_{\text{н}}$  зависит от номинального размера  $H$  готовой детали и его изменения  $l_{\text{п}}$  в результате упругих последствий, роста или усадки  $\epsilon$  при спекании и припуска  $\Pi_{\text{к}}$  на дополнительную обработку:

$$H_{\text{н}} = H - l_{\text{п}} \pm \epsilon + \Pi_{\text{к}}.$$

При прессовании изделий, имеющих переходы по высоте, необходимо определять высоту каждого участка изделия.

### 4.3.2. Расчет размеров матриц

Высота загрузочной камеры, т.е. высота части формующей камеры, заполняемой порошком  $H_3$  (рис. 4.5), определяется по формуле

$$H_3 = k H_{\text{н}},$$

где  $k$  — коэффициент уплотнения:

$$k = \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{н}}}.$$

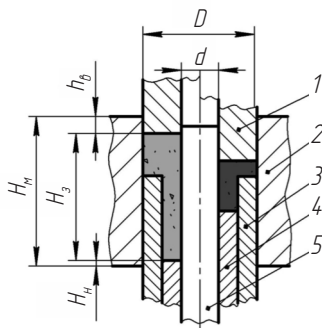


Рис. 4.5. Схема для расчета геометрических параметров матрицы:

1 — верхний пуансон; 2 — матрица; 3, 4 — соответственно, наружная и внутренняя втулки нижнего пуансона; 5 — стержень

Общая высота матрицы  $H_M$  определяется с учетом высоты загрузочной камеры  $H_3$  и величин захода в матрицу верхнего  $h_B$  и нижнего  $h_H$  пуансонов (см. рис. 4.5):

$$H_M = H_3 + h_B + h_H.$$

Поперечные размеры рабочей полости матрицы зависят от наружных размеров изделия, а также их изменения после прессования, спекания и калибрования и допускаемой величины износа.

В общем виде минимальный начальный размер рабочей полости матрицы

$$D_{M\min} = D_{\min} - l \pm \varepsilon \pm \Pi_K - l_K,$$

где  $D_{\min}$  — минимально допустимый размер готовой детали, мм.

Максимально допустимый (конечный) размер рабочей полости матрицы

$$D_{M\max} = D_{\max} - l \pm \varepsilon \pm \Pi_K,$$

где  $D_{\max}$  — максимально допустимый размер готовой детали, мм.

Припуск на износ матрицы

$$\Delta D_{M\max} = D_{M\min} - T_M,$$

где  $T_M$  — действительный допуск начального размера рабочей полости матрицы при ее изготовлении.

Размеры формирующих полостей матрицы для изделий, подвергающихся калиброванию, целесообразно определять в следующей последовательности.

Минимальный размер рабочей полости калибрующей матрицы

$$D_{K\min} = D_{\min} - l_K.$$

Максимально допустимый размер рабочей полости калибрующей матрицы

$$D_{K\max} = D_{\max} - l_K.$$

Размеры изделий после спекания

$$D_{сп} = D_{\min} \pm \Pi_K.$$

Знак «плюс» употребляется при калибровке с положительным припуском, «минус» — с отрицательным.

Размеры изделий после прессования

$$D_{\text{пр}} = D_{\text{сн}} \pm \varepsilon.$$

Знак «плюс» употребляется при усадке в процессе спекания, «минус» — при росте.

Номинальный размер рабочей полости матрицы для холодного прессования

$$D_{\text{м}} = D_{\text{пр}} - l_{\text{п}}.$$

### 4.3.3. Расчет размеров стержней

Расчет стержней заключается в определении конструкторских размеров, которые зависят от размеров формуемого изделия, изменения размеров в процессе изготовления, упругих последствий, роста или усадки при спекании.

Максимально допустимый размер рабочей части стержня

$$d_{\text{стmax}} = d_{\text{max}} \pm l_{\text{п}} \pm \varepsilon \pm \Pi_{\text{к}} \pm l_{\text{к}},$$

где  $d_{\text{max}}$  — максимально допустимый размер отверстия детали.

Минимально допустимый размер стержня

$$d_{\text{стmin}} = d_{\text{min}} \pm l_{\text{п}} \pm \varepsilon \pm \Pi_{\text{к}} \pm l_{\text{к}},$$

где  $d_{\text{min}}$  — минимально допустимый размер отверстия детали.

Если деталь с отверстием подвергается калиброванию, то определение размеров стержня проводится в следующей последовательности.

Определяется диаметр стержня при калибровании:

$$d_{\text{к}} = d_{\text{max}} \pm l_{\text{к}}.$$

Знак «плюс» — для случая уменьшения отверстия в результате упругих последствий, «минус» — для увеличения.

Размер отверстия после спекания

$$d_{\text{сн}} = d_{\text{к}} \pm \Pi_{\text{к}}.$$

Знак «плюс» — при калибровании с отрицательным припуском, «минус» — с положительным.

Размер отверстия после прессования

$$d_{\text{пр}} = d_{\text{сп}} \pm \varepsilon.$$

Знак «плюс» — для случая уменьшения размера при спекании, «минус» — для увеличения.

Размер рабочей части стержня

$$d_{\text{ст.р}} = d_{\text{пр}} \pm l_{\text{пр}}.$$

Знак «плюс» — при уменьшении отверстия в результате упругих последствий, «минус» — при увеличении.

#### 4.3.4. Расчет размеров пресс-форм

Первоначально для расчета пресс-форм необходимо определить: усилие пресса  $P$ ; усилие выталкивания  $P_{\text{выт}}$ ; ход верхнего пуансона  $H_{\text{в.п}}$ ; расстояние между столом пресса в нижнем положении и ползуном в верхнем положении  $H_{\text{р}}$ ; ход выталкивателя пресса  $H_{\text{выт}}$ .

Усилие пресса выбирают на основании усилия прессования  $P_{\text{пр}}$  изделия:

$$P_{\text{пр}} = pS,$$

где  $p$  — давление прессования;  $S$  — площадь проекции детали на горизонтальную плоскость.

Усилие выталкивания

$$P_{\text{выт}} = kP_{\text{пр}},$$

где  $k = 1,25 \dots 1,3$  — коэффициент запаса.

Ход верхнего пуансона  $H_{\text{в.п}}$  (рис. 4.6) складывается из расстояния  $h_1$  от нижнего торца верхнего пуансона до верхнего торца матрицы и величины осевого сжатия  $h_2$  порошка:

$$H_{\text{в.п}} = h_1 + h_2.$$

Расстояние  $h_1$  зависит от принятого метода засыпки шихты в формующую полость пресс-формы. Для стационарных пресс-форм при массовой объемной дозировке, производимой вне пресса, это расстояние должно обеспечивать возможность удобной засыпки

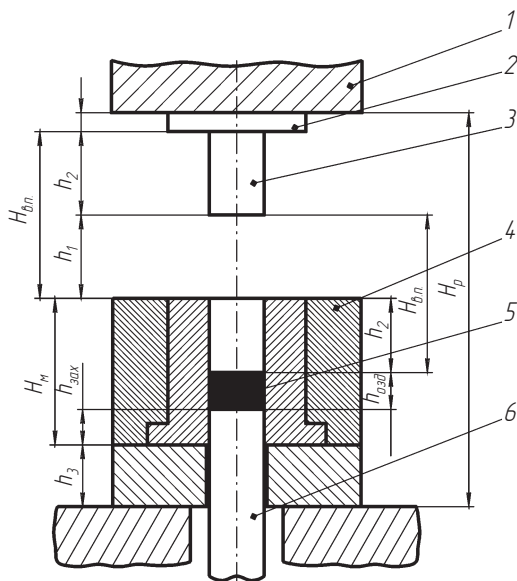


Рис. 4.6. Схема для расчета размеров пресс-формы:  
1 — ползун; 2 — плита; 3 — пуансон; 4 — пресс-форма; 5 — прессовка; 6 — вы-  
талкиватель

порции шихты в полость матрицы. В этом случае величина  $h_1$  зависит от устройства, предназначенного для транспортировки шихты от места дозирования до формирующей полости. Обычно эта величина составляет не менее 40 мм.

Величина осевого сжатия порошка

$$h_2 = h_{\text{изд}} \left( \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{н}}} - 1 \right),$$

где  $h_{\text{изд}}$  — высота изделия;  $\rho_{\text{п}}$ ,  $\rho_{\text{н}}$  — соответственно, плотность прессовки и насыпная плотность порошка.

Необходимое для установки пресс-формы расстояние  $H_p$  определяется как сумма

$$H_p = H_{\text{м}} + H_{\text{в.п}} + h_3 + h_4,$$

где  $H_{\text{м}}$  — высота матрицы;  $h_3$  и  $h_4$  — толщина плит, соответственно, верхнего пуансона и матрицы.

Высота изделия связана с ходом выталкивателя пресса  $H_{\text{выт}}$  следующей зависимостью:

$$H_{\text{выт}} \geq \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{нmin}}} h_{\text{изд}},$$

где  $\rho_{\text{нmin}}$  — минимальная насыпная плотность порошка.

## 4.4. Конструкции съемных разборных пресс-форм

Пресс-формы для формования изделий из порошков классифицируют:

- по эксплуатационным особенностям — съемные и стационарные;
- способу прессования — односторонние и двусторонние;
- способу извлечения изделий — разборные и неразборные;
- конструкции используемых прессов — универсальные и специализированные.

**Съемные разборные пресс-формы для универсальных прессов** предназначены для изготовления небольших экспериментальных партий изделий из металлических порошков, а также используются при отработке технологии холодного формования и при определении оптимальной формы изделия. Экономически целесообразно использовать при этом широко распространенные гидравлические универсальные прессы для прессования пластмасс. Такие пресс-формы воспроизводят одностороннее и последовательное двустороннее формование.

Съемная пресс-форма для изготовления изделий типа «втулка» представлена на рис. 4.7.

Пресс-форма состоит из матрицы 3, расположенной в обойме 1; в рабочем отверстии матрицы установлен пуансон 2, а для уплотнения порошка используется пуансон 4. Для реализации схемы двустороннего формования, а также для выталкивания изделия 7 в конструкции пресс-формы предусмотрены проставка 5, опоры 8, 9 и стержень 6.

Формование изделий выполняется в несколько приемов. Предварительно осуществляется засыпка порошка (рис. 4.7, а), после

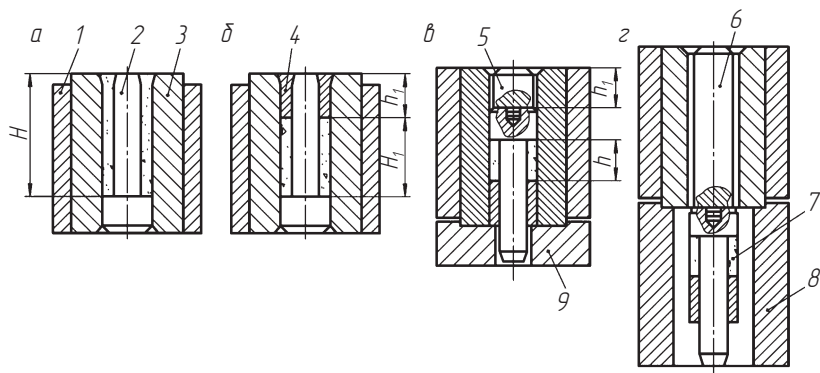


Рис. 4.7. Технологическая схема выполнения операций формования втулок в съемной пресс-форме:

*а* – засыпка порошка; *б* – установка пуансона и прессование; *в* – переворот пресс-формы и установка ее на опору; *г* – выталкивание изделия из пресс-формы; 1 – обойма; 2, 4 – пуансоны; 3 – матрица; 5 – проставка; 6 – стержень; 7 – изделие; 8, 9 – опоры

чего в матрицу 3 устанавливается пуансон 4 и производится одностороннее формование изделия (рис. 4.7, б). Затем пресс-форма переворачивается и размещается на опоре 9 (рис. 4.7, в), при этом на торце пуансона 2 устанавливается проставка 5, к которой прикладывается давление пресса и осуществляется формование изделия 7 с противоположной стороны. Такая последовательность приемов соответствует схеме двустороннего последовательного уплотнения.

Для выталкивания изделия 7 пресс-форма в таком положении устанавливается на опору 8 (рис. 4.7, г), а на место проставки 5 ставится стержень 6, который после приложения к нему усилия пресса выталкивает изделие 7 вместе с пуансоном 2. Затем изделие 7 отделяется от пуансона 2; пресс-форма приводится в исходное положение, и цикл повторяется.

При проектировании опытных пресс-форм для определения размеров рабочих частей следует пользоваться следующими соотношениями (см. рис. 4.7):

□ при двустороннем прессовании

$$h_1 = \frac{H - h}{2};$$



□ при одностороннем формовании

$$h_1 = H - h,$$

где  $H$  — высота загрузочной камеры матрицы, которая определяется по формуле

$$H = kh,$$

где  $h$  — высота изделия;  $k$  — коэффициент высоты засыпки, зависящий от плотности изделия  $\rho_{\text{п}}$  и насыпной плотности порошка  $\rho_{\text{н}}$ , причем

$$k = \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{н}}}.$$

При осуществлении двустороннего формования (см. рис. 4.7) верхний пуансон  $4$  перемещается на уровень  $H_1$ , который определяется из соотношения

$$H_1 = H - h_1.$$

**Съемная пресс-форма для продольно-последовательного прессования** длинномерных втулок из хрупких труднопрессуемых порошков представлена на рис. 4.8.

Пресс-форма включает подкладку  $1$ , кольцо промежуточное  $2$ , матрицу составную  $3$ , пуансон составной  $4$ , ограничитель  $5$ , стержень составной  $6$ .

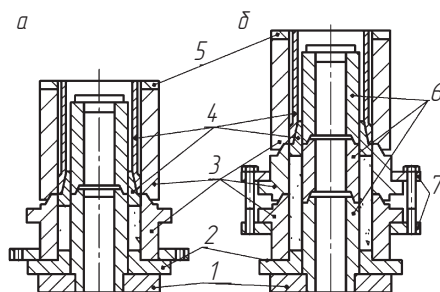


Рис. 4.8. Технологические схемы формования длинномерных втулок в съемной пресс-форме:

$a$  — прессование первой части заготовки;  $b$  — прессование последующей части заготовки

Верхние части составных матриц и стержня образуют загрузочную полость, нижние части — формообразующую. Составные части матриц и стержня устанавливаются последовательно друг на друга, а их количество определяется числом последовательно прессуемых частей заготовки. Пуансон 4 выполнен составным и включает нижнюю прессующую часть и верхнюю передающую усилие втулку. Составные части пресс-формы скреплены между собой замковыми элементами 7.

Процесс формообразования изделия заключается в последовательном прессовании отдельных частей заготовки. Сначала прессуют первую часть заготовки, после чего из пресс-формы извлекают составной пуансон, специальной иглой взрыхляют торцовую часть заготовки. Затем устанавливают промежуточные части стержня и матрицы, стягивают их с помощью специального замка 7, наращивают загрузочную часть пресс-формы, засыпают следующую порцию порошка, устанавливают пуансон и нагружают его до давления прессования первой части заготовки. Далее цикл прессования повторяется (обычно два — четыре) до получения заготовки необходимой высоты.

**Съемная комбинированная пресс-форма** (рис. 4.9) позволяет реализовать прессование втулок и колец или последующую их калибровку после спекания. Пресс-форма состоит из матрицы 1, центрального стержня 2, пуансонов для прессования и калибрования 3, 4. Матрица выполнена в форме ступенчатого отверстия. Диаметр первой ступени  $D_1$  равен наружному диаметру прессуемой заготовки; диаметр второй ступени  $D_2$  равен наружному диаметру готового изделия. Центральный стержень 2 имеет три ступени. Диаметр первой ступени  $d_1$  равен внутреннему диаметру заготовки; диаметр второй ступени стержня  $d_2$  равен диаметру отверстия готового изделия; диаметр третьей ступени  $d_3$  равен диаметру первой ступени отверстия матрицы:

$$d_3 = D_1.$$

Пресс-форма работает следующим образом. Перед прессованием стержень опускается в нижнее положение до упора конусного бурта в выступ отверстия матрицы; в образовавшуюся полость засыпается порошок и вставляется пуансон (рис. 4.9, а, слева). При его опускании порошок уплотняется (рис. 4.9, а, справа). Спрессо-

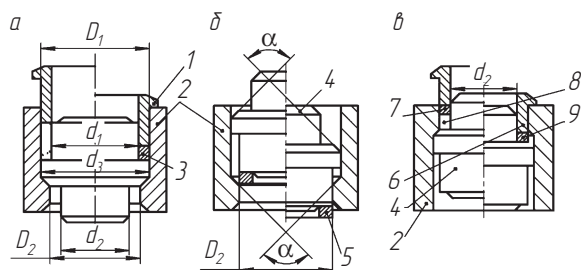


Рис. 4.9. Технологические схемы прессования заготовки и последующей калибровки в съемной комбинированной пресс-форме: *a* — прессование заготовки; *б* — калибровка заготовки по внешней поверхности; *в* — калибрование заготовки по внешней и наружной поверхности; 1, 6 — пуансоны, соответственно, для прессования и калибрования; 2 — матрица; 3 — прессовка; 4 — стержень центральный; 5 — изделие после спекания и калибровки по наружному диаметру; 7 — изделие перед калибровкой; 8 — калибровочная полость; 9 — деталь после калибровки по наружной и внутренней поверхности

ванная заготовка выталкивается из матрицы движением стержня в направлении, обратном прессованию. Спрессованные заготовки подвергаются спеканию.

При калибровке внешней поверхности спеченную заготовку устанавливают в конусное отверстие матрицы и проталкивают движением стержня (рис. 4.9, б). Для одновременного калибрования внешней и внутренней поверхности пресс-форму переворачивают на  $180^\circ$ , заготовку устанавливают над щелью между второй ступенью отверстия матрицы и стержнем, который находится в верхнем положении (рис. 4.9, в, слева). Затем движением пуансона вниз заготовку проталкивают через щель, извлекают стержень и снимают с него готовое изделие.

Съемные пресс-формы могут использоваться для изготовления промышленных партий изделий. Примером являются многоместные пресс-формы для прессования алмазных брусков. Пресс-формы компактны, имеют малую металлоемкость, удобны в эксплуатации, обеспечивают свободное извлечение изделий после разъема матриц, легко реставрируются и эксплуатируются.

**Одноуровневая съемная пресс-форма** (рис. 4.10, а) состоит из обоймы 2, в которую при помощи клина 3 закреплены разъемные матрицы 5. В камеры, образованные матрицами и нижними

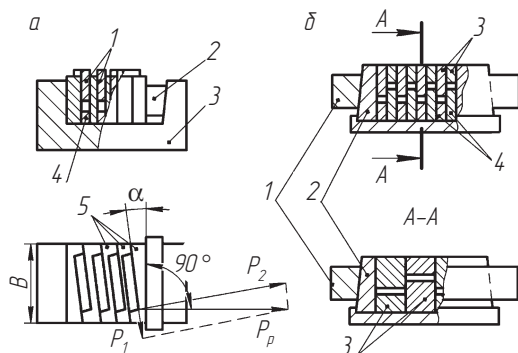


Рис. 4.10. Схемы съемных пресс-форм:  
 а — одноуровневой; б — двухуровневой

пуансонами 4, засыпают порошок и проводят прессование пуансонами 1.

Особенность данной конструкции пресс-формы состоит в том, что плоскость разъема матриц, являющихся продолжением боковых сторон прессуемого бруска, наклонена к плоскости зажима клином под углом  $\alpha$ . Угол  $\alpha$  выбирается в пределах  $5...30^\circ$  исходя из условия

$$\alpha = \frac{\arctg b}{l},$$

где  $b$  — ширина бруска;  $l$  — длина бруска.

В этом случае равнодействующая  $P_p$  боковых сил  $P_1, P_2$ , действующих на матрицу в процессе прессования, параллельна усилию зажима клином. При этом исключается смещение частей матрицы относительно друг друга в процессе прессования.

**Двухуровневая съемная пресс-форма** (рис. 4.10, б) обеспечивает более высокую производительность, большее количество мест по сравнению с одноуровневой, а значит, и большую производительность. Она состоит из круглой с внутренним конусом обоймы 1, в которую вставляется матрица 2, образующая общую камеру. Длина и ширина общей камеры кратны размерам бруска. В общую камеру помещаются верхний 3 и нижний 4 пуансоны, имеющие различные по высоте размеры. В результате камеры для прессования брусков размещаются в шахматном порядке на двух уровнях.

Конструкции съемных разборных пресс-форм обеспечивают формообразование изделий сложной геометрической формы. На рис. 4.11 представлена схема пресс-формы для изготовления заготовки корпусной детали. Пресс-форма состоит из разъемной корпусной матрицы 4, помещенной в обойму 5, верхнего 1 и нижнего 6 пуансонов, составного ступенчатого стержня 3 и приставок 7, 8.

Пресс-форма работает следующим образом. Первоначально производится сборка пресс-формы; обойма 5 и матрица 4 помещаются на приставку 7. В матрицу устанавливается нижний пуансон 6, составной стержень 3 и верхний наружный пуансон 2. Пластифицированным порошком заполняют образованную полость. На торец верхнего наружного пуансона 2 устанавливают приставку 8, а в отверстие вводят внутренний пуансон 1 и производят предварительное прессование путем передачи усилия через приставки 7, 8. Затем приставки убирают окончательно и прессование осуществляется пуансонами 1, 6. Полученную заготовку удаляют путем разборки пресс-формы.

**Конструирование пресс-формы** и деталей предусматривает выбор посадок, назначение допусков и отклонений линейных размеров, формы и расположения, определение параметров шероховатости.

На рис. 4.12 приведена схема пресс-формы, на примере которой рассматриваются некоторые вопросы конструирования съемных пресс-форм.

В зависимости от выполняемых функций поверхности деталей пресс-форм делятся на формообразующие, сопрягаемые подвижные, сопрягаемые неподвижные, в том числе опорные, свободные. Одним из наиболее ответственных моментов конструирования является выбор допусков на размеры сопрягаемых подвижных деталей. Этим выбором определяется величина зазора, оказывающая решающее влияние на долговечность пресс-формы и качество получаемых изделий.

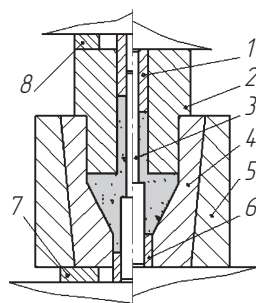


Рис. 4.11. Схема разъемной пресс-формы для формования заготовки корпуса

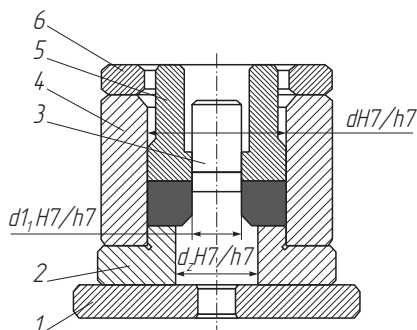


Рис. 4.12. Конструктивная схема пресс-формы:

- 1 — подкладка; 2 — кольцо промежуточное; 3 — сердечник; 4 — матрица;  
5 — пуансон; 6 — ограничитель

Существуют два подхода к выбору допусков. В первом случае пресс-форму рассматривают как обычный объект машиностроительного производства. Величина зазора в подвижных сопряжениях определяется качеством точности изготовления сопрягаемых деталей, величиной их номинальных размеров, видом посадки и не зависит от дисперсности прессуемого порошка. В этом случае процесс изготовления пресс-формы может быть полностью унифицирован с точки зрения последовательности технологических операций, использования универсального металлорежущего и мерительного инструмента.

Во втором случае основным критерием для выбора зазора является требование в максимальной степени исключить возможность попадания в зазор частиц порошка. Величина зазора определяется крупностью самой мелкой фракции прессуемого порошка и в большинстве случаев выбирается равной 5...15 мкм независимо от номинальных размеров сопрягаемых деталей. Пресс-формы изготавливаются по индивидуальному технологическому процессу с использованием специального оборудования, инструмента, приспособлений. Эксплуатация пресс-форм с уменьшенными зазорами требует поддержания высокой точности прессового оборудования и высокой культуры производства.

При назначении допусков на отклонения геометрической формы и взаимного расположения элементов поверхности исходят из следующих норм: отклонение от плоскостности верхней

торцевой поверхности матрицы — не более  $0,01/100$  мм; отклонение от перпендикулярности образующей внутренней поверхности матрицы к верхней торцевой поверхности — не более  $0,02/100$  мм; отклонение от параллельности опорных поверхностей верхнего

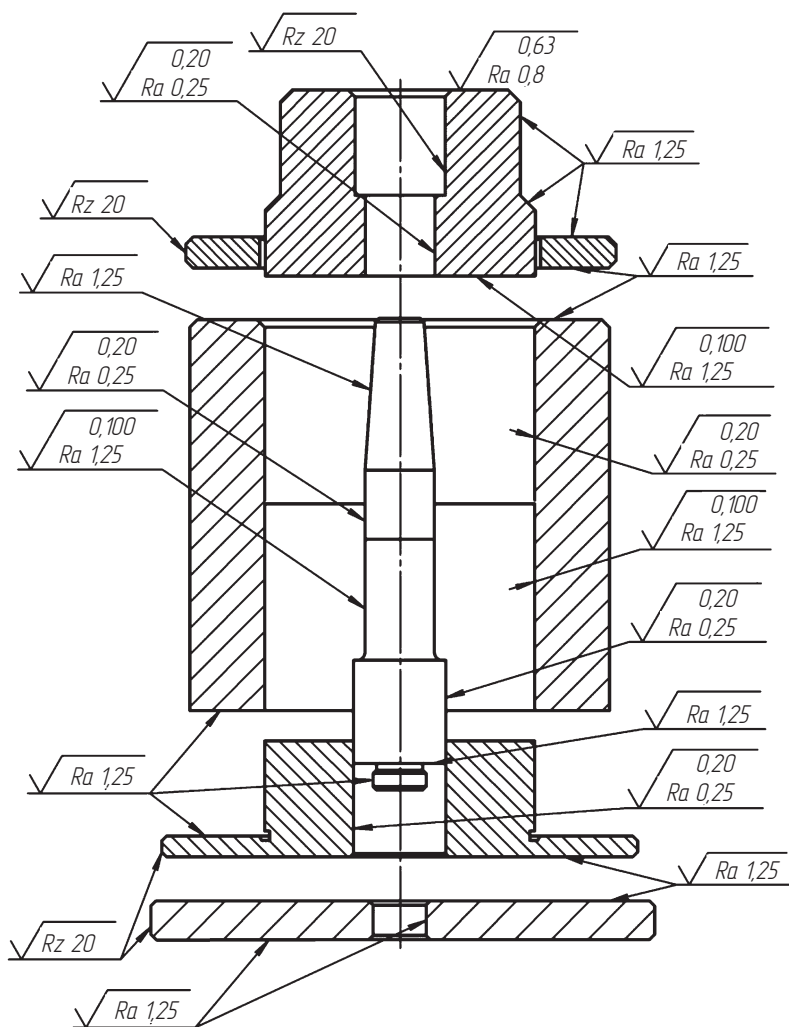


Рис. 4.13. Параметры шероховатости основных деталей съемных пресс-форм

и нижнего пуансонов и стержня относительно верхней торцовой поверхности матрицы — не более  $0,01/100$  мм; отклонение от параллельности хода прессующего пуансона, стержня и выталкивателя относительно внутренней поверхности матрицы — не более  $0,02/100$  мм; отклонение от перпендикулярности направляющих поверхностей колонок относительно верхней торцовой поверхности матрицы — не более  $0,02/100$  мм; отклонение от параллельности плоскостей прилегания опорных плит, подставок — не более  $0,01/100$  мм; эксцентриситет, конусность, овальность в пределах допуска на диаметр.

Типовые требования к шероховатости поверхности деталей пресс-форм представлены на рис. 4.13 (см. с. 379). В условиях устойчивой номенклатуры порошковых изделий используют принцип нормализации деталей пресс-форм, который является базой автоматизации технологической подготовки производства.



## 4.5. Стационарный неразборный инструмент

### 4.5.1. Основные узлы стационарного инструмента

Стационарный специальный инструмент состоит из двух основных узлов: пресс-блока и пресс-формы. *Пресс-блок* конструируется и изготавливается как дополнение к универсальному прессу или как составная часть специализированного пресса. Это позволяет наиболее полно использовать технические возможности оборудования. *Пресс-форма* проектируется для формообразования конкретного изделия и предназначена для эксплуатации на определенном пресс-блоке.

При проектировании пресс-блока производится размерная привязка к прессу, а при проектировании пресс-формы производится привязка к пресс-блоку.

В общем случае пресс-блок состоит из следующих основных деталей и узлов: плиты верхних пуансонов; плиты матриц с гнездами под толкатели подвижных упоров или без них; плиты нижних пуансонов с местами крепления подвижных упоров или без них; плиты стержней или узла крепления стержней; направляющих колонок и втулок, связывающих все плиты пресс-блока дозатора; узла крепления блока к прессу; узла смазки.



Основные требования к пресс-блокам следующие:

- оптимальное использование пространства пресса с целью возможности формования изделия, максимального по площади и высоте;
- максимальная жесткость пресс-блока, позволяющая формировать изделия при максимальном усилии пресса;
- возможность автоматизации процесса формования, для чего при проектировании пресс-блока необходимо предусмотреть места крепления дозирующего устройства и приемного столика или транспортера для прессуемых изделий;
- обеспечение быстрой смены пресс-формы или отдельных частей инструмента;
- возможность установки многогнездовых пресс-форм в случае необходимости.

Если номенклатура изделий все время расширяется и заранее не известно, какие из них будут прессоваться на данном пресс-блоке, в конструкции пресс-блока необходимо предусмотреть возможность установки пресс-форм с несколькими верхними и нижними пуансонами для изготовления изделий всех групп сложности.

Основными преимуществами инструментальных пресс-блоков являются уменьшение металлоемкости пресс-формы, сокращение времени на их изготовление, проектирование и наладку.

#### 4.5.2. Стационарные пресс-блоки

**Пресс-блоки для универсальных прессов.** На рис. 4.14 изображен инструментальный пресс-блок для прессования втулки с буртом, предназначенный для эксплуатации на универсальном гидравлическом прессе.

Блок состоит из следующих деталей: верхней плиты 1 с установленным на ней пуансоном 2 (можно установить и большее число верхних пуансонов); выталкивателя 3, передвигающегося по направляющим 4, и верхних направляющих колонок 5. Матрица 7 крепится крышкой 6 в плите 8, которая поджимается пружинами 9, находящимися в комбинированных колонках-втулках 10. Наружный нижний пуансон 11 закреплен на подвижной подпружиненной плите 12 (ограничители для плиты 8, а также колонки и втулки для плиты на чертеже не показаны). Нижний внутрен-

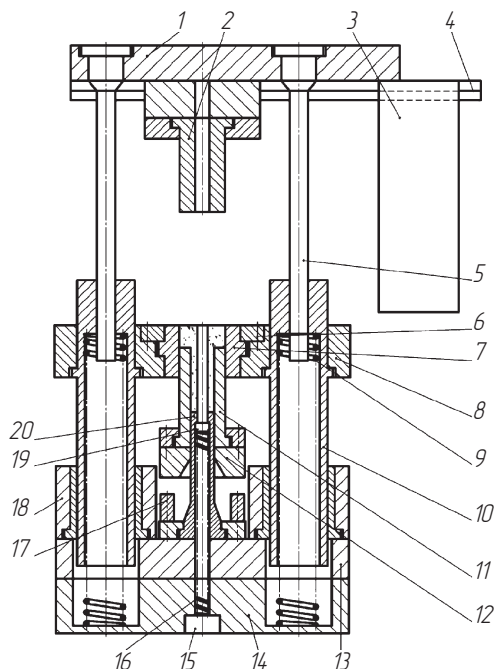


Рис. 4.14. Стационарный пресс-блок в сборе для универсального пресса

ний пуансон 20 закреплен на промежуточной плите 13. В нижней плите 14 размещена пробка 15 для пружины 16 и центрального стержня 19. Плита 18 предназначена для направления движения верхней подвижной части пресс-блока относительно нижней неподвижной. Вилка 17 является упором в процессе прессования.

Пресс-блок работает следующим образом. Навеска порошка заполняет полость, ограниченную стенками матрицы 7, пуансона 11 и стержня 19. При рабочем движении верхнего пуансона 2 происходит перемещение вниз и наружного нижнего пуансона 11 до упора на вилку 17. При обратном ходе пуансона спрессованная заготовка совместно с матрицей и наружным пуансоном 11 поднимается вверх.

Удаление прессовки производится в такой последовательности: в рабочую зону по направляющим 4 перемещается выталкиватель 3, предназначенный для передачи усилий от верхней плиты 1

на плиту 8. Опорная вилка 17 из блока убирается. При вторичном движении ползуна пресса спрессованная заготовка совместно с матрицей и наружным пуансоном 11 перемещаются относительно неподвижного внутреннего пуансона 20, который выполняет функции выталкивателя. Далее цикл повторяется. Удаление и установка вилки 17, а также перемещение выталкивателя 3 производится вручную.

**Пресс-блоки для специальных прессов.** На рис. 4.15 представлен специальный пресс-блок в сборе с пресс-формой, предназначенный для автоматизированного пресса. Наиболее характерными изделиями, изготавливаемыми на пресс-автоматах, являются втулки и стаканы. Пресс-форма предназначена для формования втулок, деталей типа «стакан».

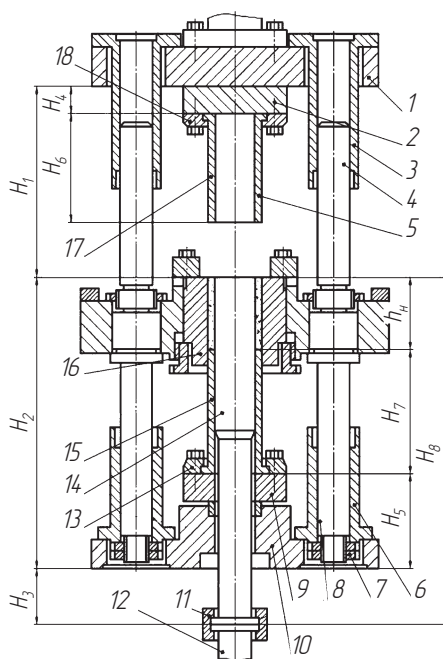


Рис. 4.15. Стационарный пресс-блок для автоматизированного пресса: 1 — плита верхняя; 2 — плита промежуточная; 3, 6 — втулки; 4, 8 — колонки; 5 — плита матрицы; 7 — гайки; 10 — плита нижняя; 11 — скоба; 12 — шток пневмоцилиндра; 9 — плита опорная; 13, 18 — пуансонодержатели; 14 — центральный стержень; 15 — пуансон нижний; 16 — матрица; 17 — пуансон верхний

Формообразование изделия осуществляется следующим образом. Порошок питателем пресса (на рис. 4.15 не показан) подается в полость матрицы 16, ограниченную центральным стержнем 14 и нижним пуансоном 15. Верхним пуансоном 17 производится уплотнение порошка. При этом по мере уплотнения порошка вниз перемещается центральный стержень 14 и матрица 16. Удаление прессовки осуществляется нижним пуансоном 15.

### 4.5.3. Расчет пресс-блоков

Цель расчета — определение высотных размеров верхних, нижних пуансонов и стержней.

Данные пресса:  $H_{\text{п}}$  — ход формирующей головки,  $H_{\text{в}}$  — ход выталкивателя (максимальный).

Данные штампового блока (см. рис. 4.15):  $H_1$  — расстояние от нижнего торца верхней плиты до зеркала матрицы;  $H_2$ ,  $H_{2\text{max}}$ ,  $H_{2\text{min}}$  — соответственно, номинальное, максимальное и минимальное расстояние от зеркала матрицы до нижнего торца плиты выталкивателя;  $H_3$ ,  $H_{3\text{max}}$ ,  $H_{3\text{min}}$  — соответственно, номинальное, максимальное и минимальное расстояние от торца штока цилиндра стержней до нижней поверхности плиты выталкивателя;  $H_4$  — толщина прокладки;  $H_5$  — толщина набора плит;  $H_6$  — высота пуансона;  $H_7$  — высота выталкивателя;  $H_8$  — расстояние от зеркала матрицы до торца штока цилиндра стержней.

Ход  $H_{\text{в}}$  нижнего пуансона (выталкивателя)

$$H_{\text{в}} = h_{\text{н}} = H_{2\text{max}} - H_{2\text{min}},$$

где  $h_{\text{н}}$  — насыпная высота изделия:

$$h_{\text{н}} = \frac{\rho_{\text{и}}}{\rho_{\text{п}}} h_{\text{и}},$$

где  $\rho_{\text{и}}$ ,  $\rho_{\text{п}}$  — плотность изделия и порошка, соответственно;  $h_{\text{и}}$  — высота изделия.

Высота  $H_6$  верхнего пуансона 17 определяется из соотношений:

$$\begin{aligned} H_1 + h_{\text{н}} &= H_4 + H_6 + H_{\text{п}} + H_{\text{и}}; \\ H_6 &= H_1 + h_{\text{н}} - (H_{\text{п}} + H_4 + h_{\text{и}}). \end{aligned} \quad (4.1)$$

Высота нижнего пуансона (выталкивателя) 15 определяется из соотношения

$$H_7 = H_{2\max} - (H_{\text{в}} + H_5). \quad (4.2)$$

Максимальная длина  $H_8$  стержня 5 определяется из соотношений:

$$H_8 = (H_{2\max} + H_{3\max}) - (H_{\text{в}} - h_{\text{н}}) - \frac{1}{3}h_{\text{н}};$$

$$H_8 = (H_{2\max} + H_{3\max}) - H_{\text{в}} + \frac{2}{3}h_{\text{н}}.$$

Сменная пресс-форма для изготовления прессовок типа «стакан», устанавливаемая на пресс-блок (рис. 4.16), состоит из верхнего пуансона 1, матрицы 2, центрального пуансона 4 и нижнего пуансона 3.

Пресс-форма работает следующим образом. Полость матрицы, образованная нижним пуансоном и выталкивателем, из питателей пресса заполняется порошком. Пуансон верхний 1 перемещается

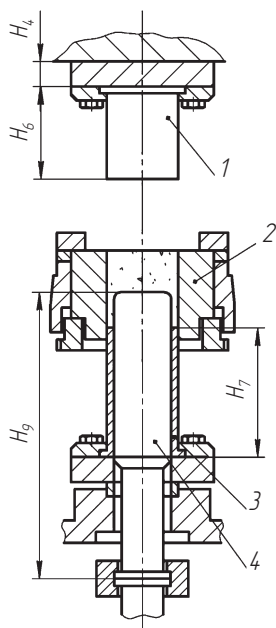


Рис. 4.16. Пресс-форма для формирования стакана на пресс-автомате:  
1 — пуансон верхний; 2 — матрица; 3 — нижний пуансон; 4 — центральный пуансон

вниз, уплотняя при этом порошок. Одновременно вниз перемещается матрица 2 и центральный пуансон 4. Таким образом осуществляется двустороннее прессование.

Центральный пуансон опускается до тех пор, пока шток цилиндра стержней не придет во взаимодействие с регулируемым упором, смонтированным в прессе, после чего окончательно уплотняются донная часть и боковые стенки прессовки. Высота  $H_6$  пуансона 1 и высота  $H_7$  пуансона 3 определяются по формулам (4.1) и (4.2).

Центральный пуансон перемещается вниз до упора на величину  $S$ :

$$S = (h_{\text{н}} - h_{\text{д.н}}) - (h - h_{\text{д}}),$$

где  $h_{\text{н}}$  — насыпная высота стенки прессовки;  $h_{\text{д.н}}$  — насыпная высота дна;  $h$  — конечная высота прессовки;  $h_{\text{д}}$  — конечная толщина дна.

Длина  $H_9$  центрального пуансона

$$H_9 = H_3 + H_5 + H_7.$$

## 4.6. Типовые конструкции сменных пресс-форм



### 4.6.1. Изделия, получаемые на пресс-автоматах

Всю номенклатуру изделий, получаемых на пресс-автоматах, условно можно разделить на две группы:

- изделия с наружным буртом;
- полые изделия.

**Пресс-форма для изготовления втулок с наружным буртом** (рис. 4.17) содержит матрицу 11, закрепленную крышкой 6 в корпусе 5. В держателе 14 расположен нижний пуансон 13, который через матрицу удерживается в исходном положении пружиной 12 и крышкой. Корпус, в свою очередь, крепится в матричной плите пресс-блока 4 гайкой 3. На выталкивателе пресса через прокладку 15 пуансонодержателем 1 крепится выталкиватель 2, в отверстии

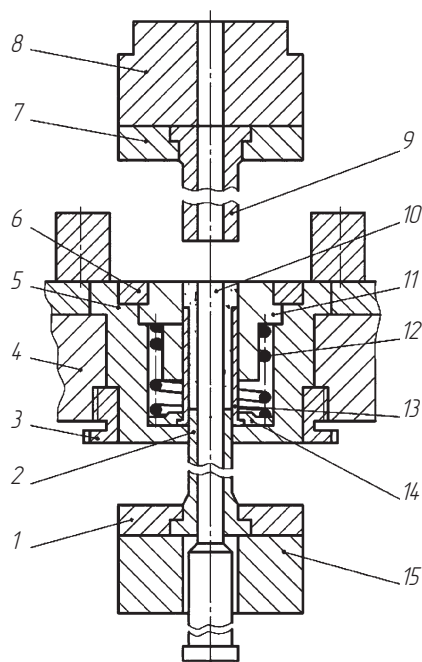


Рис. 4.17. Пресс-форма для формирования втулки с буртом

которого расположен стержень 10. К верхней плите блока на подкладке 8 пуансонодержателем 7 крепится верхний пуансон 9.

Пресс-форма работает следующим образом. Порошок заполняет насыпную камеру, образованную стенками: матрицы 11, пуансона 13, выталкивателя 2 и стержнем 10. После заполнения камеры пуансон 9 осуществляет формование.

Процесс формования протекает в два этапа. На *первом этапе* происходит перемещение вниз матрицы 11 и пуансона 13 относительно выталкивателя 2. При этом оформляется цилиндрическая часть прессовки. После матричная плита пресс-блока 4 садится на упоры, смонтированные в прессе. На *втором этапе* пуансоном 13 формируется наружный бурт детали. На этом процесс формообразования заканчивается; верхний пуансон 9 возвращается в исходное положение. Извлечение прессовки из полости матрицы производится выталкивателем 2. В результате контактного трения на сопрягаемой поверхности пуансона 13 и прессовки пуансон перемещается вверх совместно с прессовкой, сжимая при этом пружину.

Совместно с пуансоном поднимается держатель 14, который по мере подъема упирается в нижний торец матрицы 11 и останавливается. При этом верхний торец пуансона 13 совпадает с плоскостью зеркала матрицы. После выталкивания прессовки на уровень зеркала матрицы пуансон 13 пружиной 12 возвращается в исходное положение. С помощью привода, встроенного в пресс, плита пресс-блока перемещается в положение, предшествующее засыпке порошка. Далее цикл повторяется.

Недостатком данной конструкции при ее очевидной простоте является недостаточная надежность возврата пуансона 13 пружиной 12 вследствие его заклинивания частицами порошка в матрице.

Конструкция **пресс-формы для формования втулок с наружным зубчатым венцом** исключает возможное заклинивание подвижных частей и повышает надежность работы. Пресс-форма (рис. 4.18) устроена следующим образом.

Верхний пуансон 1 через подкладку 20 пуансонодержателем 19 крепится к ползуну пресса. В матричной плите пресс-блока на подкладке 3 установлен матричный блок, включающий сопрягаемые между собой разъемную матрицу 18, обойму 17 и фланец 2. Матричный блок крепится в пресс-блоке гайкой 14.

Выталкиватель 16, установленный в пуансонодержателе 15, закреплён на плите 13. Пуансонодержатель 10 и пуансон 11 зафиксированы на подвижной плите 5, перемещающейся по колонкам 12.

К штоку цилиндра стержней гайкой 7 через хвостовик 8 крепится опора 6, соединенная колонками 12 с плитой 13.

Пресс-форма работает следующим образом. Порошок из бункера-дозатора пресса поступает в полость матрицы. После заполнения верхний пуансон 1 перемещается вниз и осуществляет уплотнение порошка. Одновременно опускается вниз пуансон 11, формообразующий зубчатый венец. Выталкиватель 16 остается неподвижным. Перемещение пуансона 11 продолжается до нижнего упора, расположенного на прессе. На этом процесс формования заканчивается.

Пуансон 1 возвращается в исходное положение и одновременно происходит выталкивание прессовки. Оно осуществляется перемещением вверх выталкивателя 16, совместно с которым под действием сил трения поднимается пуансон 11. Подъем пуансона ограничивается верхним упором, установленным на прессе. В этом



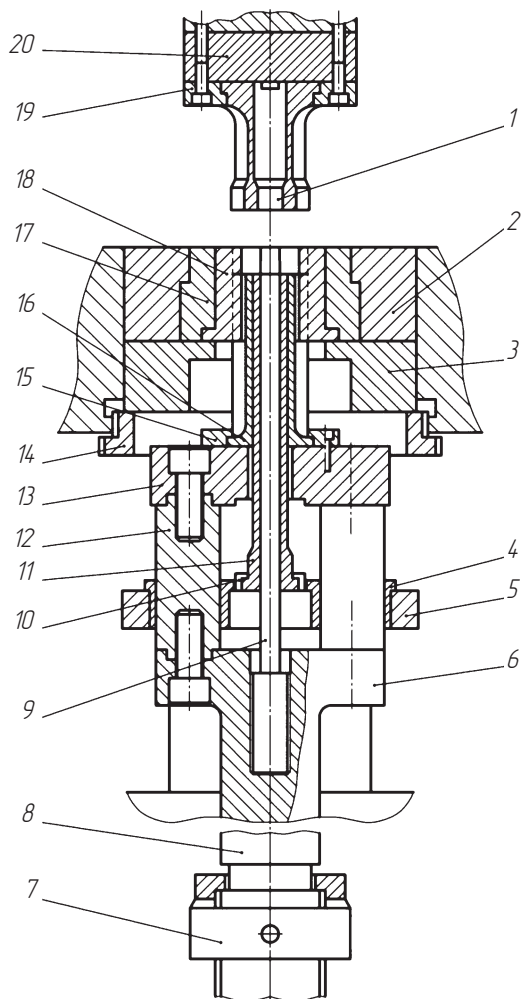


Рис. 4.18. Пресс-форма для формирования втулки с наружным зубчатым венцом:

1 — верхний пуансон; 2 — фланец; 3 — подкладка; 4 — втулка; 5 — плита; 6 — опора; 7, 14 — гайки; 8 — хвостовик; 9 — стержень; 10, 15, 19 — пуансонодержатели; 11 — пуансон; 12 — колонка; 13 — плита; 16 — выталкиватель; 17 — обойма; 18 — матрица разъемная; 20 — подкладка

положении верхний торец пуансона 11 расположен в плоскости зеркала разъемной матрицы 18, а выталкиватель 16 продолжает движение, окончательно удаляя прессовку из матрицы. Затем цикл повторяется.

Рассмотренные выше конструкции типовых пресс-форм предполагают постоянство насыпной высоты порошка в матрице. Насыпная высота рассчитывается и корректируется при доводке пресс-формы. В процессе производства порошок поставляемых партий отличается насыпной плотностью. Это приводит к изменению плотности изделий.

Конструкция *пресс-формы с регулируемой высотой насытки* позволяет регулировать размеры полости матрицы, а значит, и изменять насыпную высоту. В результате обеспечивается стабильная плотность изделий, независимо от насыпной плотности поставляемого порошка.

Пресс-форма устроена следующим образом (рис. 4.19). Верхний пуансон 3 пресс-формы через подкладку 1 пуансонодержателем 2 крепится к ползуну пресса. На выталкиватель пресса устанавливается плита 17, на которой находятся две призмы 9. На последних неподвижно установлена плита 14 с выталкивателем 7, закрепленным на ней посредством держателя 24.

В плиту 14 запрессованы две колонки 23, центрирующие через втулку 19 подвижную плиту 20, вертикальное положение которой устанавливается гайкой 21. Между плитами 20 и 14 находятся пружины 22. Сверху на плите 20 с помощью пуансонодержателей 8 закреплен подвижный пуансон 26, к нижней части плиты 20 прикреплены два упора 18. Матрица 27 установлена в кольце 4 и зафиксирована фланцем 5. Подставка крепится в плите матрицы штампового блока гайкой 25 и имеет два клина 6, которые взаимодействуют с роликами 12 двух ползушек 11, установленных с возможностью поступательного перемещения и взаимодействующих с пружиной 13. На ползушках установлены подвижные упоры 10. В отверстиях, выполненных в пуансоне 26, размещены стержни 16, которые крепятся к прессу разъемной втулкой 15.

Установленный на пресс инструмент загружается порошком и работает следующим образом. Пуансон 3 перемещается вниз, входит в матрицу и уплотняет порошок. Одновременно под действием усилия формования вниз перемещается пуансон 26, который,

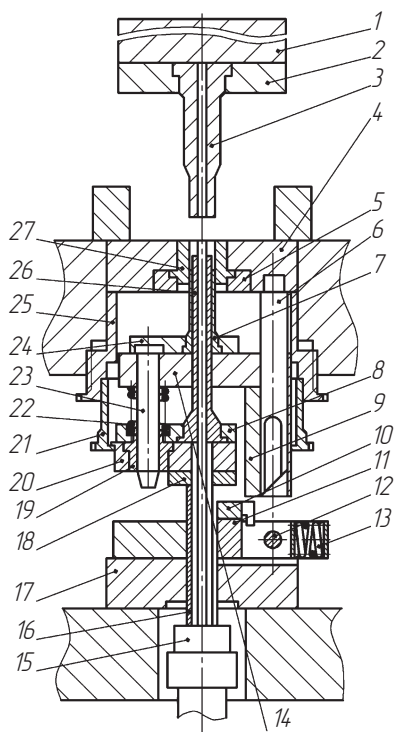


Рис. 4.19. Пресс-форма с регулируемой высотой насыпки

воздействуя на плиту 20 через гайки 21 и 25, перемещает матрицу вниз. Формование считается законченным после того, как упор 18 встанет на подвижный упор 10. После этого осуществляется процесс выталкивания, при котором вверх перемещаются плиты 17, 20 и выталкиватель 7, а клин 6 вступает во взаимодействие с роликом 12. Когда верхний торец выталкивателя придет на уровень плоскости матрицы, а торец пуансона 26 переместится вверх на высоту полости в формируемой детали, ползушка 11 выйдет из-под упора 18. Под действием пружин 22 плита 20 опустится, в результате чего торцы матрицы, пуансона 26 и выталкивателя окажутся в одной плоскости. В этот момент опускаются стержни 16, и деталь выталкивается.

Особенность рассмотренной конструкции заключается в том, что регулирование насыпной высоты над пуансоном 26 осуществляется гайкой 21.

### 4.6.2. Формообразующие детали сменных пресс-форм

**Матрицы** в пресс-формах бывают трех видов: сплошные, составные и сборные.

Сплошные матрицы изготавливаются цельными и применяются для прессования простых по форме изделий.

Составные матрицы сопрягаются по наружной поверхности с бандажными кольцами, компенсирующими внутренние растягивающие напряжения и увеличивающих стойкость инструмента.

Сборные матрицы образуют с другими деталями инструмента соединения, которые фиксируются крепежными элементами (винтами, штифтами).

Составные и сборные матрицы могут быть как цельные, так и разрезные. Разрезные, в свою очередь, бывают разъемными и неразъемными (рис. 4.20, *д, е, ж*). Конструкция матрицы определяется формой изделия и давлением прессования.

Сплошные матрицы (рис. 4.20, *а*) применяются при небольших нагрузках; составные цельные (рис. 4.20, *б*) — при больших нагрузках и при необходимости обеспечить жесткость конструкции. Матрицы, у которых отдельные части собираются по подвижным посадкам и скрепляются крепежными деталями (винтами), называются *сборными* (рис. 4.20, *в, г*).

Применение сборных матриц обуславливается сложной формой прессуемого изделия. Преимуществом составных и сборных матриц является возможность восстановления каждой секции путем перешлифовки, причем многократной. На рис. 4.20, *д–ж* приведены конструкции составных неразъемных матриц.

При проектировании *разрезных матриц* необходимо выбирать количество разрезов и их расположение, руководствуясь следующими принципами:

□ плоскости разреза должны быть расположены так, чтобы обеспечить свободную разборку секций разрезной матрицы для извлечения прессовки, которая может заклиниваться в результате действия сил упругого последействия (рис. 4.21, *а, б*);

□ плоскости разреза в матрицах, из которых извлечение прессовки производится выталкиванием, должны быть расположены так, чтобы предотвратить образование рисок на боковых поверхностях прессовки (рис. 4.21, *б*);

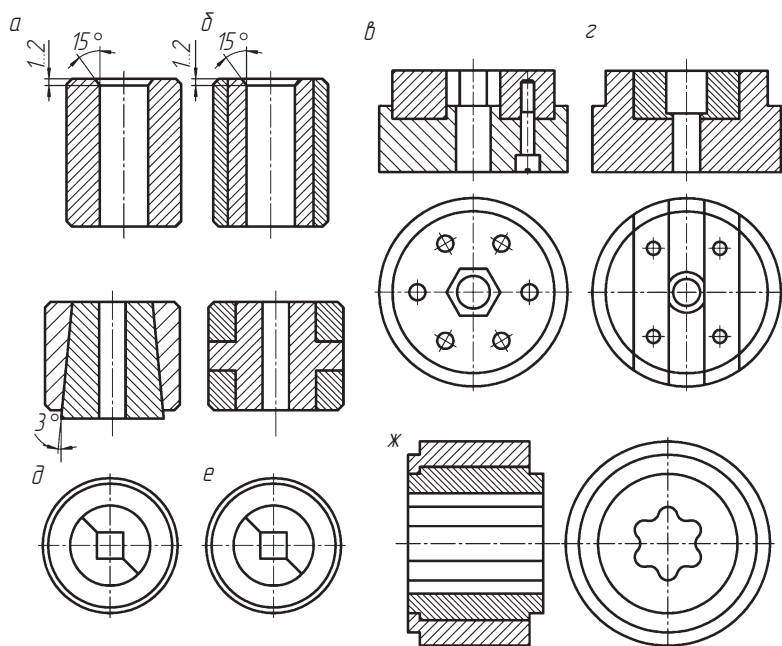


Рис. 4.20. Матрицы для холодного прессования:

*а* — сплошные; *б* — составные цельные; *в, г* — сборные; *д, е, ж* — разрезные неразъемные

□ следует избегать параллельных плоскостей в сечении одной секции, что обеспечит возможность восстановления размеров износившейся матрицы с помощью перешлифовки плоскостей разреза (рис. 4.21, *б, в*);

□ при симметричном сечении полости матрицы сечения каждой секции должны быть одинаковыми (рис. 4.21, *б-г*);

□ плоскости разреза должны быть по возможности радиальными: при этом упрощается технологический процесс изготовления разрезной матрицы и обеспечивается удобная подгонка секций (рис. 4.21, *а-д*);

□ плоскости разреза матриц, состоящих из трех и более секций, должны быть расположены таким образом, чтобы при совместной обработке наружных поверхностей секции не могли смещаться относительно друг друга в радиальном направлении (рис. 4.21, *д, е, ж*);

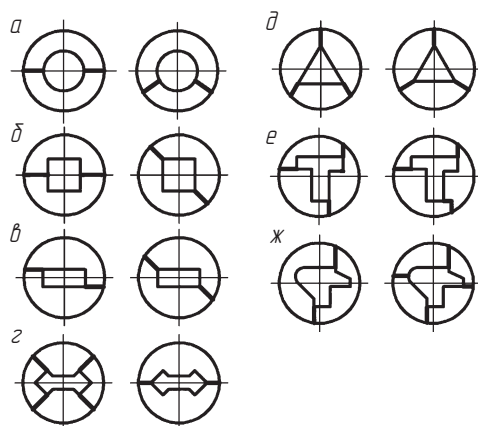


Рис. 4.21. Расположение плоскостей разреза разрезных матриц

□ плоскости разреза должны располагаться так, чтобы ни одна секция не имела узких глубоких пазов, труднодоступных для обработки (рис. 4.21, *ж*).

Входная кромка рабочей поверхности матрицы выполняется скошенной под углом  $15^\circ$  на длине 1...2 мм (такие входные кромки рекомендуется делать для всех матриц) или скругляется радиусом 1 мм.

Для получения качественных прессовок большое значение имеют конусы на матрицах и стержнях. Если их нет, то упругое последствие часто приводит к образованию поперечных трещин на прессовке во время извлечения ее из матрицы. Конусы на матрице и стержне также несколько снижают усилие выпрессовки заготовки, нагрузку на стержни, предохраняя от разрушения тонкостенные пуансоны и тонкие стержни.

Высоту конусной части матрицы следует выбирать исходя из высоты прессовки и схемы прессования. Максимальный диаметр конусной части матрицы не должен превышать диаметра прессовки. Для железных порошков величина упругого последствия составляет 0,5 % диаметра прессовки:

$$D_1 = 1,005D_M,$$

где  $D_1$  — максимальный диаметр прессовки;  $D_M$  — диаметр матрицы.

Угол конуса

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{D_1 - D_M}{2h},$$

где  $h$  — высота конуса.

Значения угла конуса  $\alpha$  в зависимости от диаметра и высоты конуса приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Значения угла конуса  $\alpha$ , град.

Высота конуса, мм	Диаметр матрицы $D_M$ , мм					
	6...10	10...14	14...18	18...24	24...30	30...40
3...5	0...13	0...18	0...24	0...31	0...39	0...52
5...8	0...8	0...11	0...16	0...20	0...25	0...33
8...12	0...5	0...3	0...10	0...14	0...16	0...21
12...18	0...4	0...5	0...8	0...9	0...11	0...15
18...26	—	0...4	0...5	0...6	0...8	0...10
26...36	—	0...3	0...4	0...5	0...6	0...8
36...50	—	0...3	0...3	0...3	0...5	0...5
50...68	—	—	—	0...3	0...3	0...4
68...90	—	—	—	—	0...3	0...3
90...110	—	—	—	—	0...3	0...3

Конструкцию матрицы с цилиндрической полостью рекомендуется выполнять в соответствии с рис. 4.22, а размеры назначать по табл. 4.3.

Таблица 4.3

Размеры круглых матриц (рис. 4.22), мм

$D$	$d_1$	$d_2$	$h_1$	$h_2$
20	35	42 <sub>-0,017</sub>	10 <sup>+0,03</sup>	30,5 <sub>-0,10</sub>
20,1...30	55	62 <sub>-0,02</sub>	10 <sup>+0,03</sup>	30,5 <sub>-0,10</sub>
39,1...50	85	92 <sub>-0,023</sub>	10 <sup>+0,03</sup>	30,5 <sub>-0,10</sub>
40	70	82 <sub>-0,023</sub>	15 <sup>+0,035</sup>	50,5 <sub>-0,12</sub>
40,1...60	100	112 <sub>-0,023</sub>	15 <sup>+0,35</sup>	50,5 <sub>-0,12</sub>
60,1...90	145	157 <sub>-0,027</sub>	15 <sup>+0,35</sup>	50,5 <sub>-0,12</sub>
90,1...110	170	182 <sub>-0,030</sub>	15 <sup>+0,35</sup>	50,5 <sub>-0,12</sub>

*Примечание.* Для всех размеров  $D$  значение  $H$  выбирается из ряда: 40, 50, 60, 65, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 165 мм.

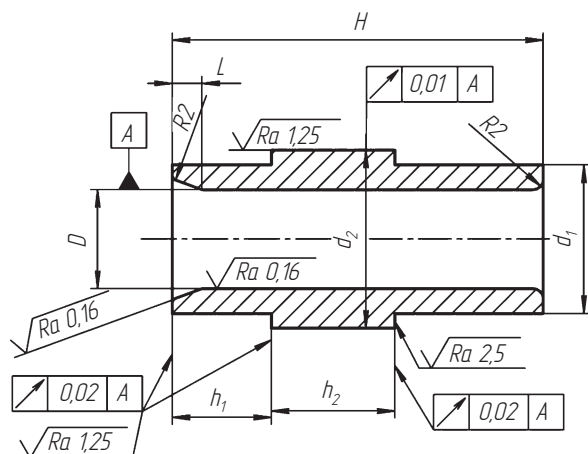


Рис. 4.22. Чертеж цельной матрицы

**Пуансоны** подвергаются действию сжимающей нагрузки. При конструировании пуансонов следует максимально сокращать их длину, что обеспечит технологичность их изготовления, устойчивость и жесткость. Площадь опорной поверхности пуансонов необходимо в 1,5–2 раза увеличивать по сравнению с площадью рабочего торца. Это обусловлено невысокой твердостью подкладных плит, изготавливаемых из малоуглеродистых сталей. Посадочная часть пуансонов сложного профиля выполняется простой формы. Максимальные размеры посадочной части должны быть близки к габаритным размерам рабочего контура пуансона.

Рабочие пояски верхних пуансонов выполняются достаточно большими (15...20 мм) как снаружи, так и изнутри. Это делается для подшлифовки торцов при их закруглении в процессе эксплуатации.

На рис. 4.23 приведены схемы крепления верхних пуансонов. Крепление фланцем (рис. 4.23, а) или гайкой (рис. 4.23, б) позволяет центрировать их относительно матрицы и стержня независимо от того, обеспечивает или нет пресс-форма их соосность. Если соосность верхнего ползуна, матрицы и выталкивателя обеспечивается конструкцией пресса, то крепление пуансонов осуществляется винтом (рис. 4.23, в) или шариком (рис. 4.23, г).



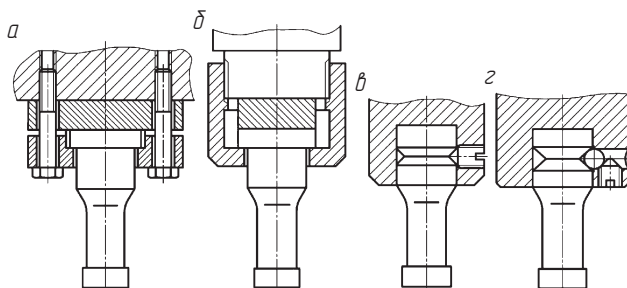


Рис. 4.23. Схемы крепления верхних пуансонов:  
 а — фланцем; б — гайкой; в — винтом; г — шариком

*Твердосплавные пуансоны* состоят из двух частей: твердосплавной рабочей части и стального основания. Крепление такого пуансона показано на рис. 4.24, а. Профильная часть пуансона изготавливается на 15...20 мм больше глубины захода в матрицу, т.е. с учетом перешлифовок торца. Крепление пуансона к съемному основанию осуществляется болтами, штифтами. В некоторых случаях толщина стенки пуансона недостаточна для того, чтобы в нем выполнить отверстие под болты. Крепление тонкостенного пуансона к фланцу осуществляется посредством разъемного кольца (рис. 4.24, б) или при помощи легкоплавкого сплава (рис. 4.24, в).

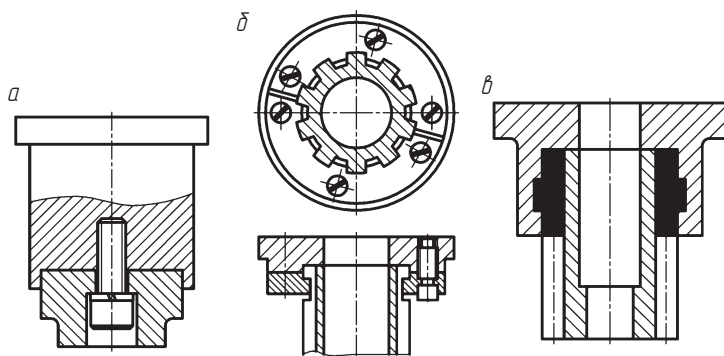


Рис. 4.24. Схемы крепления профильной части твердосплавных пуансонов сложного профиля:  
 а — болтами; б — разъемным кольцом; в — легкоплавким сплавом

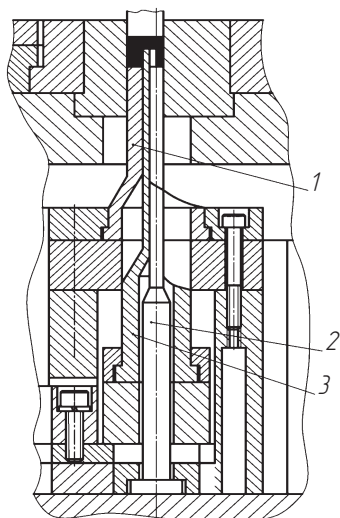


Рис. 4.25. Конструкция нижней части пресс-формы:  
1, 2, 3 — соответственно, наружный  
внутренний и промежуточный пуансоны

С целью максимального уменьшения трения о стенки матрицы рабочие пояски нижних пуансонов выполняют минимально допустимыми. Профильная часть пуансона на 5...10 мм превышает длину матрицы. Пуансоны самоцентрируются по матрице, поэтому закрепляются в пуансонодержателе с возможностью некоторого смещения.

На рис. 4.25 представлена конструкция опорной части нижних пуансонов. Наружный 1, внутренний 2 и промежуточный 3 пуансоны в зоне матрицы сопрягаются друг с другом. Конфигурации пуансонов обусловлены необходимостью минимизации высот рабочих частей; крепление пуансонов — фланцевое.

Конструкции нижних пуансонов можно назначать в соответствии с рис. 4.26, размеры — в соответствии с табл. 4.4.

Таблица 4.4

Размеры нижних круглых пуансонов (рис. 4.26), мм

$D$	$d_1$	$d_2$	$D$	$d_1$	$d_2$
20	20	28	60,1...70	70	78
20,1...30	30	38	70,1...80	80	88
30,1...40	40	48	80,1...90	90	98
40,1...50	50	58	90,1...110	110	118
50,1...60	60	68	110,1...125	125	133

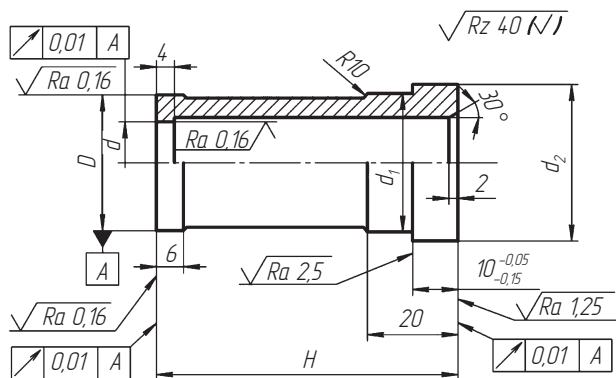


Рис. 4.26. Чертеж нижнего пуансона

Типовые конструкции и методы крепления **стержней** представлены на рис. 4.27.

Заходная кромка стержней оформляется фаской под углом  $15^\circ$  на длине 1...2 мм или радиусом 1 мм. При прессовании высоких втулок толщиной стенок 1,5...2 мм стержни часто делают заостренными, так как при движении стержня вверх через заполненную порошком матрицу тупой стержень увлекает за собой порошок, разрыхляя его, а острый стержень прошивает порошок, отжимая его к стенкам матрицы, и уплотняет его. Точность дозирования порошка в форме при остром стержне выше, чем при тупом. Размер сечения стержня за рабочей частью занижается по диаметру на 0,3...1,0 мм по отношению к размеру сечения рабочей части.

Конструкция крепления стержней (рис. 4.27, а), применяется для невысоких изделий малого диаметра. Широко распространена

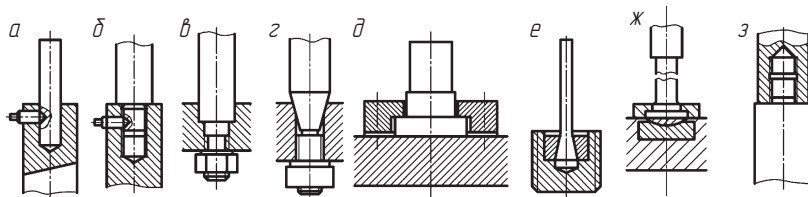


Рис. 4.27. Схемы крепления тонких стержней для малых нагрузок (а-г), тонких стержней для больших нагрузок (д-ж) и стержней больших размеров (з)

конструкция для крепления стержней различного диаметра (рис. 4.27, б). Крепление стержней в гнезде (рис. 4.27, в, г) применяется большей частью в стационарных формах. Крепление разрезным кольцом (рис. 4.27, д) обеспечивает быструю и удобную замену, часто без разборки пресс-формы. Тонкие стержни можно крепить с помощью державки с наружной резьбой (рис. 4.27, е). Целесообразно использовать (где это возможно) шаровые опоры (рис. 4.27, ж), исключающие перекося стержня при центрировании. Крепление (рис. 4.27, з) применяется для стержней больших диаметров.

При проектировании стержней необходимо учитывать тонкую цилиндрическую форму стержней, на рабочую поверхность которых действуют силы трения, вызывающие напряжения растяжения и сжатия. Последние могут вызывать разрушения и деформацию стержней. Конструкцию круглых стержней рекомендуется выполнять в соответствии с рис. 4.28 (диаметр рабочей части до 30 мм) и рис. 4.29 (диаметр больше 30 мм), а размеры принимать согласно табл. 4.5, 4.6.

Таблица 4.5

**Размеры круглых стержней, мм**  
(диаметр рабочей части до 30 мм)

$d$	$d_1$	$d_2$
1...16	10	16
16...30	18	25

Таблица 4.6

**Размеры круглых стержней**  
(диаметр рабочей части свыше 30 мм)

$d$	Б, мм
30...40	M24 × 2
40...50	M30 × 2
Более 50	M36 × 2

**Вкладыши** — части матриц, пуансонов или стержней, составляющие формообразующие полости. При изготовлении изделий сложной конфигурации форма матриц, стержней, пуансонов часто бывает нетехнологичной с позиции механической обработки. В этом случае сложные формообразующие элементы целесообразно расчленить на геометрически простые детали (вкладыши).

На рис. 4.30, а представлена матрица и три вкладыша, которые образуют формующую полость. Такая конструкция составной матрицы по сравнению с цельной значительно упрощает изготовление.

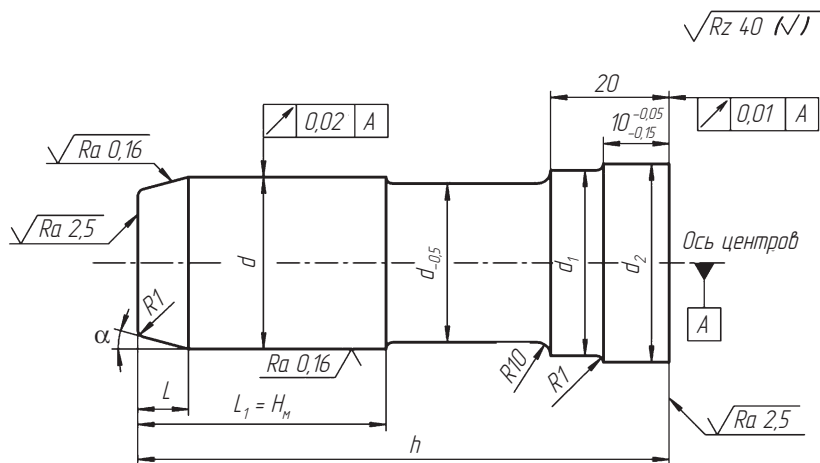


Рис. 4.28. Чертеж стержня диаметром до 30 мм

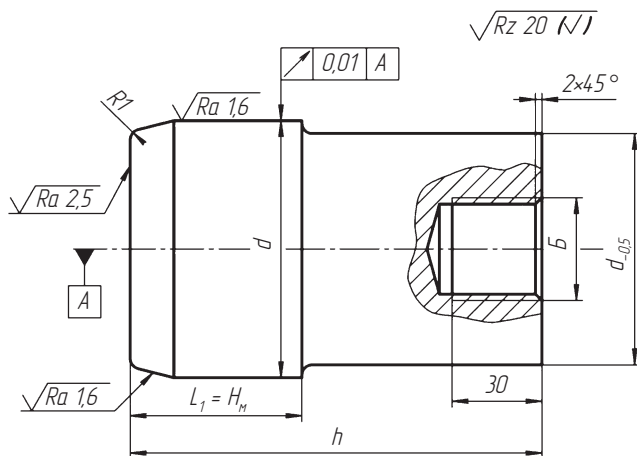


Рис. 4.29. Чертеж стержня диаметром более 30 мм

На рис. 4.30, б показаны стержень и вкладыш, формообразующие отверстие и шпоночный паз. Обработка стержня и вкладыша по отдельности не вызывает сложности.

Приведенные на рис. 4.30, в четыре вкладыша, расположенных в пуансоне, оформляют глухие отверстия в изделии. Вкладыши

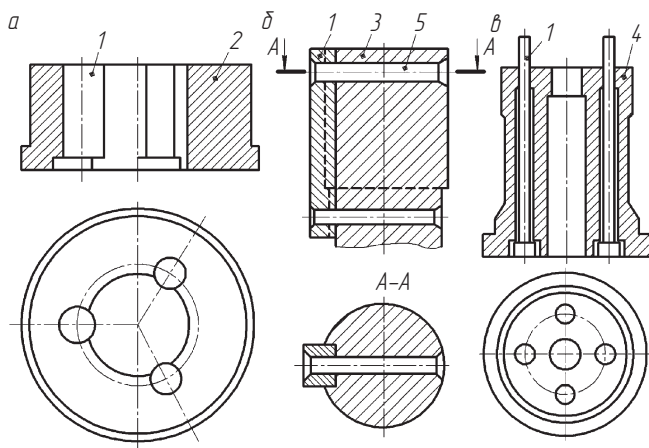


Рис. 4.30. Варианты применения вкладышей при изготовлении матрицы (а), стержня (б) и пуансона (в):  
 1 – вкладыш; 2 – матрица; 3 – стержень; 4 – пуансон; 5 – заклёпка

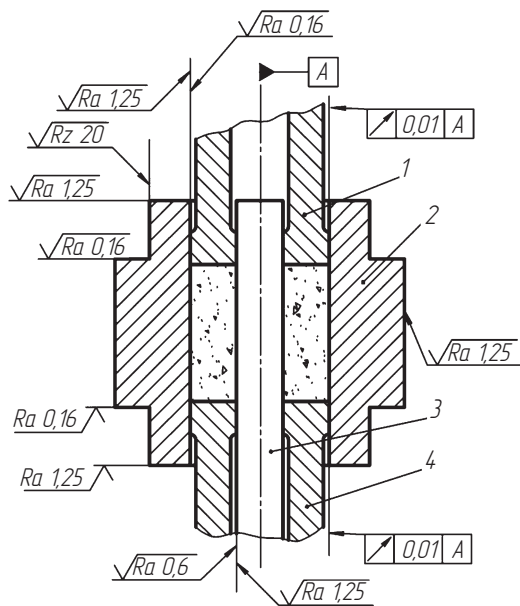


Рис. 4.31. Формующий инструмент:  
 1 – верхний пуансон; 2 – матрица; 3 – стержень; 4 – нижний пуансон

устанавливаются в пуансоне по переходным посадкам. Такая конструкция обеспечивает возможность взаимозаменяемости вкладышей.

Шероховатость поверхностей матриц пуансонов и стержней применяется в соответствии с рис. 4.31.

Рекомендуемые посадки, предельные отклонения и зазоры для инструмента пресс-форм, обеспечивающие надежную работу без задиров и заклиниваний, приведены в табл. 4.7.

Таблица 4.7

**Диаметры, посадки, отклонения и зазоры инструмента, используемого для прессования заготовок диаметром 1...100 мм**

Диаметры заготовок	Предельные отклонения		Зазоры Z, мм
	$\frac{D_M H_6}{D_{II} h_5}$	$\frac{D_{II} H_6}{D_C h_5}$	
1...3	$\frac{D_M^{+0,006}}{(D_M - 0,02)_{-0,006}}$	$\frac{(D_C + 0,02)^{+0,006}}{D_{C-0,006}}$	0,032...0,02
3...6	$\frac{D_M^{+0,008}}{(D_M - 0,02)_{-0,008}}$	$\frac{(D_C + 0,02)^{+0,008}}{D_{C-0,008}}$	0,036...0,02
6...10	$\frac{D_M^{+0,009}}{(D_M - 0,03)_{-0,009}}$	$\frac{(D_C + 0,09)^{+0,009}}{D_{C-0,009}}$	0,048...0,03
10...18	$\frac{D_M^{+0,011}}{(D_M - 0,03)_{-0,011}}$	$\frac{(D_C + 0,03)^{+0,011}}{D_{C-0,011}}$	0,052...0,03
18...30	$\frac{D_M^{+0,013}}{(D_M - 0,04)_{-0,013}}$	$\frac{(D_C + 0,04)^{+0,013}}{D_{C-0,013}}$	0,066...0,04
30...50	$\frac{D_M^{+0,016}}{(D_M - 0,04)_{-0,016}}$	$\frac{(D_C + 0,04)^{+0,016}}{D_{C-0,016}}$	0,072...0,04
50...80	$\frac{D_M^{+0,022}}{(D_M - 0,06)_{-0,022}}$	$\frac{(D_C + 0,06)^{+0,022}}{D_{C-0,022}}$	0,088...0,05
80...100	$\frac{D_M^{+0,022}}{(D_M - 0,06)_{-0,022}}$	$\frac{(D_C + 0,06)^{+0,022}}{D_{C-0,022}}$	0,104...0,06

*Примечание.*  $D_M$ ,  $D_{II}$  и  $D_C$  — диаметры, соответственно, матрицы, пуансона и стержня.

**Плиты пресс-блоков и пресс-форм** предназначены для крепления на них прессового инструмента, крепежных деталей (крышек, пуансонодержателей, стержнедержателей) и других вспомогательных деталей (толкателей, упоров, пружин и т.п.). Плиты пресс-блоков и пресс-форм связаны друг с другом направляющими колонками и втулками. Плиты имеют простую геометрическую форму — прямоугольную или круглую. Они воспринимают максимальные усилия пресса и должны при этом иметь минимальный прогиб. Опорные плоскости плит должны быть параллельными, а отверстия под направляющие колонки и втулки строго перпендикулярными к опорным плоскостям. Плита матрицы и плита стягивания, если таковая имеется, в процессе прессования испытывают меньшие нагрузки, чем плита нижнего пуансона, поэтому их выполняют менее массивными. Верхние плиты пресс-форм и пресс-блоков делают относительно тонкими, так как они опираются либо на плиту верхнего плунжера гидравлического пресса, либо на шпindel прессующей головки механического пресса, которые и воспринимают нагрузку прессования. Плиты нижнего пуансона делают всегда массивными, так как они воспринимают максимальное усилие пресса.

Направляющие колонки и втулки пресс-форм и пресс-блоков должны иметь достаточную жесткость и прочность, так как в процессе прессования воспринимают изгибающие усилия, возникающие в пресс-блоках. Сопряжение колонок и втулок выполняют по посадкам  $H7/h7$  и  $H7/h8$ . Посадки в плитах выполняют по переходным или легкопрессовым посадкам  $H7/p7$  и  $H7/j7$ . Основными требованиями к колонкам и втулкам являются соосность наружного и внутреннего диаметров у втулок; соосность диаметров рабочего и посадочного в плите у колонок.

К **материалам пресс-форм** предъявляются разнообразные требования. Они должны:

□ быть высокопрочными, так как процесс прессования порошков реализуется при высоких давлениях (300...1000 МПа); в металле инструмента и деталях пресс-форм возникают большие напряжения; поверхность инструмента нагревается до 150 °С;

□ обладать высокой твердостью, так как процесс прессования можно выполнить при условии, что твердость материала инструмента значительно больше микротвердости прессуемого порошка;



□ быть износостойкими, так как долговечность работы пресс-формы зависит от степени истирания инструмента, подвергающегося сильнейшему абразивному износу в процессе прессования;

□ иметь высокую вязкость, поскольку в результате частых и сильных ударов при калибровке кромки пуансонов могут выкрашиваться;

□ обладать хорошей закаливаемостью, высокой твердостью и иметь равномерную мелкокристаллическую структуру.

Перечисленным требованиям отвечают лишь определенные инструментальные материалы (табл. 4.8).

Таблица 4.8

**Материалы деталей пресс-форм**

Деталь	Материал	
	Сталь	Твердый сплав
Матрица	3Х2В8, Х12Ф1, Х12М, ХВГ	ВК10КС, ВК2, ВК15, ВК4, ВК15КС, ВК6, ВК20, ВК8, ВК20КС, ВК11, ВК20К
Пуансон	Х12М, ХВГ, 40Х, 5ХНВ	—
Стержень	Х12М, ХВГ, ШХ15, 40Х	—

Правильный выбор материала деталей пресс-форм и условий термической и химико-термической обработки является одним из важнейших факторов, влияющих на стойкость, работоспособность, а следовательно, и на качество прессуемых изделий. Если при небольших объемах производства изделий из порошка стойкость инструмента не играет определяющей роли, то при массовом производстве пресс-инструмент должен быть изготовлен из материалов, обеспечивающих наибольшую стойкость.

Матрицы, работающие в тяжелых условиях абразивного износа, изготавливают из стали марок типа 3Х2В8ФА, закалывают до твердости HRC 43...46 и подвергают азотированию на глубину 0,2...0,3 мм, до твердости HRA 83...85.

При изготовлении матриц из сталей ШХ15, 9ХС, ХВГ, 9ХВГ, Х12, Х12М, Х12Ф1, Х12Ф твердость должна составлять HRC 62...64. Матрицы с твердостью менее HRC 62 быстро изнашиваются. Матрицы сложного профиля изготавливают из сталей марок ХВГ, 9ХВГ, 9ХС, которые мало деформируются при термообработке.

Стержни изготавливают из тех же сталей, что и матрицы. Они могут иметь большой диапазон твердости: от HRC 52...54 до HRC 62...64, зависящий от конструкции и размеров стержня. Для предотвращения поломок длинномерных стержней диаметром 4...10 мм и длиной 300...500 мм применяют зонную закалку. Часть длины стержней, которая не подвергается абразивному износу, закаливаются до твердости HRC 45...50, а хвостовая часть и резьба не закаливается. Хорошо зарекомендовали в работе хромированные тонкие стержни диаметром 6...10 мм, изготовленные из стали марки ШХ15 твердостью HRC 52...54.

Пуансоны в меньшей степени подвергаются абразивному износу, чем матрицы и стержни, а износ не влияет в большинстве случаев на размер изделия, поэтому пуансоны закаливаются до меньшей твердости (HRC 54...58). Материал для изготовления пуансонов назначается в основном тот же, что и для матриц — 9ХС, ХВГ, ШХ15. Сталь марки 40Х, несмотря на низкую твердость (HRC 46...50), хорошо зарекомендовала себя при изготовлении пуансонов с тонкими выступами и фасками.

В условиях массового производства порошковых изделий с жесткими допусками целесообразность изготовления твердосплавного инструмента не вызывает сомнений, несмотря на высокую стоимость твердых сплавов и сложность обработки. Для изготовления твердосплавного инструмента применяют твердые сплавы марок ВК2, ВК4, ВК6, ВК8, ВК11, ВК15, ВК20. Первые три сплава обладают повышенной твердостью, а последние три — повышенной вязкостью. Выбор того или иного сплава зависит от конфигурации изделия и пресс-инструмента.



## 4.7. Штампы для прессования спеченных порошковых заготовок

### 4.7.1. Штампы для горячего прессования

Горячая штамповка спеченных порошковых заготовок является эффективным методом получения беспористых или малопористых изделий из порошков. К исходным спеченным порошковым заготовкам предъявляются следующие *требования*:

- размеры заготовки в сечении, нормальном к направлению осадки, должны максимально приближаться к размерам полости инструмента;

- заготовки должны иметь необходимую прочность;
- целесообразно покрытие заготовки защитной смазкой.

Штамповка осуществляется преимущественно в закрытых штампах, которые классифицируют по следующим признакам:

- схеме приложения давления на заготовку (одно- и двустороннее прессование);
- используемому оборудованию (универсальные или специализированные прессы);
- способу крепления на столе пресса (подкладные и стандартные);
- количеству деформирующих гнезд (одно- и многоместные);
- конструкции матриц (разъемные, цельные, составные);
- способу охлаждения и смазки штамповочного инструмента (охлаждаемые, подогреваемые, с принудительной смазкой);
- характеру деформирования заготовки в матрице (пуансонами, заходящими и не заходящими в полость матрицы);
- способу подачи заготовок (с ручной установкой, автоматизированные).

**Штамп для одностороннего прессования** горячих заготовок (рис. 4.32) состоит из плит 1, 2, к которым крепятся пуансон 3 и стакан 4. В корпусе 6 установлена матрица 13. На торце корпуса крепится специальная плита 15, обеспечивающая позиционирование заготовки. Средняя часть корпуса имеет прорезь, в которой находится траверса 9 с установленным на ней выталкивателем 11. Для подъема и опускания траверсы предусмотрены тяга 8 и пружина 5. Направление движения верхней плиты 1 относительно корпуса 6 производится направляющей 7.

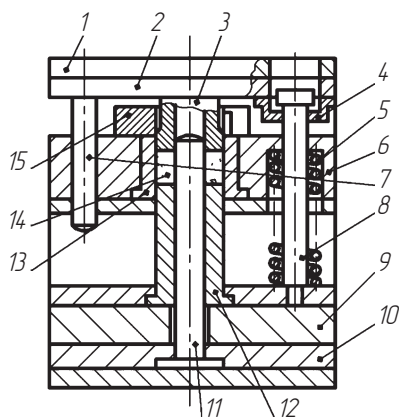


Рис. 4.32. Схема штампа для одностороннего горячего прессования толстостенных втулок

Штамп работает следующим образом. В исходном положении пуансон 3 и выталкиватель 11 находятся в крайнем верхнем положении. При этом торец выталкивателя совпадает с зеркалом (торцом) матрицы. Заготовка 14 укладывается в центрирующее отверстие позиционирующей плиты 15. В процессе рабочего хода пуансона заготовка входит в полость матрицы 13 и прошивается стержнем 12. При дальнейшем движении пуансона выталкиватель 11 через траверсу 9 упирается в нижнюю плиту 10, и происходит деформация заготовки между торцами неподвижного выталкивателя и движущегося пуансона. При обратном ходе пуансона движение от механизма выталкивания пресса через траверсу 9 сообщается выталкивателю 11, который осуществляет удаление заготовки из полости матрицы.

**Штампы для двустороннего прессования** разработаны в двух вариантах: с подвижной матрицей и с подвижными верхним и нижним пуансонами. *Штамп с подвижной матрицей* (рис. 4.33, а) включает подвижную матрицу 2, установленную на упругих элементах 3, и пуансон (выталкиватель) 4, закрепленный на траверсе 6. Внутри пуансона расположен неподвижно стержень 9. Траверса соединяется с верхней плитой 10 подпружиненными тягами 5. Направление движения траверсы обеспечивается колонками 7 и колонками 8.

Заготовка устанавливается в матрицу и центрируется по стержню 9. В процессе прессования заготовки 1 преодолевается усилие

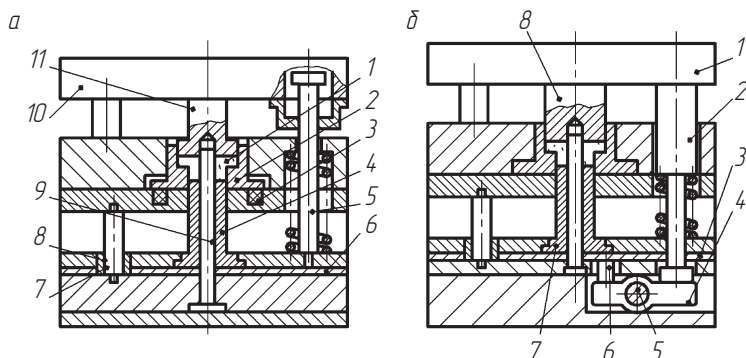


Рис. 4.33. Схемы штампов для горячего двустороннего прессования толстостенных втулок:

*a* — штамп с подвижной матрицей; *б* — штамп с подвижными пуансонами

упругих элементов 3, и матрица 2 перемещается вниз относительно нижнего пуансона 4. При этом выбирается зазор между торцами заготовки и пуансона. В результате деформации заготовки по всей высоте между верхним 11 и нижним 4 пуансонами происходит выравнивание полости по всему объему.

При обратном ходе ползуна пресса движение от верхней плиты 10 через тяги 5 и траверсу 6 передается пуансону-выталкивателю 4, который удаляет заготовку из полости матрицы.

*Штамп с подвижными верхним и нижним пуансонами* представлен на рис. 4.33, б. Верхний пуансон 8 перемещается вниз от ползуна пресса. Нижний пуансон совершает встречное движение снизу вверх от силового рычажного механизма. Рычажное устройство включает рычаг 4, ось 5 и толкатель 6, упирающийся в траверсу 3. Приводом рычажного устройства является толкающе-тянущая колонка 2, запрессованная в плиту 1. В процессе движения ползуна пресса вниз колонка нижним торцом нажимает на плечо рычага и поворачивает его вокруг оси. При этом толкатель 6 поднимает вверх траверсу 3. В результате пуансон 7 совершает движение навстречу верхнему пуансону 8 и происходит двустороннее прессование.

При обратном ходе ползуна пресса колонка 2 заплечиками буртика поднимает вверх траверсу 3, и пуансон-выталкиватель 7 удаляет заготовку из матрицы.

Штампы с рычажным силовым устройством имеют сложную конструкцию и требуют тонкой регулировки.

**Штамп для двустороннего прессования с подвижными упорами** (рис. 4.34) предназначен для горячей допрессовки тонкостенных втулок.

Штамп устроен следующим образом. На верхней плите 8, соединенной с ползуном пресса, снаружи закреплены копир 7 и пуансон верхний 6, а внутри плиты размещен подпружиненный стержень 5.

На столе пресса крепится корпус 14, внутри которого размещены плавающая матрица 2 и нижний пуансон 3, опирающийся на выталкиватель 1. В верхней части корпуса расположены подвижные упоры 11, на которые установлены ролики 10.

Штамп работает следующим образом. Исходная заготовка 4 устанавливается на торец нижнего пуансона 3 и центрируется по отверстию матрицы 2. В процессе движения ползуна пресса вниз стержень 5 входит внутрь отверстия заготовки и упирается в торец нижнего пуансона 3.

Верхний пуансон 6 перемещает заготовку внутрь матрицы, упирается в ее торец и продолжает дальнейшее движение совместно с матрицей и заготовкой. В результате заготовка деформируется между верхним и нижним пуансонами в условиях двустороннего

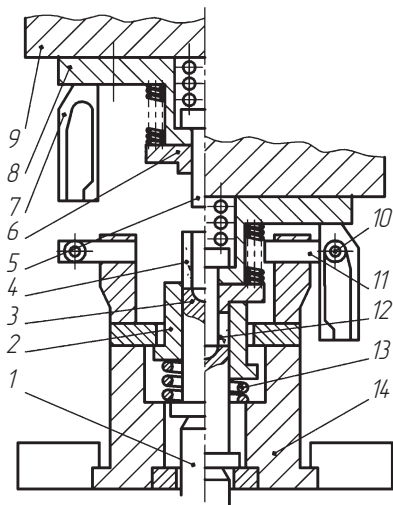


Рис. 4.34. Схема штампа для горячего двустороннего прессования с подвижными упорами

прессования. Одновременно копиры 7 перемещают упоры 11 к оси штампа.

При обратном ходе ползуна пресса отводится вверх плита 8 и стержень 5, освобождая спрессованную заготовку 12. Одновременно под действием пружины 13 поднимаются вверх до упоров матрица 2 и пуансон верхний 6. При дальнейшем движении ползуна пресса копир отводит подвижные упоры, освобождая верхний пуансон. Одновременно выталкиватель 1 перемещает вверх нижний пуансон, который удаляет из матрицы спрессованную заготовку.

**Штампы с нагревом** за счет термостабилизации формообразующих элементов обеспечивают повышение стойкости инструмента, точности размеров заготовки и качества поверхностных слоев материала.

Штамп с нагревом содержит следующие основные узлы и детали (рис. 4.35): сборный верхний пуансон 7, траверсу 6, съемник 8 и корпус 21. Внутри обоймы и корпуса размещены электронагреватели 4, 20, обеспечивающие нагрев и термостабилизацию формо-

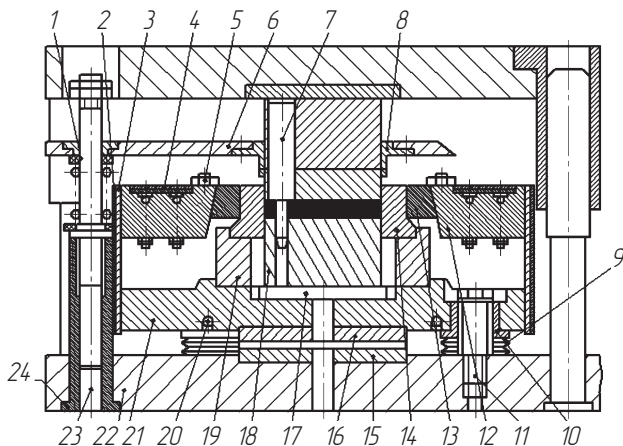


Рис. 4.35. Штамп с подогреваемой матрицей:

1 — пружина; 2 — кожух; 3 — прокладка теплоизоляционная; 4, 20 — электронагреватели; 5 — соединение болтовое; 6 — траверса; 7 — верхний пуансон; 8 — съемник; 9 — пружина тарельчатая; 10 — втулка; 11 — стойка; 12, 13 — обойма; 14 — матрица; 15, 16, 17 — плиты опорные; 18 — пуансон нижний; 19 — кольцо промежуточное; 21 — корпус; 22 — плита нижняя; 23 — колонка; 24 — держатель

образующих элементов. Матрица 14 крепится в обойме и опирается через промежуточное кольцо 19 на подпружиненный корпус. Нижний пуансон-выталкиватель 18 установлен в матрице и приводится в движение толкателем буферного устройства прессы.

Штамп работает следующим образом. Нагретая порошковая заготовка укладывается на поверхность нижнего пуансона 18, находящегося в крайнем верхнем положении. При движении ползуна прессы вниз стержень верхнего пуансона прошивает отверстие заготовки и центрируется по отверстию в нижнем пуансоне. Заготовки деформируются по высоте между торцами верхнего и нижнего пуансонов. В крайнем нижнем положении заготовка калибруется по высоте, отверстию наружной поверхности.

Извлечение заготовки из матрицы осуществляется нижним пуансоном-выталкивателем 18. После выхода заготовки из отверстия матрицы в результате упругого расширения заготовка увеличивается в поперечном направлении и снимается со стержня съемником 8.

**Штамп для автоматической горячей штамповки порошковых заготовок** (рис. 4.36) состоит из корпуса 1, на котором установлена матрица 2, корпус крепится на нижней плите 3. Перемещение и позиционирование заготовки осуществляется в лотке 4.

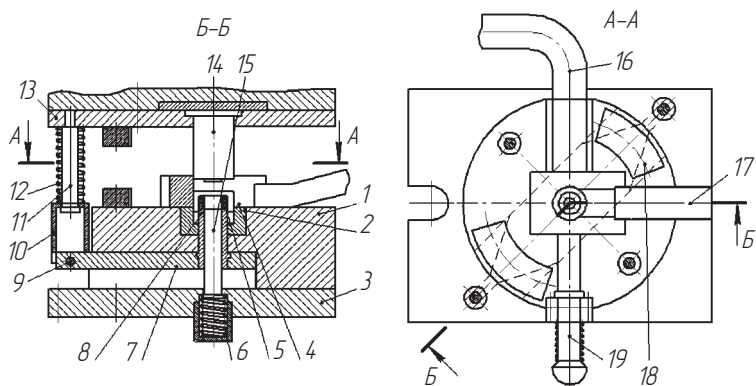


Рис. 4.36. Штамп для автоматической горячей штамповки:  
 1 — корпус; 2 — матрица; 3 — плита нижняя; 4 — лоток; 5 — заготовка; 6, 9 — лотки; 7 — ограничитель хода; 8 — сбрасыватель; 10 — траверса; 11 — выталкиватель; 12 — плита верхняя; 13 — палец; 14 — направляющая; 15 — тяга; 16, 19 — пружина; 17 — пуансон; 18 — игла



Удаление заготовки производится сбрасывателем 19 по лотку 16. Внутри корпуса помещены подвижная траверса 7 с выталкивателем 8. Движение траверсы сообщается с верхней подпружиненной тягой 11. Формообразующая полость образуется поверхностями матрицы 2, иглы 15 и торцом пуансона 14.

Штамп работает следующим образом. Из печи нагретая заготовка 5 по лотку 17 поступает в паз плиты, где она позиционируется на матрице 2. В исходном положении торец выталкивателя 8 совпадает с торцом матрицы 2. При движении ползуна пресса вниз изделие деформируется в матрице, а при обратном ходе выталкивается из полости матрицы выше уровня ее верхней кромки, а затем сбрасывателем 19 перемещается на лоток 16.

**Универсальный штамповый блок** (рис. 4.37) разработан для эксплуатации на специализированных пресс-автоматах. Установленный на блоке формообразующий инструмент предназначен для штамповки шлицевого конического зубчатого колеса. Блок состоит из плит: верхней 1, матричной 5, подвижной (плавающей) 6 и нижней 9. На нижней плите закреплен пуансонодержатель 10.

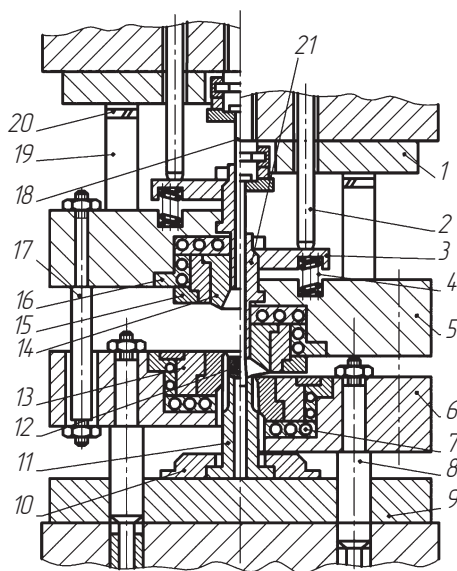


Рис. 4.37. Универсальный штамповый блок

В нижнюю плиту запрессованы направляющие колонки 8 для перемещения плиты 6. В свою очередь плита 6 связана с матричной плитой 5 колонками 17. На плите 6 смонтированы шлицевой стакан 13 и охлаждающее устройство 7. На плите 5 размещены охлаждающее устройство 16, верхняя полуматрица 14, поджимаемая кольцом 15, полый пуансон-выталкиватель 21, внутри которого расположен верхний стержень 18.

Штамповый блок работает следующим образом. Нагретая порошковая заготовка подается в шлицевой стакан 13 и устанавливается на нижний пуансон 11. Движение от верхней плиты 1 передается матричной плите 5 через стойки 19. Матричная плита 5 осуществляет движение до соприкосновения торцов верхней полуматрицы 14 и шлицевого стакана 13. В отверстие порошковой заготовки 12 вводится верхний стержень 18.

Заготовка оказывается в закрытой полости, образованной верхней полуматрицей, шлицевым стаканом и стержнем. Усилие замыкания создается в результате сжатия колонками 8 тарельчатых пружин пресса (на схеме не показаны). Находящаяся в закрытой полости заготовка деформируется пуансонами 21 и 11. Размеры полости изменяются регулировочной шайбой 20.

При обратном ходе ползуна пресса происходит размыкание полуматриц. Заготовка оказывается в верхней полуматрице 14. В процессе дальнейшего движения ползуна пресса пуансон-выталкиватель 21 совместно с заготовкой задерживаются планками 3, усилие на которые передается от упорной балки пресса штоками 2. Происходит съём заготовки с движущегося стержня. Возврат пуансона-выталкивателя 21 в исходное положение производится пружинами 4.

Такого типа штамповые блоки предназначены для использования на автоматизированных прессах или автоматических линиях. Они позволяют изготавливать высокоплотные порошковые изделия широкой номенклатуры, в том числе зубчатые колеса.

### 4.7.2. Штампы для холодной калибровки спеченных порошковых заготовок

Калибровка применяется с целью повышения точности размеров и улучшения качества поверхности. Общие требования для проектирования, изготовления и эксплуатации калибровочных штампов сводятся к следующему:

- жесткость штампа должна быть максимальной, поскольку калибрование является заключительной операцией технологического процесса и жесткостью инструмента определяются размеры готового изделия;

- штампы должны иметь минимальное число зазоров и разъемов;

- конструкция штампа должна предусматривать элементы, обеспечивающие ориентировку и фиксацию калибруемых заготовок перед началом калибрования;

- наружные поверхности следует калибровать перед калибровкой внутренних поверхностей, что позволяет избежать трещин;

- поверхность калибрования заготовки должна оставаться в контакте с калибрующей поверхностью инструмента до завершения процесса калибрования заготовки в целом;

- для равномерного распределения плотности в разновысотных изделиях следует применять инструмент с независимым перемещением пуансонов и плавающей матрицы;

- шероховатость  $Ra$  калибрующих поверхностей пресс-формы не должна превышать 0,2 мкм;

- конструкция штампа должна учитывать способ смазки заготовки перед калиброванием и сопрягаться с конструкцией смазывающего устройства при его установке на прессе.

Штампы проектируются для универсальных и специализированных прессов.

Конструкции штампов для калибрования втулок на *универсальных прессах* приведены на рис. 4.38. Применение плавающих матриц (рис. 4.38, *a*) позволяет выполнить калибровку по наружной и внутренней поверхностям и по высоте за один переход. Калибруемая втулка с наружным буртом устанавливается на нижний пуансон 4 и центрируется по стержню 2. Верхним пуансоном 1 втулка вводится в матрицу с зазором по наружной и внутренней

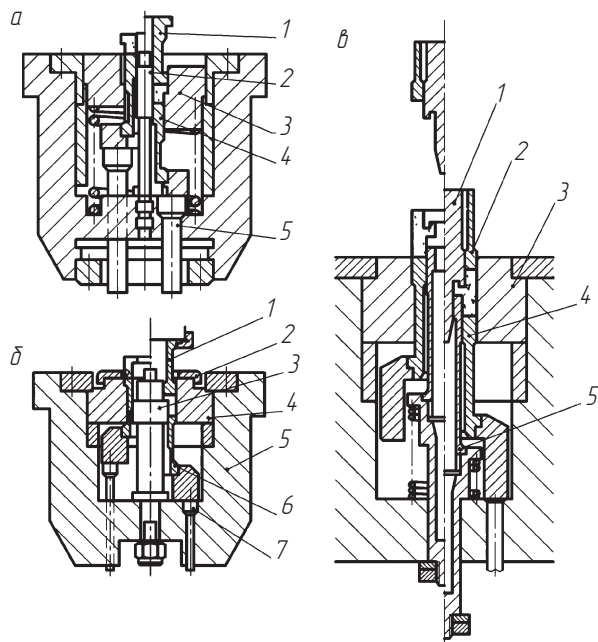


Рис. 4.38. Штампы для холодного калибрования втулок:  
*а* — с наружным буртом; *б* — с внутренним буртом; *в* — с несколькими переходами по высоте

поверхностям. Бурт втулки упирается в соответствующий выступ матрицы 3. Между нижним торцом втулки и нижним пуансоном 4 имеется зазор, поскольку пуансон находится в крайнем нижнем положении.

При дальнейшем движении верхнего пуансона бурт втулки передает движение пружиненной матрице. Между торцом втулки и нижним пуансоном выбирается зазор и начинается обжатие по высоте с одновременной радиальной раздачей. Удаление калиброванной втулки осуществляется тягой 5 при обратном ходе пресса.

На рис. 4.38, *б* представлен штамп для калибрования втулки с внутренним буртом. Заготовка устанавливается на нижний пуансон 6 и центрируется по отверстию в установочной плите 2. Ступенчатый центральный стержень 3 жестко соединен со скобой 5. В процессе движения верхнего пуансона 1 сначала калибруется наружная поверхность втулки, а затем внутренняя. Удаление втулки

из матрицы 4 выполняется нижним пуансоном 6, приводимым в движение механизмом выталкивания через тяги 7.

Втулки с несколькими переходами по высоте (рис. 4.38, в) калибруются на двухходовом прессе с выталкивателем. Заготовка устанавливается на торец нижнего пуансона 4 и центрируется по плавающему пуансону 5. Верхний стержень 1 вводится в отверстие заготовки, а сама заготовка верхним пуансоном 2 вводится в отверстие матрицы 3. Движения стержня и пуансона осуществляются синхронно. Заготовка перемещается вниз до упора в нижние пуансоны 4, 5, после чего начинается обжатие по высоте с радиальной раздачей. Перед выталкиванием верхние стержень 1 и пуансон 2 отводятся вверх, а калиброванная втулка выталкивается пуансоном 4.

Конструкция *автоматического калибровочного штампа* для универсальных прессов представлена на рис. 4.39. Штамп содержит плиту верхнюю 1, плиту матрицы 5, плиту промежуточную 11 и плиту нижнюю 12. В плите нижней закреплены пуансон 3 и клин 2. Между плитами 5 и 9 установлены амортизаторы 8. В пазе промежуточной плиты 9 размещены ползушка 6 с роликом 7 и пружиной 7. Стержень 8 зацелен втулкой в матрице 4. Заготовки подаются в зону калибровки шибберным устройством (на рисунке не показано).

Штамп работает следующим образом. В процессе движения ползуна пресса вниз клин 2 через ролик 7 перемещает ползушку 6 влево, а пуансон 3 продавливает заготовку в отверстие матрицы 4. Силы трения, возникающие между втулкой и стенкой матрицы,

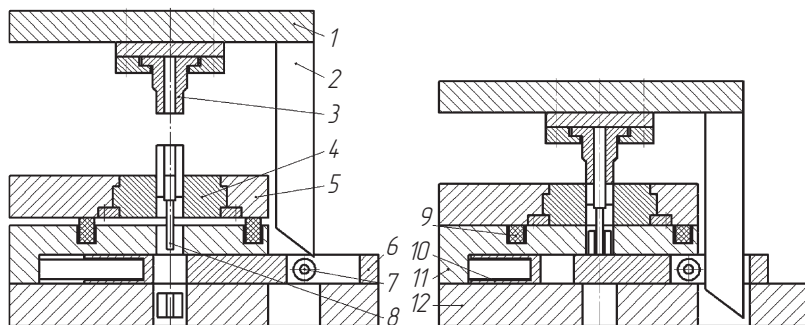


Рис. 4.39. Автоматический калибровочный штамп

вынуждают сжиматься амортизаторы 9, а сама матрица упирается в ползушку 6.

Стержень 8 заземлен калибруемой втулкой и перемещается совместно с матрицей до ее соприкосновения с ползушкой. Заготовка калибруется одновременно по наружному и внутреннему диаметрам, при этом из матрицы на ползушки выталкивается предшествующая заготовка.

В процессе обратного хода ползушки пресса плита матрицы 5 амортизатором поднимается в исходное положение, а пружина 10 перемещает вправо ползушку 6.

Производительность **специализированных калибровочных прессов** на 25 % выше по сравнению с универсальными. Специализированные прессы оснащаются шиберной и грейферной подачами, вибробункером и лотками-магазинами. Шиберная подача предназначена для плоских изделий сложной конфигурации, вибробункер — для легкоориентированных. Конструкцией прессов предусмотрено повышение их надежности и долговечности.

Калибрование изделий типа гладких втулок на *автоматических калибровочных прессах* осуществляется по схеме, представленной на рис. 4.40.

Исходное положение движущихся частей инструмента перед началом калибрования (рис. 4.40, *а*): игла 1, пуансон 2 и выталкиватель 4 находятся в верхнем положении; матрица 3 в течение всего цикла неподвижна; калибруемая заготовка установлена на выталкиватель установочным органом робота (манипулятора).

После отвода установочного органа из рабочей зоны пресса выталкиватель 4 опускается в нижнее положение (рис. 4.40, *б*).

Ползун пресса опускается вниз; игла входит с зазором в отверстие заготовки. Верхний пуансон 2 упирается в торец заготовки и вводит ее в матрицу. Производится одновременно калибрование по наружному и внутреннему диаметрам. В конце хода втулка опирается на выталкиватель 4 и калибруется по высоте (рис. 4.40, *в*).

В процессе удаления движение выталкивателя 4 и пуансона 2 происходит с одинаковой скоростью. Игла при выталкивании относительно заготовки не перемещается. После выхода заготовки из матрицы (рис. 4.40, *г*) происходит ускоренный отвод верхнего ползуна с иглой вверх, пуансон остается неподвижным, облегчая выход иглы и втулки.

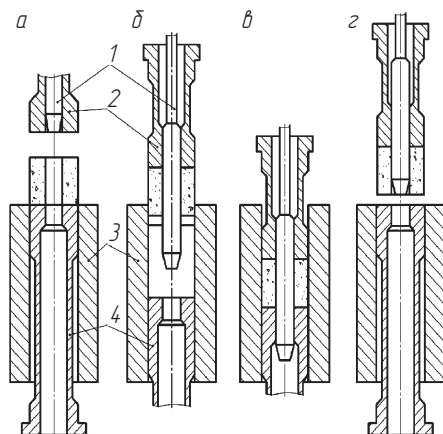


Рис. 4.40. Схема калибровки заготовок типа гладких втулок:  
 а — исходное положение; б — калибровка по наружным и внутренним поверхностям; в — калибровка втулки по высоте; г — выталкивание втулки из матрицы

*Пресс-блок для калибровки ступенчатой втулки* (рис. 4.41) предназначен для автоматизированного пресса. Пресс-блок работает следующим образом. Грейфер (на чертеже не показан) подает деталь на матрицу 6 и удерживается. Плита верхних пуансонов 1 движется вниз, а подпружиненный фиксатор 3, находящийся в верхнем внутреннем пуансоне 4, через центральное отверстие заготовки захватывает и удерживается. Грейферные захваты расходятся, пуансоны 4 и 31 проталкивают заготовку, а вместе с ней и нижний пуансон 8 в матрицу 6. Фиксатор 3 соприкасается со стержнем 5, сжимая пружину 2. Матрица под действием усилия калибровки садится на упор 20, сжимая тарельчатые пружины. В крайнем нижнем положении плиты верхних пуансонов происходит калибровка заготовки. Плита 1 уходит вверх; плита выталкивателя 11 совместно с нижним пуансоном 8 движется вверх, выталкивая заготовку из матрицы. Нижний пуансон 8 занимает крайнее верхнее положение и удерживается стопором 22. Пуансонодержатель 21 при движении вниз вместе с плитой выталкивателя опускает нижний пуансон 8 на зеркало матрицы. Грейферный захват переносит откалиброванную заготовку на следующую позицию, а на ее место ставит новую. Далее цикл повторяется.

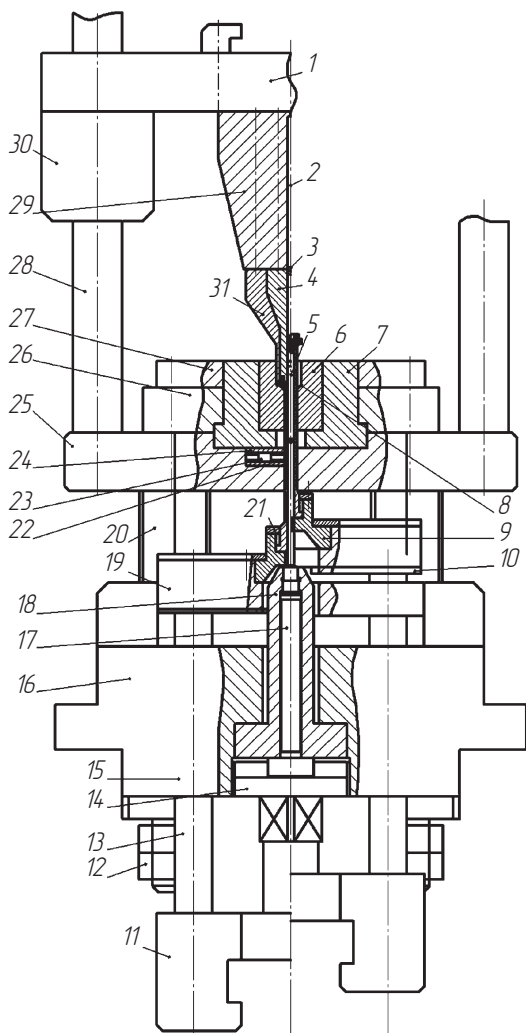


Рис. 4.41. Пресс-блок для калибровки ступенчатой втулки:  
 1 – плита; 2 – пружина фиксатора; 3 – фиксатор; 4 – пуансон внутренний;  
 5 – стержень; 6 – матрица; 7 – обойма; 8 – пуансон нижний; 9 – опора; 10 –  
 планка; 11 – плита выталкивателя; 12 – гайка; 13, 28 – колонки; 14 – за-  
 глушка стержня; 15, 30 – втулки; 16 – опора; 17 – опора; 18 – корпус стержня;  
 19 – плита нижнего пуансона; 20 – упор; 21 – пуансонодержатель; 22 – сто-  
 пор; 23 – винт; 24 – корпус; 25 – плита; 26 – крышка; 27 – стол; 29 – опора;  
 31 – верхний наружный пуансон





## **РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ФОРМ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ**

### **5.1. Общие сведения о процессах литья под давлением**



Номенклатура отливок, получаемых литьем под давлением, разнообразна. Наиболее широко этот способ литья применяют при изготовлении отливок из цинковых, магниевых, алюминиевых и медных сплавов. Этим способом изготавливают изделия, почти не требующие дальнейшей обработки резанием, так как качество отливок по точности и шероховатости поверхности значительно превышает эти же качества отливок, полученных другими способами. Отливки могут иметь простую и очень сложную конфигурацию, толщину стенок 0,5...5 мм, массу от нескольких грамм до 30...45 кг, размеры от нескольких миллиметров до 1,5 м. Литьем под давлением можно получать детали с готовой внутренней и наружной резьбой, разнообразной арматурой, с полостями и каналами сложной конфигурации, образуемыми армирующими элементами.

Наиболее широко этот способ литья применяют при изготовлении отливок из цинковых, магниевых, алюминиевых и медных сплавов. Литье под давлением стольких отливок не получило широкого распространения из-за высокой стоимости литейных форм и низкой их стойкости.

Точность размеров: отливок — квалитет 8–15; элементов: оформленных стержнями — 8–10; расположенных в одной полуформе — 10–14; оформленных в обеих полуформах — 13–15.

Шероховатость поверхности отливок зависит от качества обработки рабочих поверхностей и от степени ее эксплуатации. Для отливок, полученных в новых формах, минимальная шероховатость  $Ra$  составляет 0,32 мкм. После изготовления 10 000 отливок шероховатость увеличивается до 1,25 мм.

Существуют три основные *схемы процессов литья под давлением*.

Первая схема — литье под давлением на машинах с горячей камерой прессования (рис. 5.1, *a*). Камера прессования заполняется металлом из тигля 4 через заливное отверстие 3. Расплавленный металл под давлением поршня 1, приводимого в движение пневматическим или гидравлическим цилиндром, после перекрытия

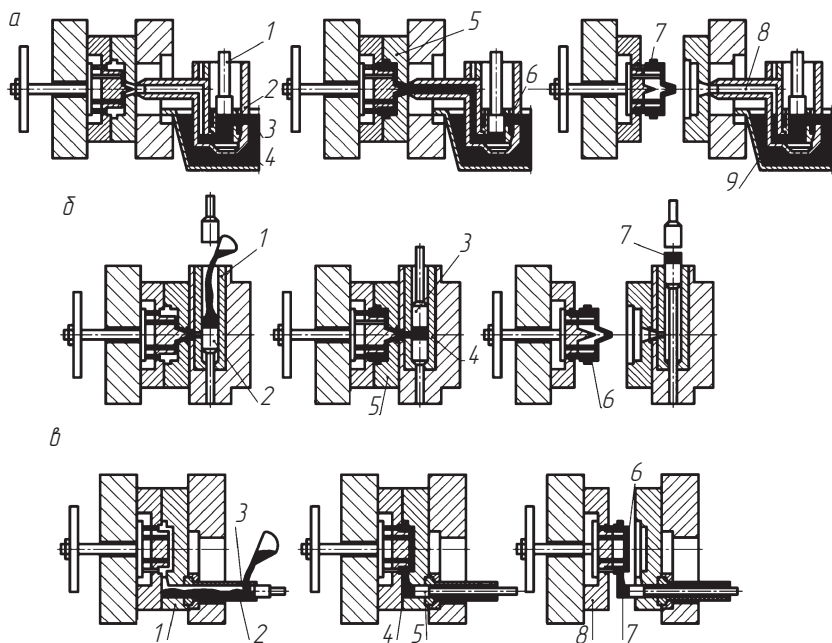


Рис. 5.1. Схемы литья под давлением:  
*a* — на машинах с горячей камерой прессования; *б* — на машинах с холодной вертикальной камерой прессования; *в* — на машинах с холодной горизонтальной камерой прессования

отверстия 6 вытесняется из камеры прессования 2 в рабочую полость формы 5.

Металл затвердевает, образуя отливку 7, а прессующий поршень возвращается в исходное положение. Незатвердевшая часть металла сливается по каналу мунштука 8 и металлопроводу 9 в камеру прессования. После охлаждения до заданной температуры отливка удаляется из рабочей полости формы, которая очищается, смазывается, и рабочий цикл повторяется.

Технологическими достоинствами этой схемы являются стабильность технологических параметров, отсутствие потерь сплава в процессе заливки, широкие возможности автоматизации всего литейного цикла, высокая производительность. Взаимодействие жидкого металла с трущимися поверхностями прессующей пары — поршня и камеры прессования — приводит к увеличению зазора и снижению давления. Это обуславливает повышенную пористость, снижение качества поверхности и четкость оформления конфигурации отливки.

Литьем под давлением на машинах с горячей камерой прессования можно получать отливки из сплавов, не реагирующих с материалом прессующей пары и металлопровода.

Вторая схема — литье на машинах с холодной вертикальной камерой прессования (рис. 5.1, б). В исходном положении поршень 3 находится вне камеры прессования. Расплавленный металл заливается в камеру прессования 1, донной частью которой является подвижная пятка 2. Поршень опускается, производит давление на металл, перемещает пятку вниз и открывает отверстие в литниковой втулке 4. Пятка упирается в торец отверстия литниковой втулки и останавливается, а металл под действием прессующего поршня заполняет рабочую полость формы 5 и затвердевает под давлением. После затвердевания поршень и пятка поднимаются вверх, при этом пятка отделяет пресс-остаток 7 от литника. После раскрытия пресс-формы из подвижной части выталкивателями удаляется отливка 6 вместе с литниковой системой.

При литье по этой схеме неметаллические включения, имеющиеся в расплаве, задерживаются в пресс-остатке, так как площадь литника значительно меньше площади камеры прессования.

Третья схема — литье на машинах с холодной горизонтальной камерой прессования (рис. 5.1, в). Расплавленный металл

заливается в камеру прессования 2, расположенную горизонтально и перпендикулярно к плоскости разъема формы. В верхней части камеры имеется окно 3 для заливки металла. При движении пресс-поршня 5 металл через питатель 4 заполняет рабочую полость формы и затвердевает под давлением. После окончания кристаллизации металла форма раскрывается, а отливка 6 с пресс-остатком 7 выталкивается пресс-поршнем из неподвижной части формы 1. Как правило, отливка остается в подвижной половине пресс-формы 8, а затем выталкивается с помощью системы толкателей.

При литье по этой технологической схеме потери теплоты жидким металлом и гидравлическое сопротивление на пути его движения в полость пресс-формы меньше, чем при литье на машинах с вертикальной камерой прессования, в результате исключения одного из элементов литниковой системы — литникового тела. Это позволяет снизить температуру заливки сплава, уменьшить пористость отливки и осуществить ее эффективную подпрессовку после окончания заполнения. Возможность широкого диапазона изменения скорости прессования позволяет создавать наиболее благоприятные гидродинамические и тепловые условия формирования отливки, до минимума сокращать пористость отливок.

К недостаткам относятся необходимость дозирования сплава и как следствие — понижение производительности; сложность системы автоматизации процесса литья.



## 5.2. Технологичность отливок

Под *технологичностью отливок* подразумевают такое их конструктивное исполнение, которое способствует получению заданных физико-механических свойств, размерной точности и шероховатости поверхности при минимальной трудоемкости изготовления.

В зависимости от конфигурации наружных и внутренних поверхностей предназначенные для изготовления литьем под давлением отливки условно разделены на четыре группы сложности (табл. 5.1). При разработке технологического процесса, расчете и конструировании литниковой системы и при проектировании литформы исходят из группы сложности отливки.

Таблица 5.1

## Группы сложности отливок

Группа сложности отливок	Характеристика поверхностей		Примеры отливок
	наружных	внутренних	
I. Простые	Прямолinéйные и гладкие, с не-высокими усиливающими ребра-ми, с буртиками, бобышками, от-верстиями, фланцами, невысоки-ми выступами и углублениями	Отсутствуют	Крышки, фланцы, ручки, диски, втулки, маховики, барашки, корпуса подфар-ников, решетки радиаторов и т.д.
II. Несложные	Прямолinéйные и криволинейные, с наличием усиливающих ребер, буртиков, кронштейнов, бобышек, фланцев, с отверстием и углубле-ниями, открытой коробчатой или открытой конфигурации	Простые, с гладкими равны-ми участками в виде простей-ших геометрических фигур, без выступов и углублений	Корпусы простой коробча-той или цилиндрической конфигурации, кронштей-ны, колпаки, тубусы объек-тивов, фигурные фланцы
III. Сложные	Криволинейные и прямолиней-ные, с незначительным числом пересекающихся плоскостей, име-ющей выступающие части и углу-бления сложной конфигурации	Сложные, с двумя пересекаю-щимися плоскостями или ци-линдрическими поверхностями, с углублениями и высту-пами, ребрами, перемычками, бобышками	Сложные корпуса прибо-ров, корпуса двигателей мотоциклов, велосипедов, мотороллеров, насосов, ре-дукторов, картеров и коро-бок передач
IV. Особо слож-ные и уникаль-ные	Криволинейные и прямолиней-ные, пересекающиеся под углом, имеющие выступающие части и углубления очень сложной кон-фигурации	Сложные, с криволинейными и прямолинейными пересе-кающимися поверхностями, с наличием глубоких пересе-кающихся каналов, выступов, углубленных мест, ребер и пе-ремычек	Блоки и головки блоков ци-линдров автомобильных двигателей, сложные корпу-сы насосов, крыльчатка, сложные корпуса приборов и пр.

По назначению отливки можно классифицировать по трем группам: особого назначения (с высокими требованиями по прочности), герметичные и декоративные.

При разработке чертежа отливки определяют оптимальную плоскость разъема литейной формы и указывают:

- все внешние и внутренние уклоны;
- поверхности, требующие дальнейшей механической обработки;
- отклонения на размеры;
- участки поверхности, которые не должны иметь следов от выталкивателей, а также следов течения металла;
- требования по герметичности;
- виды защитных или декоративных покрытий;
- участки, на которых не допускается пористость.

При конструировании отливки следует стремиться к одной **плоскости разъема**. Для этого отливка не должна иметь внешних и внутренних поднутрений, препятствующих свободному удалению ее из литейной формы. Возможность создания одной плоскости разъема определяют по правилу световых теней, по которому теневые участки при воображаемом освещении отливки параллельными лучами в направлении, перпендикулярном плоскости разъема, должны отсутствовать.

Необходимо создавать прямые углы и достаточно округлые кромки в тех местах, где это практически осуществимо. Выемки и отверстия следует по возможности располагать перпендикулярно плоскости разъема. Если отливка располагается в полуформах, то для уменьшения усадочных внутренних напряжений внутренние стенки выполняют наклонными (рис. 5.2, а).

Отливка, расположенная в неподвижной и подвижной полуформах, должна иметь наибольшую поверхность стержня в подвижной полуформе (рис. 5.2, б). Боковое поднутрение препятствует свободному удалению отливки из формы и должно формироваться боковым стержнем или подвижной щекой (рис. 5.2, в). Устранение этого поднутрения позволяет удалять отливку в направлении, перпендикулярном плоскости разъема. Внутренние крепежные фланцы (рис. 5.2, г) с поднутрениями можно вынести наружу в плоскость разъема, обеспечив этим свободный выход центрального стержня из плоскости отливки. Если конфигурация внутренней

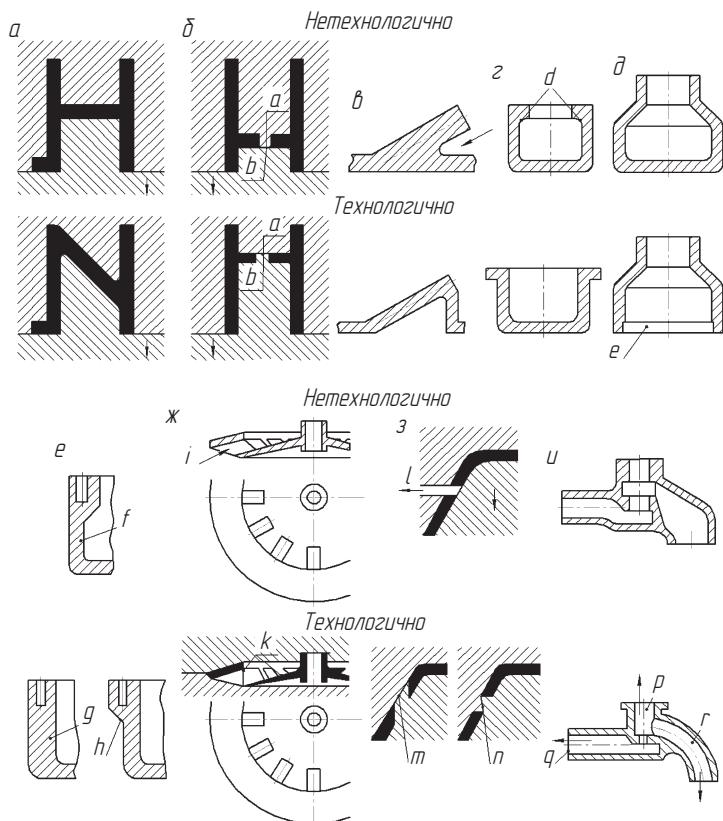


Рис. 5.2. Примеры выбора технологичного варианта конструкции отливки

полости с поднутрениями (рис. 5.2, *д*) не может быть изменена, то технологичная конструкция отливки предусматривает выемку *e* под фланец, заменяющий дно. Поднутрение *f*, образованное утолщением под крепежное отверстие (рис. 5.2, *e*), можно заменить равномерным утолщением *g* или размещение утолщения — утолщением *h* на внешней стороне отливки.

В нетехнологичной конструкции отливки колеса турбины стержень *i* должен удаляться в сторону (рис. 5.2, *ж*); технологичная конструкция предусматривает формирование выемок выступающими *k* подвижной и неподвижной полуформ. Боковые отверстия

или окна в стенках отливки (рис. 5.2, з), требующие удаления стержня перед раскрытием литейной формы, могут быть образованы выступами  $m$  или  $n$ . Отливку водопроводного крана (рис. 5.2, и) можно изготавливать литьем под давлением, если предусмотреть удаление стержня  $p$  вверх вместе с полуформой, стержня  $q$  — в сторону влево и криволинейного стержня  $r$  — по дуге вниз.

**Толщина стенки** определяется совокупностью конструктивных и технологических факторов, главными из которых являются масса отливки, жесткость конструкции, требование по прочности и герметичности, возможность заполнения, подпрессовки и выталкивания отливки.

В процессах литья под давлением направленность затвердевания отливки затрудняется высокими скоростями кристаллизации. Поэтому необходимо разрабатывать такие конструкции отливок, в которых металл затвердевал бы во всех сечениях одновременно. Этим условиям удовлетворяют только равностенные конструкции отливок.

В конструкции должны отсутствовать массивные скопления металла, отделенные друг от друга тонкими перегородками. На рис. 5.3 приведены примеры устранения утолщенных мест, образующихся при сочленении или пересечении стенок литых конструкций.

Конструкция отливки зависит от соотношения пределов прочности при сжатии и растяжении. Например, предел прочности при

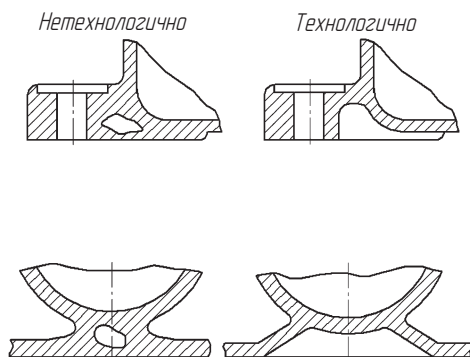


Рис. 5.3. Примеры устранения усадочных раковин



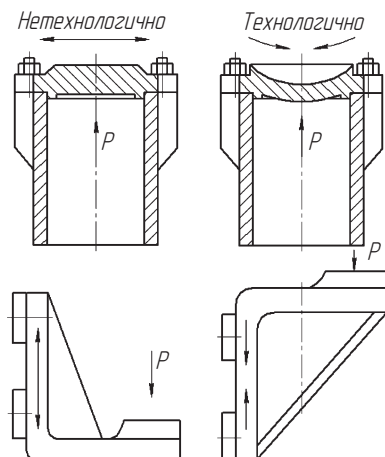


Рис. 5.4. Изменение конструкции отливки

сжатии для магниевых сплавов в 1,5–2 раза превышает предел прочности при растяжении. Это обстоятельство необходимо учитывать при выборе конструкции отливки. На рис. 5.4 показаны примеры изменения конструкции отливки, обеспечивающие замену растягивающих напряжений на сжимающие.

Толщина сечения отливок зависит от прочности и технологичности свойств сплавов. Значения минимально допустимой толщины стенки для различных сплавов в зависимости от площади внешней поверхности отливки приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Минимально допустимая толщина стенки отливок, мм

Площадь сплошной поверхности, см <sup>2</sup>	Основа сплава					
	Олово, свинец	Цинк	Алюминий	Магний	Медь	Железо
До 25	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5	1,7
25...100	0,7	1,0	1,5	1,8	2,0	2,2
100...125	1,1	1,5	2,0	2,5	3,0	3,2
250...400	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	—
400...1000	2,0	2,5	4,0	4,0	—	—

**Переходы и радиусы закруглений** существенно влияют на величину внутренних напряжений, которые в местах сочленения разностенных отливок могут привести к появлению трещин. Поэтому необходимо предусматривать плавные переходы и радиусы закруглений.

Конфигурация перехода зависит от соотношения толщины ( $\delta_1$  и  $\delta_2$ ) сопрягаемых элементов. При незначительной разнице в толщине ( $\delta_1/\delta_2 \leq 2$ ) переходы рекомендуется осуществлять по радиусу  $R$  (рис. 5.5, а), величина которого

$$R = (0,25 \dots 0,2)(\delta_1 + \delta_2) > (0,8 \dots 1,0) \text{ мм.}$$

Если  $\delta_1/\delta_2 \geq 2$ , то следует применять клиновое сопряжение (рис. 5.5, б), в которых  $l \geq 4k$ . Так как  $k = \delta_1 - \delta_2$ , то

$$l \geq 4(\delta_1 - \delta_2).$$

При перпендикулярном соединении стенок и отношении  $\delta_1/\delta_2 \leq 1,75$  (рис. 5.5, в) возможно сопряжение по радиусу

$$R = \frac{\delta_1 + \delta_2}{4}.$$

При соотношении  $\delta_1/\delta_2 \geq 1,75$  рекомендуется клиновое сопряжение, которое в зависимости от конструктивных требований выполняется с утолщением на тонкой (рис. 5.5, з) или на толстой (рис. 5.5, д) стенке. При клиновом сопряжении перпендикулярных стенок

$$k = \frac{\delta_1 + \delta_2}{2}.$$

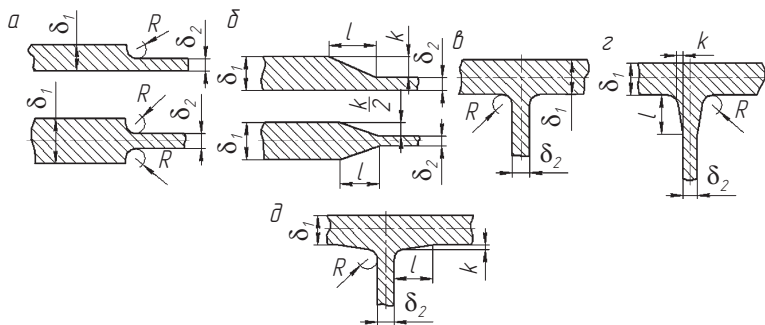


Рис. 5.5. Переходы от толстых стенок к тонким

**Ребра жесткости** применяют для усиления тонких отливок. Ребра должны иметь уклоны, по возможности равномерную толщину, закругленные внешние и внутренние края. В целях обеспечения равномерного уплотнения и охлаждения металла толщину  $\delta_p$  ребер принимают близкой к толщине  $\delta_{отл}$  стенок. Рекомендуется следующее соотношение (рис. 5.6):

$$\delta_p = (0,8..0,9)\delta_{отл}$$

где  $\delta_p$  — средняя толщина ребра, равная  $0,5(\delta_1 + \delta_2)$ .

Высота  $S$  ребра зависит от конфигурации отливки. Однако не рекомендуется, чтобы она превосходила  $10\delta_{отл}$ .

**Литейные уклоны и конусность** предназначены для облегчения удаления отливки на поверхностях, перпендикулярных плоскости разъема. Особенно важны литейные уклоны на внутренних поверхностях, оформляемых стержнями. Для внутренних поверхностей отливок, образуемых неподвижными стержнями, которые извлекают при помощи выталкивателей, необходим уклон больший (рис. 5.7, а), чем при использовании подвижных стержней (рис. 5.7, б).

Величина литейных уклонов или конусности зависит от вида сплава, стенок отливки. Уклоны внешних и внутренних поверхностей отливки определяют по табл. 5.3, они не должны быть меньше минимально допускаемых (табл. 5.4).

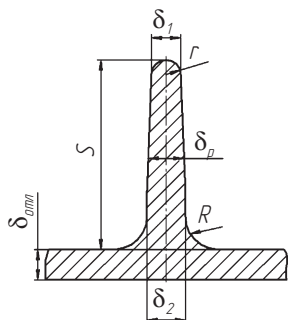


Рис. 5.6. Размеры ребра жесткости

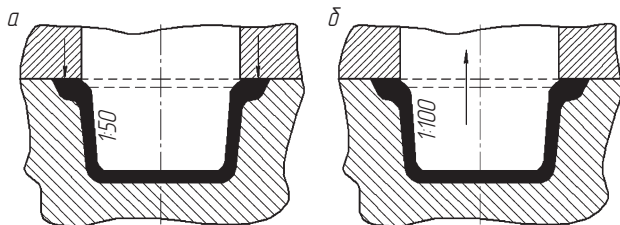


Рис. 5.7. Внутренние литейные уклоны отливок, формируемых неподвижным (а) и подвижным (б) стержнями

Таблица 5.3

**Уклоны внешних и внутренних поверхностей**

Основа сплава	Поверхности			
	Внешние		Внутренние	
	в процентах	в градусах	в процентах	в градусах
Олово, свинец	0,1...0,2	До 0°20'	0,2...0,5	0°10'...0°30'
Цинк	0,1...0,2	0°30'...0°45'	0,2...0,5	0°30'...1°
Алюминий	0,2...0,3	0°30'...1°	0,5...1,0	0°30'...1°
Магний	0,2...0,3	0°30'...0°45'	0,3...0,5	0°30'...1°
Медь	0,3...0,5	0°30'...1°	0,5...1,0	1°...1°30'
Железо	0,5...0,7	0°45'...1°	0,7...1,2	1°...1°45'

Таблица 5.4

**Минимальные уклоны поверхностей отливок при литье под давлением**

Сплавы	Поверхности			
	Посадочные		Прочие	
	Наружные	Внутренние	Наружные	Внутренние
Алюминиевые	15'	25'	30'	1°
Магниевые	15'	35'	30'	1°
Цинковые	15'	35'	15'	30'
Медные	30'	1°	45'	1°30'

**Отверстия** в отливках, получаемых литьем под давлением, выполняют двумя способами: полностью литьем или частично литьем с последующей механической обработкой. В крупносерийном и массовом производстве выгодно получать литые отверстия. В толстостенных отливках из цинковых сплавов отверстия диаметром до 1 мм, из алюминиевых и магниевых сплавов отверстия диаметром до 1,5 мм, из медных сплавов до 3 мм следует выполнять сверлением, ибо тонкие стержни быстро выходят из строя. Допустимые параметры литья цилиндрических и резьбовых отверстий приведены в табл. 5.5 и 5.6.

При конструировании отливок с отверстиями следует учитывать целесообразность применения длинных тонких стержней для оформления отверстий (рис. 5.8, а).

Таблица 5.5

**Допустимые параметры цилиндрических отверстий в отливке**

Сплавы	Минимальный диаметр, мм		Максимальная глубина, выраженная в диаметрах, для отверстий		Конусность отверстий, % длины
	Практически рекомендуемый	Технологически возможный	глухих	сквозных	
Цинковые	1,5	1,0	6	12	0,2...0,5
Алюминиевые	2,5	1,5	3	6	0,5...1,0
Магниевые	2,0	1,5	5	10	0,3...0,5
Медные	3,0	2,5	3	4	0,8...1,5

Таблица 5.6

**Минимальные размеры резьбовых отверстий в отливке, мм**

Сплавы	Шаг	Диаметр	
		Наружный	Внутренний
Цинковые	0,75	6	10
Магниевые	1,00	6	15
Алюминиевые	1,00	10	20
Медные	1,50	12	—

Отверстия в боковой стенке (рис. 5.8, б), для оформления которых необходимы подвижные стержни, часто могут быть оформлены неподвижными выступами в полуформе. Отверстия в боковых стенках лучше располагать параллельно друг другу (рис. 5.8, в), чтобы использовать для движения стержней один механизм. Боковая стенка с отверстием должна отстоять от другой стенки как минимум на 3...4 мм (рис. 5.8, г). Следует избегать расположения отверстий в подвижной и неподвижной полуформах (рис. 5.8, д). В этом случае целесообразно использовать последующую механическую обработку. Если литое отверстие трудно выполнимо, то оно может быть обозначено центром под сверление (рис. 5.8, е). Нельзя допускать пересечения отверстий, требующих пересечения отверстий в литейной форме (рис. 5.8, ж).

Толщина дна глухих отверстий должна быть минимальной, чтобы исключить действие чрезмерной усадки металла на стержни.

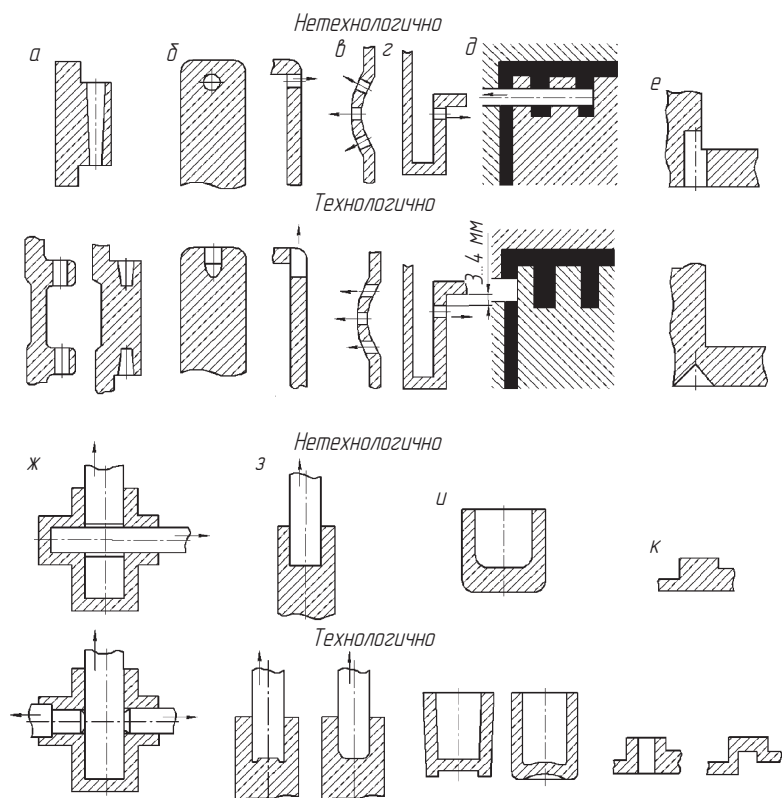


Рис. 5.8. Конструкционные варианты оформления отверстий в отливках

жень (рис. 5.8, з, и). Иногда с целью устранения локальных утолщений рекомендуется выполнять отверстия или окна (рис. 5.8, к).

При разработке чертежа отливки необходимо учитывать: положение отливки в литейной форме, места подвода расплава, конструкции литниковой и вентиляционной систем, назначение припусков на механическую обработку, уклонов и допусков на размер.

Положение отливки в литейной форме и плоскость ее разреза должны обеспечить:

- извлечение отливки из неподвижной части формы;
- минимальное количество разрезов и удобство извлечения стержней;

- рациональное расположение литниковой и вентиляционной систем;
- извлечение отливки из литейной формы манипулятором или роботом.



### 5.3. Конструкции типовых литейных форм

Форма для литья под давлением имеет одну или несколько формирующих полостей, очертания которых являются негативным отпечатком отливки. Размеры оформляющих полостей формы отличаются от размеров отливки на величину усадки заливаемого сплава. Собранный литейная форма состоит из двух основных частей — неподвижной и подвижной, в которых смонтированы все остальные детали.

Конструкции литейной формы зависят:

- от конструкции отливки;
- свойств заливаемого сплава;
- типа машины;
- характера эксплуатации оборудования и оснастки.

Учитывая эти факторы, литейные формы классифицируют по схеме, приведенной на рис. 5.9.

В зависимости от типа заливаемого сплава литейные формы отличаются конструкцией и размерами литниковой системы, материалом для формообразующих деталей, конструкцией вкладышей. Литейные формы для отливок из сплавов на основе цинка, олова, свинца, магния не требуют системы охлаждения формообразующих частей. Например, температура заливки цинкового сплава — 450 °С, алюминиевого — 650 °С, кремнистых латуней — 930 °С. Литейные формы для отливок из алюминиевых и медных сплавов работают в более жестких условиях, поэтому необходимо предусматривать систему охлаждения и комплектацию запасными формообразующими деталями. Замена запасных деталей должна производиться при условии соблюдения строгой взаимозаменяемости без дополнительной механической или слесарной обработки.

Стойкость литейных форм зависит от типа заливаемого сплава. Наиболее низкую стойкость имеют формы при отливке изде-

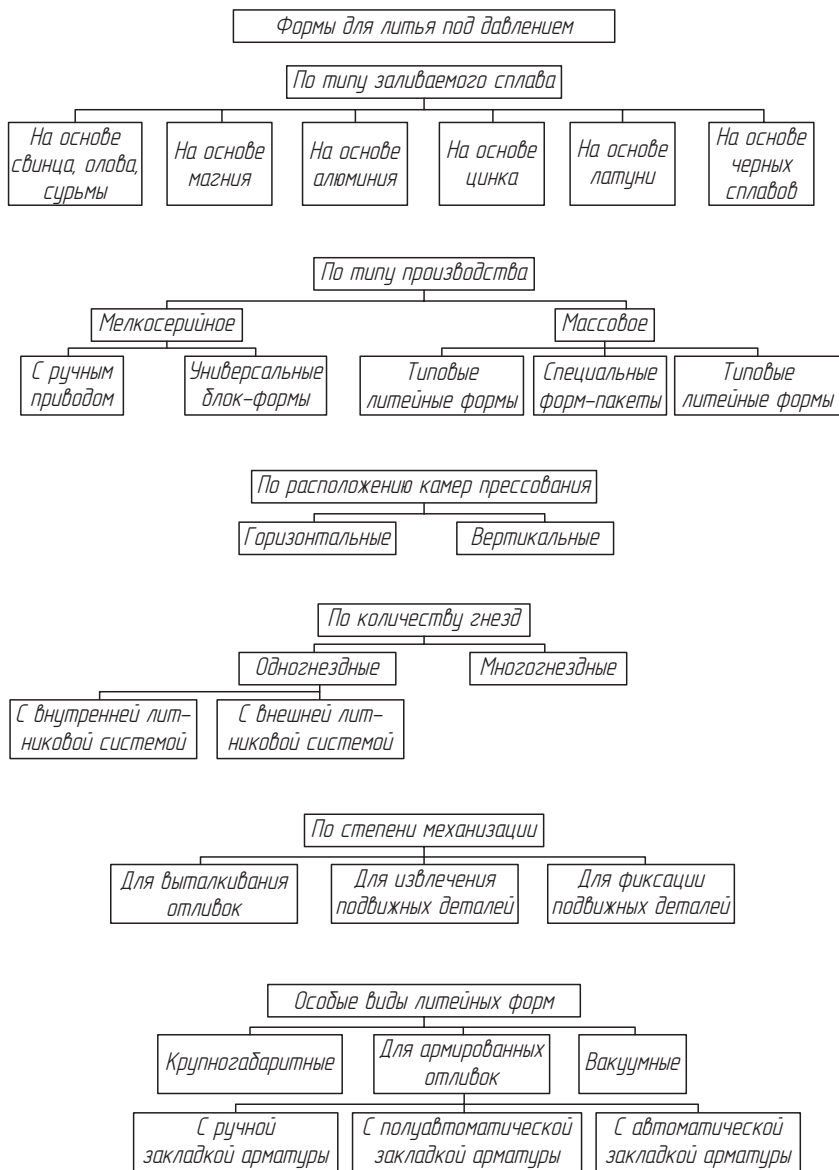


Рис. 5.9. Классификация форм для литья под давлением металла и сплавов



лий из стали. Поэтому формообразующие детали таких литейных форм изготавливают из тугоплавких металлов — молибдена, вольфрама, никеля.

По типу производства выделяют литейные формы для мелкосерийного и массового производства.

Литье под давлением чаще всего применяется в массовом и крупносерийном производстве. В отдельных случаях литье под давлением экономически выгодно для небольшого числа отливок.

**Литейные формы для мелкосерийного производства** отличаются от литейных форм массового производства упрощенной конструкцией, применением ручных операций для извлечения стержней и выталкивания отливок (рис. 5.10).

После раскрытия литейной формы оператор поворотом рычага 1 вращает зубчатый валик 5 и перемещает ползун 3. В результате стержень 4 извлекается из отливок. Выталкивание отливок осуществляется поворотом рычага 11. Зубчатый валик 10 приводит в движение рейку 9, закрепленную в плитах 7, 8. При движении плит 7, 8 выталкиватели 6 удаляют отливку.

Типовые *литейные формы для массового производства* конструируют с полной автоматизацией всех операций по извлечению стержней, подвижных вкладышей, выталкиванию отливок, возврату стержней в исходное положение (рис. 5.11).

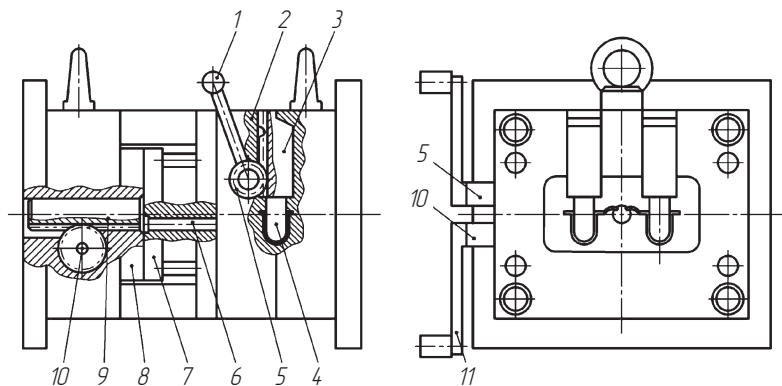


Рис. 5.10. Литейная форма с ручным извлечением стержней и выталкиванием отливок:

1, 11 — рычаги; 2 — подвижная обойма; 3 — ползун; 4 — подвижный стержень; 5, 10 — зубчатый валик; 6 — выталкиватели; 7, 8 — плиты; 9 — рейка

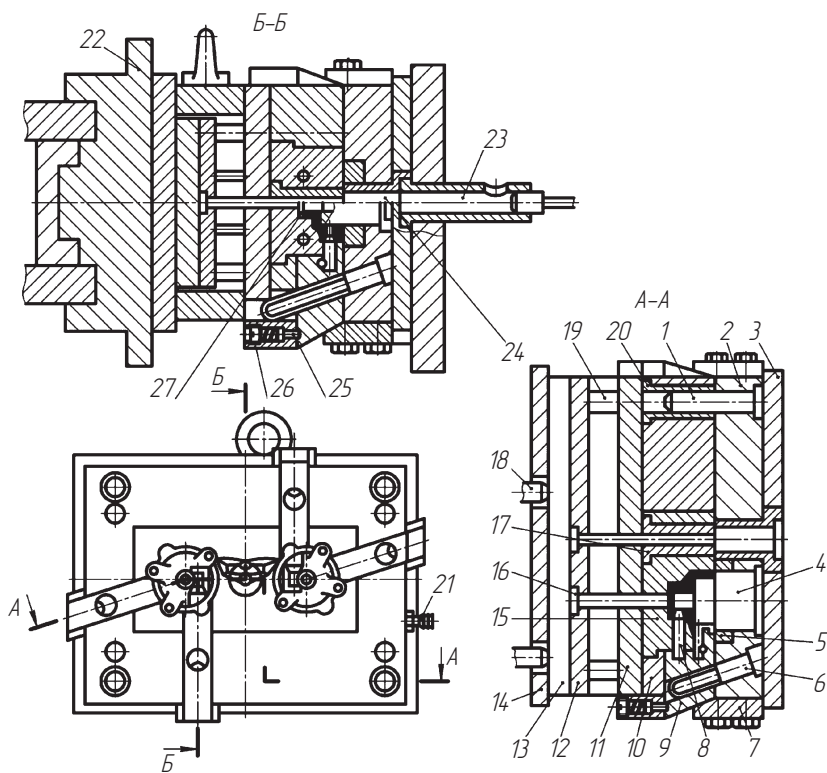


Рис. 5.11. Типовая форма для литья под давлением корпуса датчика

Неподвижную часть двухгнездовой литейной формы с помощью плиты 3 крепят к прессующему блоку литейной машины с горизонтальной камерой прессования 23, а подвижную часть с помощью плиты 14 — к постаменту 22, установленному на подвижном запирающем блоке литейной машины. Расплавленный металл поступает в форму через литниковую втулку 24, ударяется о рассекатель 17 и растекается по литниковым каналам в два гнезда, заполняя рабочую полость формы, образуя отливки 27. В плитах 2 и 10, называемых обоймами, смонтированы специальные вкладыши, в которых оформляется внешний контур отливки. Подвижный вкладыш 15 прижимается плитой 11 к обойме 10, неподвижный вкладыш 5 — к обойме 2 винтами.

При раскрытии литейной формы отливка остается в подвижной части. Стержни 8, закрепленные штифтами в ползунах 9, в первый момент после раскрытия пресс-формы снимают отливку с неподвижного стержня 4, а затем сами извлекаются из нее наклонными клин-пальцами 6. При перемещении подвижной полуформы плита 13, соединенная с плитой выталкивателей 12, упирается в неподвижные упоры 18 и останавливается. Выталкиватели 16 удаляют отливку. При закрытии формы обратные толкатели 19 упираются в неподвижную обойму 2 и возвращают выталкиватели в исходное положение.

Центрирование подвижной и неподвижной полуформ осуществляется направляющими втулками 20 и колонками 1. Привернутые винтами 26 замки 7 служат для предотвращения смещения ползунов 9 и стержней 8 под давлением жидкого металла. Для предотвращения перемещения и поломки ползунов 9 при раскрытой литейной форме применяются фиксаторы 25. Во время работы форма охлаждается водой, которая поступает по резиновому шлангу к штуцерам 21.

Преобладающее количество узлов литейных форм нормализовано и стандартизовано. Нормализация и стандартизация конструкций узлов является одним из важнейших факторов снижения себестоимости отливок за счет ограниченного применения конструкций и размеров литейных форм.

Детали и узлы нормализованных литейных форм изготавливают в виде заготовок, которые потом дорабатывают для конкретной формы. Применение заготовок сокращает время на изготовление нормализованных и стандартизованных узлов и снижает их стоимость. В массовом и крупносерийном производстве рекомендуется централизованное изготовление нормализованных и стандартизованных механизмов литейных форм.

Наиболее эффективна стандартизация на основе универсальных блоков и быстросменных пакетов.

Конструкции и размеры *универсальных блоков* должны соответствовать рис. 5.12 и табл. 5.7.

В условиях экспериментального и мелкосерийного производства применяют *стандартизованные универсальные блоки со сменными пакетами*.



Окончание табл. 5.7

$L$	$B$	$L_1$	$B_1$	$A$	$A_1$	$h$	$h_1$	$H$
440	440	530	530	320	390	60	65	380
						80		420
500	500	600	600	360	440	60		380
						80		420
						100		460
530	530	630	630	390	470	60		390
						80		430
						100		470
600	600	710	710	450	530	60		80
						80	460	
						100	500	
630	630	750	750	480	560	80	460	
						100	500	
						125	550	

Применение универсальных блоков и сменных пакетов позволяет упростить и ускорить сборку литейной формы под новое изделие. Некоторые универсальные блоки позволяют производить переналадку литейной формы для получения новой отливки прямо на машине. Установка переналаживаемой литейной формы на машине занимает 15...20 мин. Универсальный блок и пакет представлены на рис. 5.13.

По расположению камер прессования. Машины для литья под давлением делят на машины с горячей и холодной камерой прессования, а по расположению камер — на горизонтальные и вертикальные. В соответствии с этим делятся и литейные формы. Такое разделение вызвано тем, что в зависимости от устройства камеры прессования формы отличаются друг от друга конструкциями литниковых систем.

В литейной форме (рис. 5.14, а), устанавливаемой на машине с горизонтальной камерой прессования 2, расплавленный металл под действием поршня 1 из литниковой втулки 3 попадает в литниковый канал, расположенный сверху, чтобы металл до момента прессования не мог попасть в оформляющую полость самотеком.

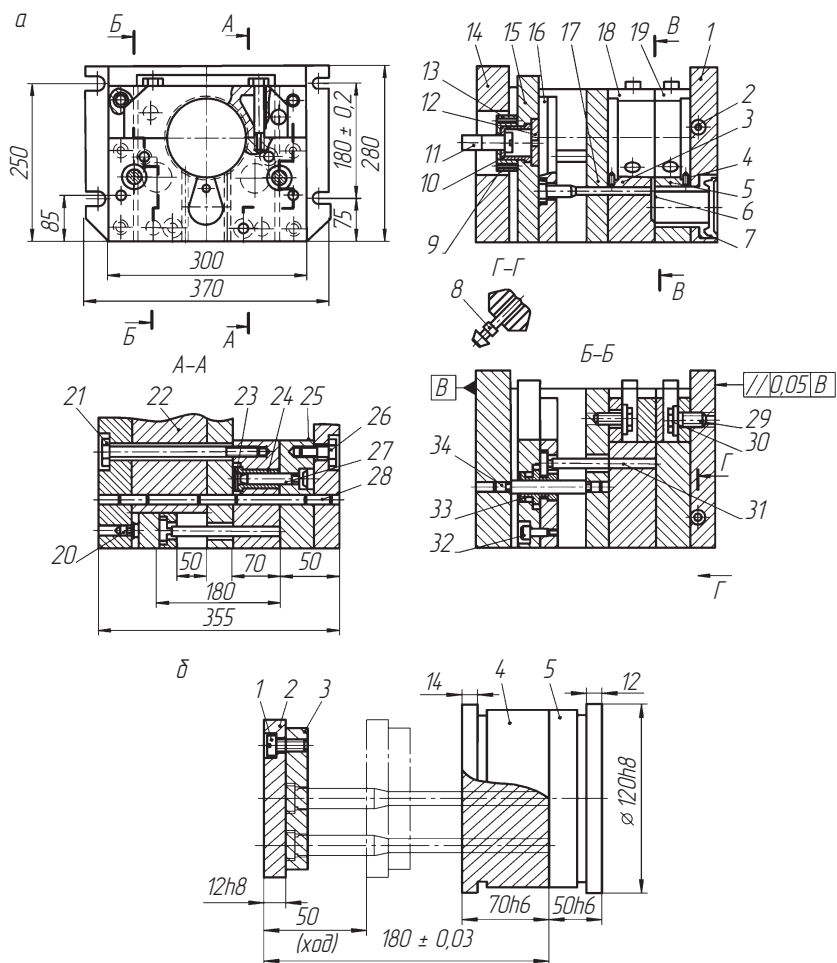


Рис. 5.13. Блок и пакет быстросменных пакетов форм литья под давлением:

*a* – блок (1 – плита крепления неподвижная; 2 – трубка; 3 – обойма подвижная; 4 – обойма неподвижная; 6 – выталкиватель; 7 – втулка литниковая; 8 – нишель; 9 – опора; 10 – втулка; 11 – винт; 12 – крышка; 13 – штифт; 14 – плита крепления подвижная; 15 – плита съема; 16 – плита выталкивателей; 17 – плита подкладная; 18, 19 – прижим; 20 – упор; 21 – болт; 22 – стойка; 23 – опора; 24 – втулка; 25 – опора; 26 – болт; 27 – колонка; 28 – штифт; 29 – болт; 30 – шайба; 31 – колонка возврата; 32 – винт; 33 – втулка; 34 – колонка); *б* – пакет (1 – винт; 2, 3 – плиты; 4, 5 – матрицы)

Затем металл поступает в общий распределительный литниковый канал 6 (коллектор), а оттуда через питатели 7 — в формообразующие полости 4. Для предотвращения быстрого износа вкладыша напротив литниковой втулки устанавливается сменная вставка 5.

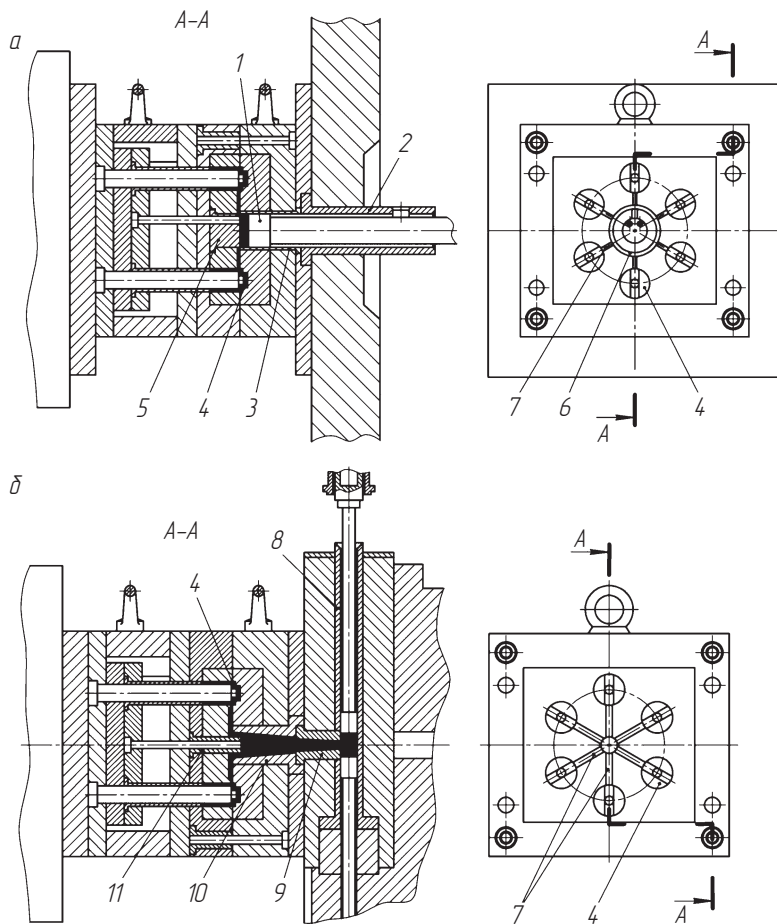


Рис. 5.14. Многогнездные литейные формы для машин с холодной камерой прессования:

*a* — горизонтальной; *б* — вертикальной; 1 — поршень; 2 — горизонтальная камера прессования; 3 — литниковая втулка; 4 — полость; 5 — сменная вставка; 6 — коллектор; 7 — питатели; 8 — вертикальная камера; 9 — мундштук; 10 — литниковая втулка; 11 — рассекатель

В *литейной форме* (рис. 5.14, б), устанавливаемой на машине с *вертикальной камерой прессования* 8, жидкий металл через мундштук 9 и литниковую втулку 10 обтекает *рассекатель* 11, а затем одновременно по литниковым каналам 7 поступает в *формообразующие полости* 4, формирующие отливку.

По количеству гнезд литейные формы подразделяют на *одногнездовые* и *многогнездовые*.

Формы для массового производства небольших отливок чаще всего применяются *многогнездными*. Вместе с ними изготавливаются комплекты запасных частей *формообразующих* деталей. Для очень мелких деталей применяются литейные формы с 50–75 гнездами. Это позволяет экономить инструментальный материал, так как на один литник и пресс-остаток приходится большое число отливок. В то же время необходимо учитывать, что стоимость *многогнездных* литейных форм значительно выше, чем *одногнездных*. В массовом производстве для однотипных по конфигурации отливок проектируются типовые литейные формы, а для ускорения изготовления широко применяются универсальные стандартные и специальные *форм-пакеты*.

Наиболее трудоемкими в обработке и дорогостоящими деталями форм являются *вкладыши*, оформляющие отливку. Стоимость их изготовления в 10–15 раз выше стоимости изготовления всех остальных деталей. Анализ экономической целесообразности использования *многогнездовых* форм показал, что для отливок средней сложности и массой до 0,15 кг из алюминиевых или магниевых сплавов оптимальное число гнезд 6.

По степени механизации в конструкции литейных форм предусматривается использование специальных механизмов для фиксации подвижных стержней при открытом и закрытом положении формы, извлечения подвижных стержней из отливок при раскрытии *пресс-формы*; выталкивания отливок из подвижной части формы. Применение того или иного механизма в отдельности или их комбинации влияет на общую конструкцию форм. Степень механизации формы определяется также характером производства и конструкцией отливок. При этом необходимо применять наиболее простые и экономически целесообразные механизмы и устройства.



На рис. 5.15 приведена литейная форма, в которой для освобождения отливки 2 необходимо только одно движение, т.е. достаточно перемещения подвижной части формы перпендикулярно плоскости разреза. В этой форме съем отливок производится подвижной плитой. Отливки 2 расположены во вкладыше 3 неподвижной полуформы. При раскрытии формы отливки остаются на стержнях 1 и вместе с подвижной полуформой перемещаются до тех пор, пока плита 10 не натолкнется на упоры литейной машины. В плитах 9 и 10 находятся обратные толкатели 8, которые при дальнейшем перемещении полуформы упираются в плиту 7, снимающую отливки со стержней. Центрирование подвижной и неподвижной частей формы производится направляющими втулками 5 и колонками 4. Для предохранения плиты 7 от выпадения в нее ввернут ограничительный винт 6.

На рис. 5.16 представлена двухгнездная литейная форма, в которой для освобождения отливок требуется четыре движения.

Внутренняя полость отливки оформляется подвижными стержнями 3, 11, 12, закрепленными штифтами 10 в ползунах 5, 9, 13,

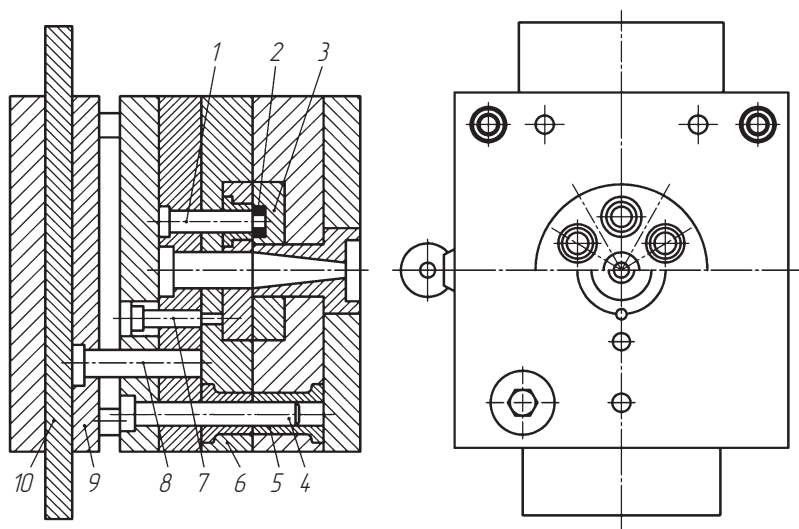


Рис. 5.15. Литейная форма с выталкиванием отливок плитой:  
1 — стержень; 2 — отливка; 3 — вкладыш; 4 — колонка; 5 — втулка;  
6, 7, 9, 10 — плиты; 8 — обратный толкатель

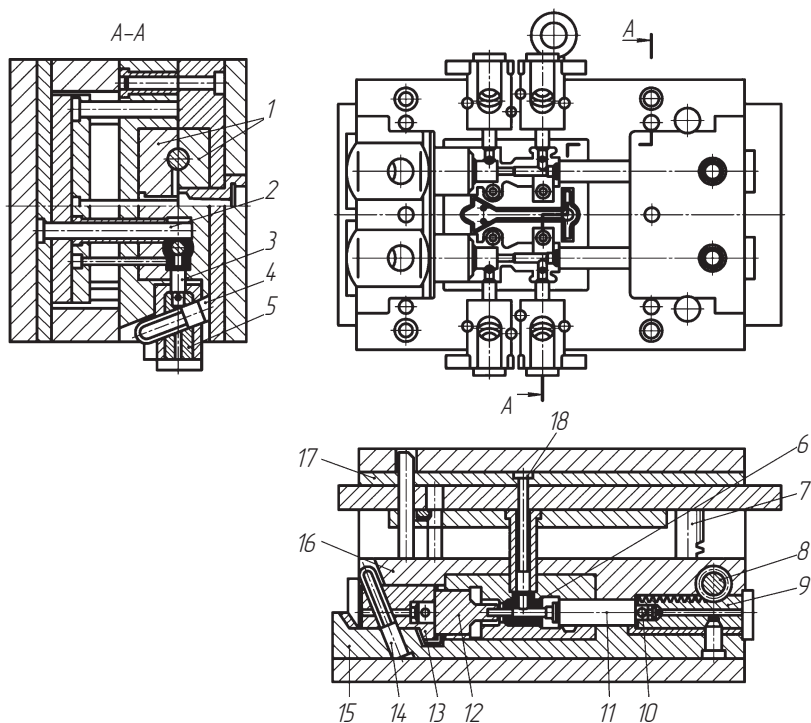


Рис. 5.16. Двухгнездовая литейная форма для литья под давлением корпуса крана

и неподвижными стержнями 2, 18, установленными в плите 17. Внешний контур отливки 6 оформляется вкладышами 1. Для удаления отливки из полости формы, кроме основного движения, необходимого для разъема формы и выталкивания, требуется еще три дополнительных движения для извлечения подвижных стержней. При раскрытии формы ползуны 5 и 13 скользят по наклонным клин-пальцам 4, 14, закрепленным в неподвижной обойме 15, извлекая стержни из отливки 6. Ползун 9 перемещается реечным механизмом, включающим рейку 7, установленную в неподвижной обойме 15, и зубчатый валик 8, установленный в подвижной обойме 16. В процессе раскрытия пресс-формы валик перекачивается по неподвижной рейке, получает вращательное движение, которое преобразуется в поступательное движение ползуна 9.

**Особые виды литейных форм.** Развитие технологий процессов литья под давлением и создание крупных литейных машин позволяет изготавливать сложные по конфигурации крупногабаритные отливки, масса форм для которых достигает 25 т. Выдвижение стержней и выталкивание отливок осуществляется только автоматически. Съем тяжелых отливок, вытолкнутых из полости формы, производится специальным устройством — съемником, работающим в автоматическом или полуавтоматическом цикле машины.

*Крупногабаритная литейная форма* для отливки шестицилиндрового блока автомобильного двигателя из алюминиевого сплава (рис. 5.17) состоит из двух частей, которые крепят к подвижной и неподвижной плитам машины.

Отливка оформляется вкладышами 3, 4 и вставками 5, 6, смонтированными на неподвижной 2 и подвижной 1 обоймах. Свыше ста отверстий в отливке оформляются неподвижными стержнями 7. Камера прессования монтируется в неподвижной части литейной формы. При раскрытии формы для извлечения подвижных стержней и освобождения отливки применяются гидравлические приводы, работа которых управляется распределителем, включенным в общую гидравлическую систему машины. После раскрытия

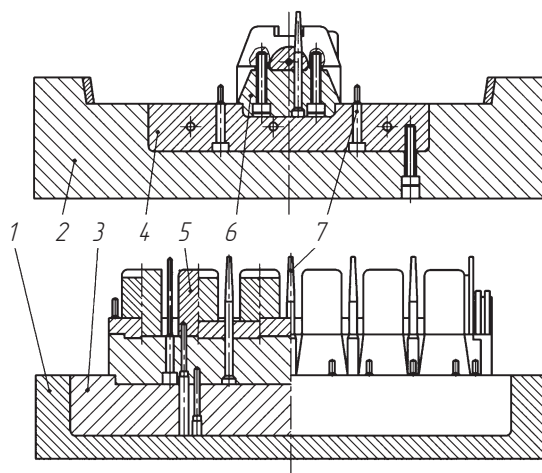


Рис. 5.17. Крупногабаритная литейная форма для литья под давлением шестицилиндрового блока цилиндров автомобильного двигателя

формы и удаления подвижных стержней включается приспособление для извлечения отливки. Для обеспечения правильной работы подвижных деталей и сохранения высокого качества отливок очень важна стабилизация температуры каждой части пресс-формы. В подвижной и неподвижной полуформах, а также во вкладышах встроены термодары и регуляторы расхода воды в системе охлаждения. Мелкие стержни охлаждаются в момент раскрытия формы струей сжатого воздуха.

*Литейные формы для армированных отливок* оснащаются специальными устройствами фиксации арматуры в том положении, в котором она должна находиться в отливке. Формы для армированных отливок могут быть ручными, полуавтоматическими и автоматическими (рис. 5.18).

В ручной форме (рис. 5.18, а) установку арматуры и выталкивание отливки производит оператор. Арматура 1 устанавливается в неподвижной части формы и удерживается в требуемом положении фиксаторами 9, 10. После раскрытия формы отливка 7 с залитой арматурой остается в подвижной полуформе. Выталкивание отливки осуществляется поворотом вручную зубчатого вала 3, находящегося в зацеплении с рейкой 2. Хвостовик рейки закреплен между плитами 4, 5, в которых смонтирован выталкиватель 6. Вращательное движение зубчатого вала преобразуется в поступательное движение толкателя 6.

В полуавтоматических формах (рис. 5.18, б) арматура устанавливается вручную, а выталкивание армированных отливок производится автоматически. Стержень-арматура 1 помещается до упора в выталкиватель 4, передвигающийся в направляющих втулках 2, 10. В процессе раскрытия формы плита 7 наталкивается на упорные штанги литейной машины (на рисунке не показаны) и получает встречное движение. Ползун 8, находящийся в плите 7, захватывает за выступ выталкиватель 4 и производит удаление отливки вместе с арматурой. В паз ползуна 8 входит клин-палец 3, который поднимает ползун 8 вверх, освобождая тем самым выталкиватель 4 от зацепления зубом. Освободившийся выталкиватель пружиной 9 возвращается в исходное положение.

В автоматических формах (рис. 5.18, в) установка арматуры и выталкивание отливок полностью автоматизированы. Арматура 5 заранее закладывается в кассету 7, которая установлена

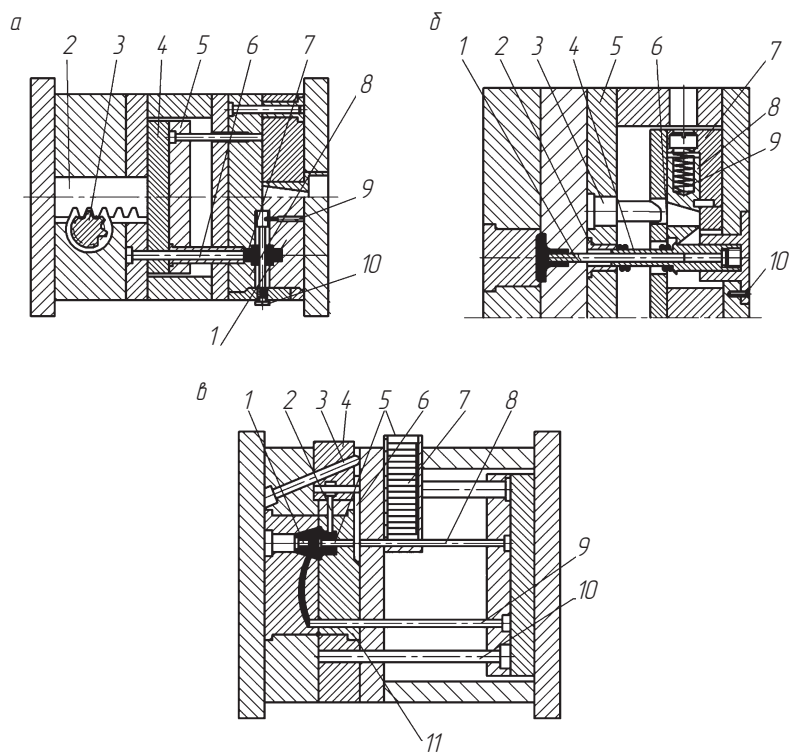


Рис. 5.18. Литейные формы для армированных отливок:  
*a* – ручная (1 – арматура; 2 – рейка; 3 – зубчатый вал; 4, 5 – плиты; 6 – выталкиватель; 7 – отливка; 8 – вставка; 9, 10 – фиксаторы); *б* – полуавтоматическая (1 – стержень-арматура; 2, 10 – направляющие втулки; 3 – клин-палец; 4 – выталкиватель; 5 – плита; 6, 9 – пружины; 7 – плита; 8 – ползун); *в* – автоматическая (1, 2 – стержни; 3 – клин-палец; 4 – ползун; 5 – арматура; 6 – стержень; 7 – кассета; 8, 9 – выталкиватель; 10 – толкатель; 11 – вкладыш)

напротив оформляющего гнезда. Арматура проталкивается в гнездо выталкивателем 8 при раскрытии формы. На боковом ползуне 4, приводимом в движение наклонным клин-пальцем 3, находится стержень 6 с заостренным краем. Этот стержень вклинивается между вкладышем 11 и арматурой, продвигаемой выталкивателем, длина которого на 1,5...3 мм меньше длины основных выталкивателей 8, 9. При закрытии пресс-формы, когда выталкиватели отво-

дятся назад, стержень 6 фиксирует арматуру и предотвращает возможность выброса жидкого металла в полость, расположенную в полуформе, если по ошибке будет осуществлена запрессовка металла без арматуры. В боковом ползуне находится подвижный стержень 2, оформляющий внутреннее отверстие. Отливка удаляется выталкивателями 8 и 9. При закрытии формы выталкиватели возвращаются в исходное положение толкателем 10; при этом стержень 6 фиксирует положение арматуры.

*Вакуумные литейные формы.* Вакуумирование формы изменяет газовый режим формы, снижая противодавление, способствует ликвидации крупной газовой пористости, особенно в утолщенных местах отливки, а также улучшает качество поверхности отливки. Вакуумирование позволяет изготавливать особо тонкостенные отливки с толщиной стенки меньше 0,1...1 мм, однако удорожает процесс. Вакуумирование рентабельно при необходимости снижения толщины стенки отливки на 30...50 %, повышения механических свойств и улучшения качества поверхностей.

В машинах с горизонтальной камерой прессования чаще всего используют системы с размещением формы в вакуумной камере или системы, в которых форма вместе с камерой прессования заключена в вакуумный кожух. На машинах с вертикальной камерой прессования форма помещается в вакуумную камеру, а узел прессования герметизируется.

Вакуумная литейная форма с холодной горизонтальной камерой прессования (рис. 5.19) представляет собой камеру, состоящую из плиты 2, закрепленной на подвижной плите 1 литейной машины, кожухов 3 и 4, неподвижной плиты 6, расположенной на неподвижной плите 7 литейной машины.

Внутри кожухов 3 и 4 размещается форма, состоящая из неподвижной 11 и подвижной 12 полуформ, плит толкателей 14 и 15. Камера прессования 8 каналом (штриховая линия), проходящим между камерой 8 и сменной втулкой 10, соединяется с вакуумпроводом 5. При закрытии формы уплотнение 16 и упоры 13 обеспечивают герметичность вакуумной камеры.

После заливки расплава в камеру прессования поворотной муфтой 9 закрывают заливное окно камеры, и она с помощью электромагнитного золотника соединяется через вакуум-провод 5 с ваку-

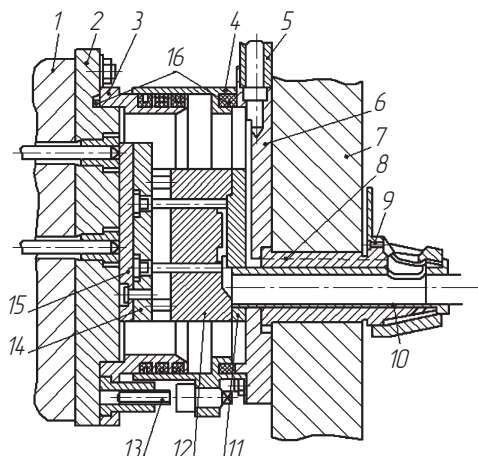


Рис. 5.19. Схема вакуумной литейной формы

умным ресивером или вакуумным насосом. В камере создается необходимое разрежение. Воздух, продукты разложения смазочного материала формы удаляются из ее полости через вентиляционные каналы; одновременно или с некоторой задержкой осуществляется подача расплава в форму.

## 5.4. Системы термостабилизации литейных форм



### 5.4.1. Расчет теплового баланса литейной формы

Температурное поле литейной формы является нестационарным, т.е. изменяется во времени. При соприкосновении жидкого металла со стенкой формы возникает интенсивная теплоотдача от жидкого металла к ее стенкам. При ритмичной работе формы через некоторое время ее температура достигает вполне определенного значения. Эта температура не зависит от начальной температуры, а определяется преимущественно теплофизическими свойствами металла, отливки и формы, а также технологическими параметрами принятого процесса и конструкцией формы.

При установившемся процессе подвод тепла  $Q_{\text{п}}$  равен отводу тепла  $Q_{\text{от}}$ :

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{от}},$$

что является основным условием теплового баланса.

**Подвод тепла** с достаточной точностью можно рассчитать по следующим формулам:

$$\begin{aligned} Q_{\text{п}} &= Q_{\text{пер}} + Q_{\text{кр}} + Q_{\text{от}} + Q_{\text{тр}} = \\ &= m_0 \left[ C'_0(T_0 - T_{\text{кр}}) + Q_{\text{п}} + C_0(T_{\text{кр}} - T_{\text{от}}) + \frac{AP_{\text{пр}}}{F_{\text{ст}} + \gamma_{\text{ж}}} \right], \end{aligned}$$

где  $Q_{\text{пер}}$  — теплота перегрева металла;  $Q_{\text{кр}}$  — теплота кристаллизации;  $Q_{\text{от}}$  — теплота твердой отливки;  $Q_{\text{тр}}$  — теплота трения;  $m_0$  — масса порции жидкого металла, кг;  $C_0$  и  $C'_0$  — теплоемкость, соответственно, твердого и жидкого металла, ккал/(кг · град);  $T_0$  — температура жидкого металла;  $T_{\text{кр}}$  — температура кристаллизации;  $Q_{\text{пл}}$  — удельная теплота кристаллизации, ккал/кг;  $T_{\text{от}}$  — температура удаления отливки, °С;  $F_{\text{ст}}$  — площадь сечения стакана, м<sup>2</sup>;  $A$  — механический эквивалент работы 1/427 ккал/кг · м<sup>3</sup>;  $F_{\text{ст}}$  — площадь сечения стакана, м<sup>2</sup>;  $\gamma_{\text{ж}}$  — плотность жидкого металла, кг/м<sup>3</sup>.

□ Теплота перегрева металла

$$Q_{\text{пер}} = m_0 C'_0 (T_0 - T_{\text{кр}}),$$

□ теплота кристаллизации

$$Q_{\text{кр}} = m_0 Q_{\text{пл}},$$

□ теплота твердой отливки

$$Q_{\text{от}} = m_0 C_0 (T_{\text{кр}} - T_{\text{от}}),$$

□ теплота трения

$$Q_{\text{тр}} = AL_{\text{тр}} = AP_{\text{тр}}S = \frac{AP_{\text{пр}}m_0}{F_{\text{ст}}\gamma_{\text{ж}}},$$

где  $L_{\text{т}}$  — рабочая температура, °С;  $P_{\text{тр}}$  — сила трения ( $P_{\text{тр}} \approx P_{\text{пр}}$ );  $S$  — рабочий ход прессующего поршня:  $S = \frac{V_0}{F_{\text{ст}}}$ ; где  $V_0 = \frac{m_0}{\gamma_{\text{ж}}}$  — объем полости стакана.



В табл. 5.8 приведены результаты расчета теплового баланса литейной формы (рис. 5.20) при изготовлении отливок из стали 20Л (масса отливки – 0,5 кг). Вкладыши литейной формы выполнены из стали 3Х13;  $C_0 = 0,16$  ккал/(кг · град);  $C'_0 = 0,2$  ккал/(кг · град);  $Q_{пл} = 65$  ккал/кг;  $T_0 = 1539$  и  $1639$  °С;  $T_{кр} = 150$  °С;  $T_{от} = 800, 1000$  и  $1200$  °С;  $P_{пр} = 130\,000$  Н;  $F_{ст} = 0,004$  м<sup>2</sup>;  $\gamma_{ж} = 7000$  кг/м<sup>3</sup>.

Таблица 5.8

## Результаты расчета теплового баланса литейных форм (рис. 5.20)

Вид отводимого тепла	$T_0, \text{°C}$	Температура отливки					
		800 °С		1000 °С		1200 °С	
		ккал	%	ккал	%	ккал	%
$Q_{пер}$	1539	2,0	2,2	2,0	2,6	2,0	3,4
$Q_{кр}$		32,5	35,2	32,5	42,6	32,5	54
$Q_{от}$		56,8	61,5	40,8	53,5	24,5	40,8
$Q_{тр}$		1,0	1,1	1,0	1,3	1,0	1,7
$Q_{п}$	1539	92,3	100	76,3	100	60	100
$Q_{пер}$	1639	10	10	10	12	10	14
$Q_{кр}$		32,5	32	32,5	38,4	32,5	48,3
$Q_{от}$		56,8	56	40,8	48,4	24,5	36
$Q_{тр}$		1	1	1	1,2	1	1,4
$Q_{п}$	1639	100,3	100	84,3	100	68	100

Результаты расчета показывают, что теплота трения составляет 1...1,7 %; теплота перегрева в комнатных условиях 2...5 %; при перегреве на 100 °С – 10...14 %. Тепловой поток в основном состоит из теплоты кристаллизации и теплоты отливки в твердом состоянии.

**Отвод тепла** от литейной формы в атмосферу вызван наличием зазоров, а также двумя периодами охлаждения. *Первый период* отвода тепла характеризуется непрерывным поступлением тепла от отливки к форме и отводом его через боковые поверхности и плоскости крепления к машине. *Второй период* отвода тепла наступает после удаления отливки. В этот период поступления тепла нет, отвод происходит через плоскости разъема формы.

Экспериментальное определение температуры показало, что при установившемся режиме работы температура внешней поверхности формы практически мало изменяется.

Для упрощения расчета можно принять, что между станинами машины и полуформами находится теплоизоляционный материал и отвод тепла на машину отсутствует. Тогда количество тепла, отведенного наружной поверхностью формы, за счет теплообмена в первый период:

$$Q'_T = \alpha_{л}(T_{ф} - T_{с})F_{нп}t';$$

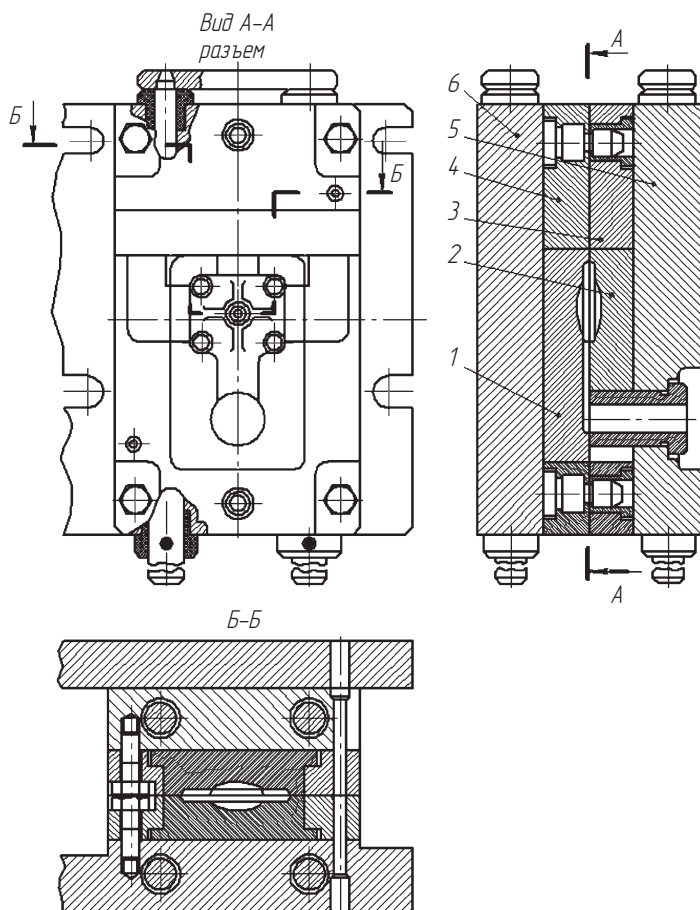


Рис. 5.20. Конструкция простейшей литейной формы:  
1, 2 – вкладыши; 3, 4 – плиты (обоймы); 5, 6 – плиты

во второй период:

$$Q_T'' = \alpha_{\text{л}}(T_{\text{ф}} - T_{\text{с}})F_{\text{нп}}t'',$$

где  $\alpha_{\text{л}}$  — коэффициент лучеиспускания; определяется по табл. 5.9;  $T_{\text{ф}}$  — температура литейной формы, °С;  $T_{\text{с}}$  — температура окружающей среды, °С;  $F_{\text{нп}}$  — площадь общей верхней поверхности литейной формы, м<sup>2</sup>;  $t'$ ,  $t''$  — продолжительность первого и второго периодов соответственно, ч

Таблица 5.9

### Значения коэффициента лучеиспускания

$T_{\text{ф}}, \text{°C}$	100	200	300	400	500
$\alpha_{\text{л}}$	5,5	8,9	13,6	20	28,1

Общее количество отведенного тепла  $Q_{\text{нп}}$  за счет теплообмена за два периода (цикл):

$$Q_{\text{нп}} = \alpha_{\text{л}}(T_{\text{ф}} - T_{\text{с}})F_{\text{нп}}t_{\text{ц}},$$

где  $t_{\text{ц}} = t' + t''$  — продолжительность литейного цикла, ч.

Количество тепла, отведенного во втором периоде за счет теплообмена по разъему формы,

$$Q_{\text{р}} = \alpha_{\text{л}}(T_{\text{ф}} - T_{\text{с}})F_{\text{р}}t'',$$

где  $F_{\text{р}}$  — площадь поверхности разъема двух полуформ, м<sup>2</sup>.

Общее количество тепла, отведенного за цикл теплообмена:

$$Q_{\text{т}} = Q_{\text{нп}} + Q_{\text{р}} = \alpha_{\text{л}}(T_{\text{ф}} - T_{\text{с}})(F_{\text{нп}}t_{\text{ц}} + F_{\text{р}}t'').$$

Общее количество тепла, отведенного лучеиспусканием, определяется из выражений:

$$Q_{\text{п}} = C \left[ \left( \frac{T'_{\text{ф}}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T'_{\text{с}}}{100} \right)^4 \right] (t_{\text{ц}}F_{\text{нп}} + t''F_{\text{р}}),$$

где  $C$  — коэффициент лучеиспускания (для стали  $C = 3,97$  ккал/м<sup>2</sup>);

$$T'_{\text{ф}} = T_{\text{ф}} + 273; \quad T'_{\text{с}} = T_{\text{с}} + 273. \quad (5.1)$$

Температуру литейной формы можно определить из уравнения теплового баланса при установившемся режиме работы, т.е.

$$T_{\text{ф}} = T_{\text{с}} + \frac{m_0 \left[ C'_0(T_0 - T_{\text{кр}}) + L_{\text{кр}} + C_0(T_{\text{кр}} - T_{\text{от}}) + \frac{AP_{\text{пр}}}{F_{\text{ст}} \gamma_{\text{ж}}} \right]}{\alpha_{\text{л}} t_{\text{ц}} (F_{\text{пр}} + F_{\text{р}})}.$$

В формуле (5.1) не учтена величина  $Q_{\text{л}}$ , так как ее значение очень мало по сравнению с величиной  $Q_{\text{т}}$ ; также принято  $t'' = t_{\text{ц}}$ .

### 5.4.2. Конструкции систем термостабилизации

**Предварительный нагрев литейных форм** позволяет избежать таких дефектов поверхности отливок, как неслитины, неспаи, узорчатость и др. Кроме того, предварительный нагрев предупреждает поверхностное трещинообразование, возможное при резком тепловом ударе. Перед началом работы формы должны быть подогреты до температуры, установленной при разработке технологических режимов и откорректированной в процессе освоения пресс-форм.

Предварительный нагрев форм осуществляется *различными способами*:

□ заливкой горячего сплава в камеру прессования с последующей подачей в полость формы и некоторой выдержкой сплава в ней. В этом случае одновременно подогреваются форма и стакан камеры прессования. Интенсивность такого нагрева во времени максимальная. Тем не менее его нельзя рекомендовать, так как при заливке даже неполными порциями горячий сплав может привариться к стержням. К тому же вследствие теплового удара на поверхности формы образуется сетка трещин;

□ пламенем газовой горелки или паяльной лампы. Обогрев паяльной лампой допустим только при условии перекрытия железными или медными листами лицевых поверхностей формы с направлением пламени лампы на эти листы. Для уменьшения потерь теплоты форму снаружи защищают теплоизоляционными листами. Предпочтительным является нагрев формы специальной кассетой, на которую направляется пламя, или газовыми горелками, изогнутыми по конфигурации полости;

□ электрокассетой, устанавливаемой в оформляющие гнезда при неполном раскрытии полуформ. Однако такой нагрев считается жестким и к тому же дорогостоящим;

□ нагретой выше 100 °С жидкостью (маслом или лучше невоспламеняющейся жидкостью), циркулирующей по каналам в форме.

**Охлаждение литейных форм в процессе работы.** Перегрев форм снижает темп работы или вызывает необходимость остановки машины. Для повышения производительности труда, а также для улучшения качества отливок и повышения стойкости форм предусматриваются различные системы охлаждения. Эти системы предназначены не только для быстрого отвода теплоты от отливки, но и для создания направленного затвердевания отливки, выравнивания и регулирования температурного поля форм.

Наиболее распространен способ охлаждения водой, циркулирующей по каналам, расположенным в обоймах или вкладышах (рис. 5.21, *а*). Вода к форме подводится по резиновым трубкам 2 через штуцера 1, ввернутые в обоймы или вкладыши. Каналы изготавливаются чаще всего сверлением. Поперечные каналы заглушаются пробками 4.

Охлаждение непосредственно вкладышей или вставок осуществляется через разветвленную систему каналов (рис. 5.21, *б*), число которых зависит от конфигурации отливки, интенсивности охлаждения и массы заливаемого металла. В крупногабаритных неподвижных стержнях, например в форме для литья под давлением блока цилиндров автомобильного двигателя, вода подается автономно через отдельные штуцера в каждую вставку.

Неподвижные центральные стержни охлаждаются через штуцера, ввернутые в их посадочную часть в крепежной плите подвижной полуформы (рис. 5.21, *в*). Циркуляция воды осуществляется с помощью перегородки, разделяющей охлаждающий канал. Для охлаждения подвижных стержней (рис. 5.21, *г*) значительной длины применяется система трубок, ввернутых в стержень и перемежающихся вместе с ним по клин-пальцу при раскрытии формы.

Водяное охлаждение наиболее эффективно в том случае, когда охлаждающие каналы расположены в непосредственной близости от отливки и литниковой втулки. Для быстрого охлаждения пресс-остатка и литников вокруг литниковой втулки рекомендуется заполнить отдельную полость, в которой циркулирует вода.

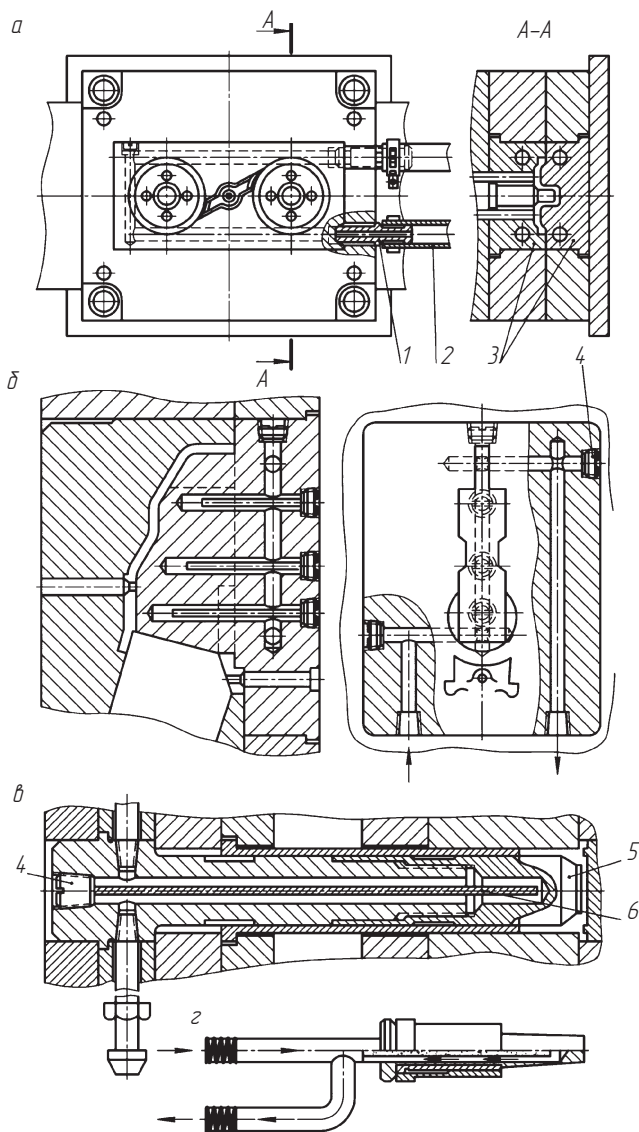


Рис. 5.21. Охлаждение: вкладышей (а, б), неподвижных (в) и подвижных (г) стержней:  
 1 — штуцер; 2 — подводящая трубка; 3 — вкладыши; 4 — пробка;  
 5 — стержень; 6 — перегородка

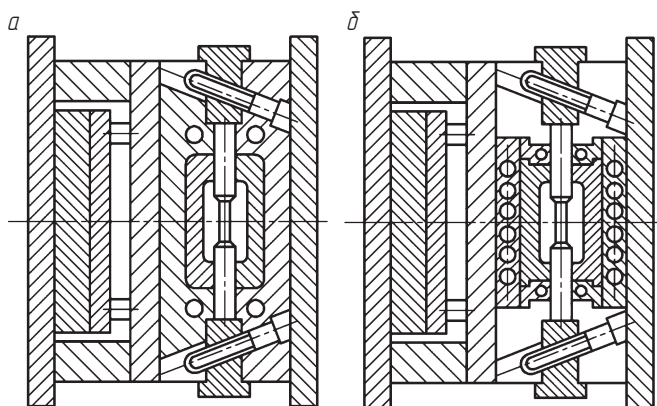


Рис. 5.22. Литейные формы с умеренным охлаждением (а) и с интенсивным охлаждением (б) вкладышей

При необходимости интенсивного охлаждения, например при литье латунных фитингов, вместо умеренного охлаждения через обоймы (рис. 5.22, а) рекомендуется вводить дополнительные обоймы-холодильники вокруг вкладышей (рис. 5.22, б).

*Обоймы-холодильники* представляют собой рамку или плиту с множеством просверленных отверстий, образующих систему, которая позволяет осуществлять прямоточное движение охлаждающей воды. Холодильники позволяют снизить тепловую нагрузку, причем при выходе из строя обойм-холодильников их можно быстро заменить.

Кроме охлаждения водой осуществляется интенсивная обдувка поверхностей пресс-форм сжатым воздухом после каждой заливки.



## 5.5. Литниково-вертикальные системы

### 5.5.1. Литниковая система

*Литниковая система* представляет совокупность каналов, по которым жидкий металл поступает из камеры прессования в формирующую полость литейной формы.

Литниковая система в литейных формах, предназначенных для установки на машинах с *вертикальной камерой прессования*,

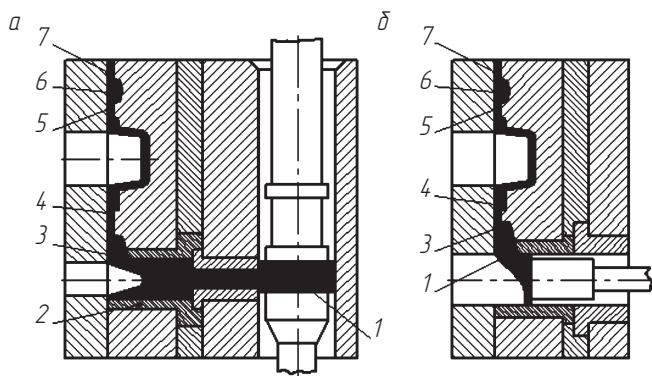


Рис. 5.23. Элементы литниково-вентиляционных систем для машин с вертикальной (а) и горизонтальной (б) камерами прессования: 1 — пресс-остаток; 2 — конический литник; 3 — подводящий канал; 4 — питатель; 5 — соединительный канал; 6 — промывник; 7 — воздуховод

состоит из следующих элементов (рис. 5.23, а): пресс-остатка 1; литникового хода или конического литника 2, соединяющего камеру прессования с плоскостью разъема формы; подводящего канала (или коллектора) 3, по которому металл подводится к оформляющей полости; питателя (или впускного канала) 4, являющегося основным элементом литниковой системы, определяющим направление и скорость движения потока металла.

Литниковая система формы для машины с *горизонтальной камерой прессования* (рис. 5.23, б) не имеет литникового хода; пресс-остаток 1 переходит сразу в подводящий канал 3. Пресс-остаток одновременно является элементом литниковой системы формы и камеры прессования. Его диаметр определяется диаметром камеры прессования. В то же время масса пресс-остатка сильно влияет на условия заполнения и затвердевания отливки. Высота пресс-остатка должна быть оптимальной в целях экономии металла, но не меньше диаметра входного отверстия литникового хода (для машин с вертикальной камерой прессования) или размера входного отверстия в подводящий канал (для машин с горизонтальной камерой прессования).

В зависимости от расположения литникового хода или камеры прессования относительно отливки выделяют три типа литниковых систем: прямые, внутренние, внешние.



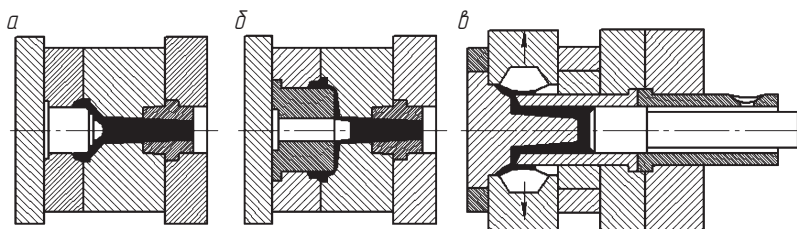


Рис. 5.24. Типы литниковых систем:  
*а* — прямая; *б, в* — внутренняя

В *прямой* литниковой системе (рис. 5.24, *а*) отсутствует подводящий канал; металл из литникового хода поступает в полость формы. При наличии в отливке центрального отверстия литниковый вход переходит в кольцевой питатель, расположенный вокруг рассекателя.

*Внутреннюю* литниковую систему (рис. 5.24, *б*) применяют для отливок, имеющих центральное отверстие или какое-либо другое отверстие, размеры которого позволяют разместить внутри полости формы подводящие каналы и питатели. Внутренняя литниковая система дает возможность уменьшить размеры формы. При установке специального рассекателя, препятствующего предварительному затеканию металла в полость формы, внутреннюю систему можно применять для круговой подачи металла в отливку на машинах с горизонтальной камерой прессования (рис. 5.24, *в*).

*Внешняя* литниковая система представляет собой наиболее распространенный вариант подвода металла к полости формы и является единственной для подвода металла в многогнездных формах (рис. 5.25).

Для увеличения числа отливок, получаемых в одной форме, используют внешний подвод металла от промежуточных каналов-коллекторов (рис. 5.25, *а-в*). Коллекторы служат в качестве дополнительных теплоносителей при необходимости поддержания высокой температуры в питателе. В одногнездных формах коллекторы используют для одновременного подвода металла к различным участкам оформляющей полости.

На рис. 5.25, *г-ж* представлены наиболее распространенные варианты внешней литниковой системы.

Проектирование литниковой системы начинается с определения места установки питателя. При этом следует:

- избегать лобового удара струи о стенки, стержни, выступы, вызывающие завихрения в потоке;
- избегать встречи потоков расплава в форме;

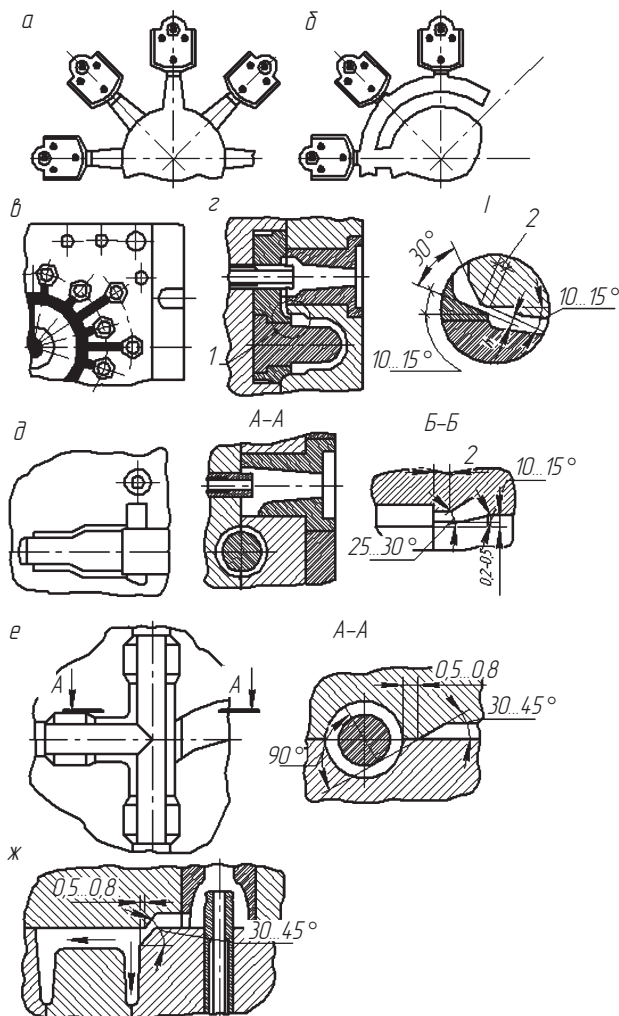


Рис. 5.25. Внешняя литниковая система

- расплав должен поступать параллельными струями;
- располагать питатели так, чтобы движение потока расплава способствовало последовательному вытеснению воздуха и продуктов разложения смазочного материала через вентиляционные каналы из полости формы.

Одним из главных принципов конструирования литниковой системы является принцип сужения каналов от камеры прессования к форме. Сужающаяся литниковая система уменьшает захват воздуха первыми порциями расплава. Площадь поперечного сечения питателей в литниковых системах любой конструкции делают меньше площади поперечного сечения подводящего канала или коллектора. Проходя через такой питатель, поток металла начинает двигаться с ускорением. В ускоряющем потоке пузырьки воздуха объединяются и выносятся.

Питатель обычного сечения имеет прямоугольную форму, а сечение подводящего канала — трапециевидную (рис. 5.26).

Площадь поперечного сечения подводящего канала

$$F_{п.к} = (1,2...1,5)f_{лит}$$

где  $f_{лит} = \delta V_{лит}$ .

Толщину подводящего канала (или коллектора)  $H_{п.к}$  можно рассчитать по эмпирической формуле

$$H_{п.к} = 0,77\sqrt{f_{лит}},$$

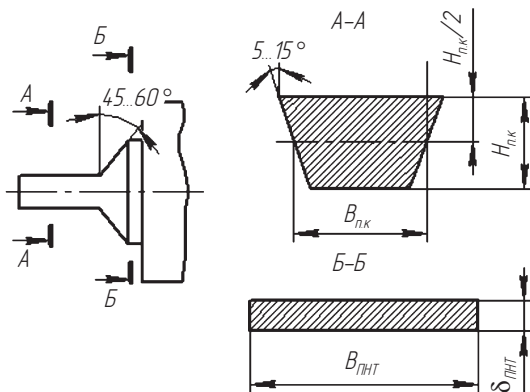


Рис. 5.26. Размеры поперечных сечений подводящего канала и питателя

ширину подводящего канала

$$B_{п.к} = \frac{F_{п.к}}{H_{п.к}} \quad \text{или} \quad B_{п.к} = (1,55...1,95)\sqrt{f_{лит}}.$$

Питатели влияют на режимы литья, и от них зависит качество отливок. Определение размеров питателей вследствие сложности физико-химических процессов, происходящих при заполнении формы, значительно затруднено. Поэтому на практике используют методы расчета, основанные на проверенных данных.

Площадь поперечного сечения питателя:

$$F_{п} = \frac{M_{отл}}{\rho vt}, \quad (5.2)$$

где  $M_{отл}$  — масса отливки, кг;  $\rho$  — плотность сплава, кг/м<sup>3</sup>;  $v$  — скорость течения расплава в питателе, м/с;  $t$  — время заполнения полости формы.

На практике часто определяют минимальные площади сечений питателя, пользуясь коэффициентом  $K$ , полученным опытным путем. Расчет основан на том, что произведение  $\gamma vt$ , стоящее в знаменателе формулы (5.2), можно считать величиной  $K$ , постоянной для каждой группы сложности отливок.

Тогда

$$F_{п} = \frac{M_{отл}}{K}.$$

Экспериментальные значения коэффициента  $K$  приведены в табл. 5.10.

Таблица 5.10

**Значение коэффициента  $K$  для расчета сечения питателя**

Сплав	Группа сложности отливок		
	Простые	Сложные	Очень сложные
На основе цинка, алюминия, меди	1,45	1,25	1,05
На основе магния	1,15	0,95	0,75

Ширина питателя

$$B_{п} = \frac{F_{п}}{\delta_{к}}.$$

### 5.5.2. Вентиляционная система

Вентиляционная система включает вентиляционные каналы, промывники и соединительные каналы. Литниковая система и правильное расположение отливки в полости формы должны обеспечить постепенное вытеснение воздуха и газов к вентиляционным каналам, которые не должны быть закупорены сплавом. Встречное движение сплава и воздуха не допускается.

Расположение *вентиляционных каналов* зависит от характера заполнения. При заполнении сплошными потоками их делают в местах, наиболее удаленных от питателя или образования гидравлического подпора. При заполнении дисперсными или дисперсно-турбулентными потоками желательно располагать вентиляционные каналы на всех участках заполнения.

Вентиляционные каналы могут располагаться в плоскости разъема (рис. 5.27, *а*), в специальных вставках (рис. 5.27, *б*) или выполняться в виде проточек на подвижных стержнях (рис. 5.27, *в*). Вентиляционные каналы имеют вид прямоугольных каналов, глубина  $\delta_b$  которых зависит от типа заливаемого сплава (табл. 5.11).

Ширина каналов не должна превышать 30 мм.

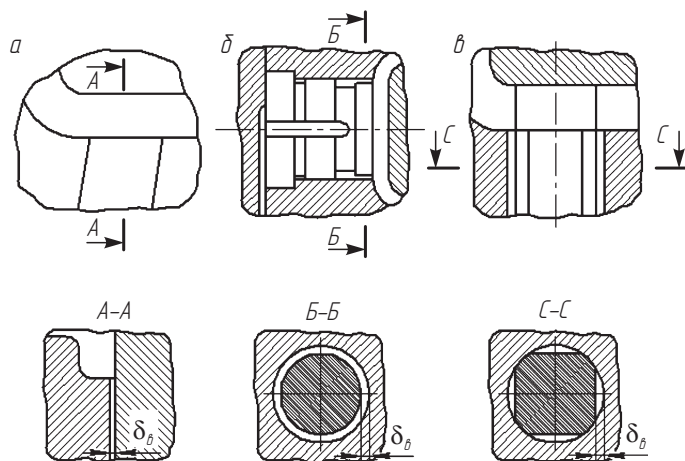


Рис. 5.27. Вентиляционные каналы в полости разъема (*а*), на специальных вставках (*б*) и подвижных стержнях (*в*)

Таблица 5.11

Зависимость глубины  $\delta_v$  вентиляционных каналов от типа заливаемого сплава (рис. 5.27), мм

Сплав	$\delta_v$	Сплав	$\delta_v$
Свинцово-сурьмяный	0,05...0,10	Магниевый	0,10...0,15
Цинковый	0,08...0,12	Медный	0,15...0,20
Алюминиевый	0,10...0,12	Сталь	0,20...0,30

Для глубоких и узких полостей рекомендуется выполнять индивидуальные вентиляционные каналы. Их выполняют в элементах вкладышей, которые выполняют составными (рис. 5.28, а). Для уменьшения сопротивления воздуха применяют промежуточные трапециевидные полости (рис. 5.28, б). Такая система вентиляции снижает возможность закупоривания каналов дисперсными частицами расплава или нагара.

Для увеличения суммарной площади вентиляционных каналов рекомендуется устанавливать *фильтры*, изготовленные из пористой керамики или собранные из металлических игл. Фильтры могут быть расположены в любой части формы, в том числе в глухих поднутрениях.

Игольчатые фильтры (рис. 5.29) обладают в несколько раз большей пропускной способностью по сравнению с пористыми керамическими. Они состоят из игл или стержней 1, соединенных

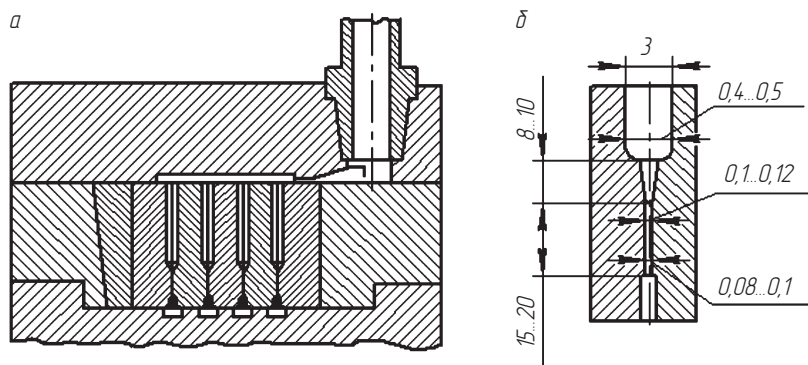


Рис. 5.28. Система вентиляции узких глубоких полостей формы (а) и размеры вентиляционных каналов (б)

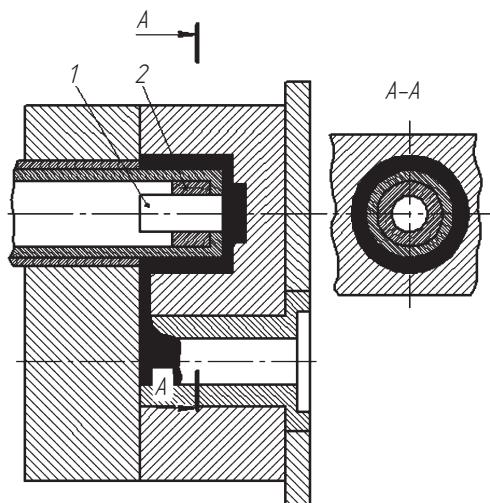


Рис. 5.29. Литейная форма с игольчатым фильтром:  
1 — игла; 2 — кольцо

между собой кольцом 2. Максимальный зазор между иглами при их плотной упаковке составляет 0,35 диаметра иглы. Диаметр игл не должен превышать 0,6 мм. Для сплавов с повышенной жидкотекучестью применяют иглы диаметром 0,15 мм.

**Промывники** — это перегонные резервуары, предназначенные для уменьшения пористости отливки. Они также способствуют сохранению оптимального теплового баланса формы. В зависимости от назначения и места установки промывники подразделяют на общие и местные. *Общие* промывники предусматриваются при проектировании литейной формы и могут располагаться во вкладышах матриц, пуансонах и плитах полуформ. Суммарный объем общих промывников, предназначенных для удаления металлогазовой смеси, составляет 20...40 % объема отливки, а объем промывников, предназначенных для стабилизации теплового режима, может составлять от 50 до 100 % объема отливки. *Местные* промывники устанавливаются в зоне слияния двух или нескольких потоков расплава. Они имеют небольшой объем (от 5 до 20 % объема отливки) и предназначены в основном для дополнительного разогрева формы в местах образования дефектов.

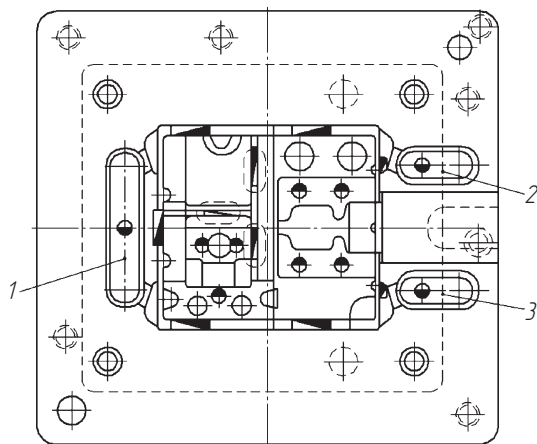


Рис. 5.30. Расположение промывников (1, 2, 3) в литейной форме для отливки «Основание»

Толщина соединительных каналов между оформляющей полостью и промывником должна быть не меньше 0,5 мм. Если промывник предназначен для удаления насыщенного газами металла, то толщина соединительного канала должна составлять 0,7...0,8 мм толщины стенки отливки, а если промывники используются как теплоносители, то меньше 0,4 мм толщины стенки отливки.

Типичный пример расположения промывников в литейной форме для отливки «Основание» приведен на рис. 5.30. В плоскости разреза находятся три промывника: 1, 2 и 3. Промывник 1 соединяется с формообразующей полостью двумя каналами, промывники 2 и 3 — каждый своим каналом.

## 5.6. Конструирование механизмов литейных форм



### 5.6.1. Стержнеизвлекающие механизмы

Механизмы литейной формы по их назначению можно разделить на три группы: стержнеизвлекающие механизмы, механизмы фиксации подвижных деталей и механизмы выталкивания отливок.



Стержнеизвлекающие механизмы делят на клиновые, реечные, комбинированные и гидравлические.

**Клиновые механизмы** предназначены для автоматического удаления стержней из тела отливки в процессе раскрытия формы (рис. 5.31).

На рис. 5.31, *а* приведен простейший клиновой механизм с наклонным цилиндрическим клин-пальцем. По клин-пальцу *1* при раскрытии пресс-формы скользит ползун *2* вместе со стержнем *6*,

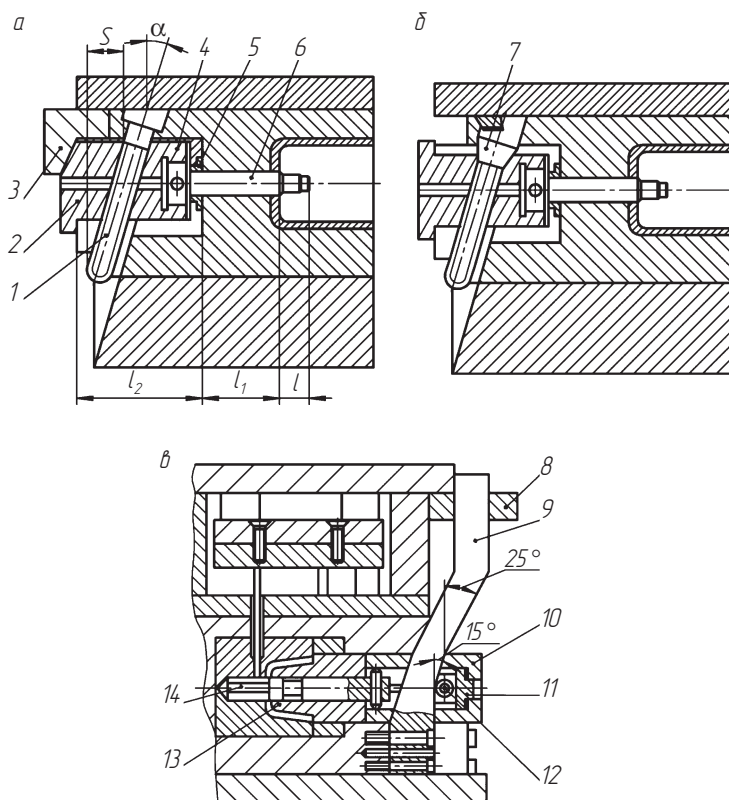


Рис. 5.31. Клиновые механизмы:

*а, б* — одноступенчатые; *в* — двухступенчатый; *1* — клин-палец; *2* — ползун; *3* — замок; *4* — специальная гильза; *5* — втулка; *6* — стержень; *7* — конус; *8* — плита; *9* — прямоугольный клин; *10* — основной ползун; *11* — ползун вспомогательный; *12* — ролик; *13, 14* — стержни

который извлекается из отливки. Фиксация ползуна осуществляется замком 3. Угол  $\alpha$  наклона клин-пальца 1 не должен превышать  $25^\circ$ . Длина  $L$  рабочей части клин-пальца зависит от максимального хода  $S$  ползуна:

$$L = \frac{S}{\sin \alpha} = \frac{l + (3...5)}{\sin \alpha},$$

где  $l$  — длина оформляющей части стержня.

Длина направляющей части стержня  $l_1 = l + (6...10)$  мм; длина ползуна  $l_2 = S + (2...3)D$ , где  $D$  — диаметр клин-пальца.

В целях предохранения от заедания ползун клинового механизма помещается в специальную гильзу 4. Втулка 5 предназначена для защиты трущихся частей ползуна от проникновения жидкого металла. Механизм с цилиндрическими клин-пальцами позволяет извлекать стержни на длину хода не более 90 мм.

Клин-палец с замком (рис. 5.31, б) используется для удаления стержней диаметром до 15 мм. Замковое устройство 7 выполняется на рабочей части клин-пальца в виде конуса с целью фиксации ползуна и стержня в процессе заполнения полости формы металлом под давлением.

Двухступенчатые клиновые механизмы (рис. 5.31, в) осуществляют последовательное удаление боковых стержней. Один конец клина находится в неподвижной полуформе, а другой заходит в плиту 8, закрепленную на подвижной полуформе.

Центральное отверстие малого диаметра оформляется в отливке внутренним стержнем 14, проходящим через основной боковой наружный стержень большего диаметра. В основном ползуне 10 смонтирован ролик 12, соединенный с внутренним стержнем 14. Ролик установлен с возможностью перемещения относительно ползуна. В процессе раскрытия формы первоначально из отливки извлекается внутренний стержень 14 в результате перемещения ролика 12 участком клина, наклоненным под углом  $15^\circ$  к вертикальной оси. В процессе дальнейшего движения подвижной части формы начинается совместное вытягивание стержней 13, 14 основным ползуном 10, скользящим по второму участку клина, который имеет наклон  $25^\circ$ .

Клин-палец имеет прямоугольное сечение и позволяет извлекать стержни больших поперечных размеров, превышающих 90 мм.

**Реечные механизмы** рекомендуется использовать при ходе стержней более 50 мм. На рис. 5.32 представлен реечный механизм для извлечения параллельно расположенных стержней. Механизм устроен следующим образом. Рейка 3 закреплена в неподвижной части формы, а зубчатый вал 5 и ползун 6 — в подвижной. При этом вал 5 находится в зубчатом зацеплении с неподвижной рейкой 3 и подвижным ползуном 6. В процессе раскрытия формы зубчатый вал поступательно перемещается вдоль неподвижной рейки и одновременно вращается вокруг своей оси (перекатывается по рейке). В результате реечному ползуну 6 сообщается поступательное движение и происходит извлечение стержня 1 из отливки. Для фиксации положения стержня в оформляющей полости предусмотрен замок 4.

В реечном механизме применяется зубчатая передача с модулем 3...4,5. При бóльшем модуле увеличиваются размеры формы. Полный ход  $T$  ползуна, который должен на несколько миллиметров превышать длину оформляющей части стержня  $l$ , определяется по формуле

$$T = nP + l,$$

где  $n$  — число шагов на рейке ползуна;  $P$  — шаг зубьев рейки;  $l$  — добавочное расстояние на выход и вход зубчатого вала в зацеплении (табл. 5.12).

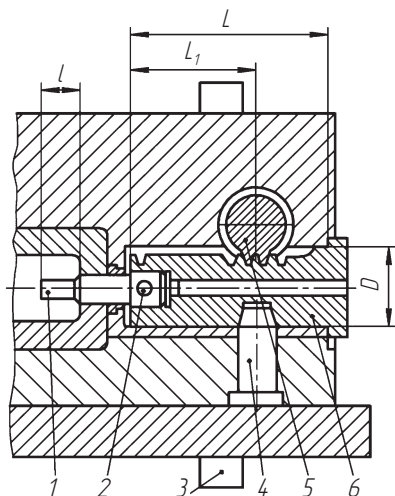


Рис. 5.32. Реечный механизм для извлечения стержней:  
1 — стержень; 2 — штифт; 3 — рейка;  
4 — замок; 5 — зубчатый вал; 6 — ползун

Таблица 5.12

Значения  $P$  и  $l$  для зубчатого зацепления, мм

Модуль зуба	$P$	$l$
3	9,42	18,4
4	12,56	24,6
5	15,70	30,7

Длина ползуна  $L = T + 2P$ . Расстояние  $l_1$  от торца ползуна до оси зубчатого валика определяется по эмпирической формуле

$$l_1 = T + 1,2D,$$

где  $D$  — диаметр отверстия для ползуна.

**Комбинированные (реечно-клиновые) механизмы** применяются для устранения недостатков, присущих клиновым и реечным механизмам в отдельности каждому. На рис. 5.33 представлен комбинированный механизм, в котором сочетаются конструктивные элементы реечного механизма: зубчатый вал, рейки (подвижная, неподвижная) и элементы клинового механизма: клин-палец, ползун. Общим конструктивным элементом является реечный ползун, в котором выполнен наклонный паз.

Комбинированный механизм работает последовательно. Первоначально стержень из отливки извлекает клиновой механизм, а потом — реечный.

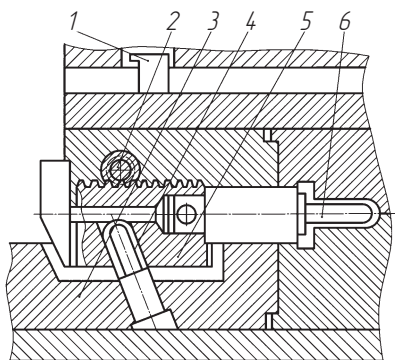


Рис. 5.33. Комбинированный механизм для извлечения стержней:  
 1 — рейка; 2 — зубчатый вал; 3 — обойма; 4 — клин-палец; 5 — ползун;  
 6 — стержень

При раскрытии формы клин-палец 4 перемещает ползун 5 на небольшое расстояние, обеспечивающее отрыв стержня 6 от отливки. Ползун 5 упирается в ограничитель, а клин-палец 4 выходит из наклонного отверстия в ползуне 5. При дальнейшем раскрытии формы рейка 1 вступает в зацепление с валиком 2, который перемещает ползун 5 вместе со стержнем 6 до полного его выхода из отливки. Рассматриваемый механизм предназначен для извлечения больших боковых стержней диаметром более 300 мм и длиной оформляющей части более 50 мм. При извлечении приходится преодолевать значительную силу сцепления стержня с отливкой.

**Гидравлический привод стержней** применяется в большинстве конструкций современных литейных машин (рис. 5.34). Привод представляет собой гидроцилиндр двойного действия, который устанавливается на одной из полуформ, чаще всего на подвижной.

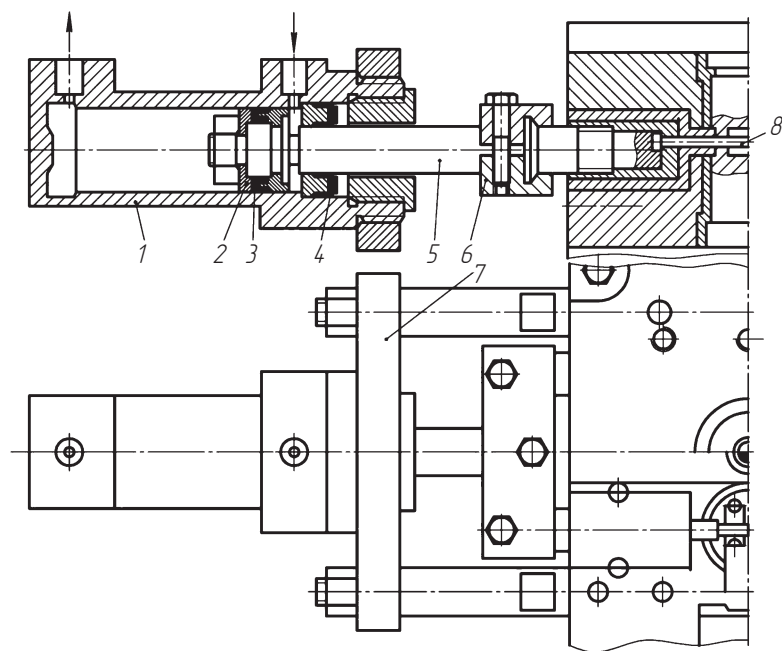


Рис. 5.34. Гидравлический привод:

1 — гидроцилиндр; 2 — поршень; 3 — манжета; 4 — сальник; 5 — шток;  
6 — муфта; 7 — кронштейн; 8 — стержень

Поршень 2 гидроцилиндра 1 закреплен на штоке 5, который посредством разрезной муфты 6 соединяется с хвостовиком стержня 8. Поршень под давлением рабочей жидкости вводит стержень 8 в зону формы, а при обратном ходе выводит его. Управление гидроцилиндром осуществляется золотником литейной машины или специальным распределительным устройством.

### 5.6.2. Механизмы фиксации стержней

Фиксация стержней должна осуществляться в закрытом рабочем, закрытом и исходном раскрытом положении формы. В рабочем положении стержни испытывают со стороны расплава высокое давление (80...100 МПа), поэтому конструкция фиксирующих механизмов должна обеспечивать надежное гарантированное удержание стержней от возможного смещения.

**Замковые механизмы** применяются для фиксации стержней в закрытом положении (рис. 5.35).

*Клиновой замковый механизм* (рис. 5.35, а) закрепляется снаружи формы. Угол наклона замка — не больше  $1^\circ$ . Применяется при небольших усилиях выталкивания стержней.

*Конический замковый механизм на клин-пальце* (рис. 5.35, б) используется при ограниченном конструктивном пространстве и близком расположении деталей. Рекомендуемый угол наклона клина —  $12...15^\circ$ . Конические замковые механизмы применяются в формах малых размеров и при незначительных осевых усилиях.

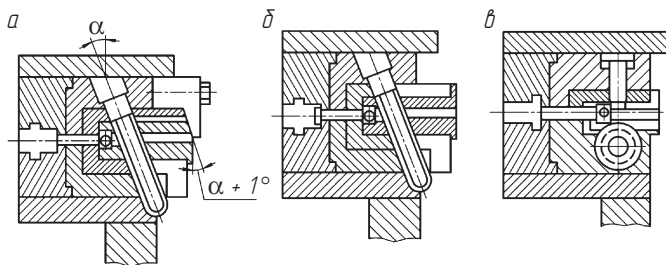


Рис. 5.35. Замковые механизмы для фиксации подвижных стержней в закрытой литейной форме:

а — клиновой; б — конический; в — пальцевый

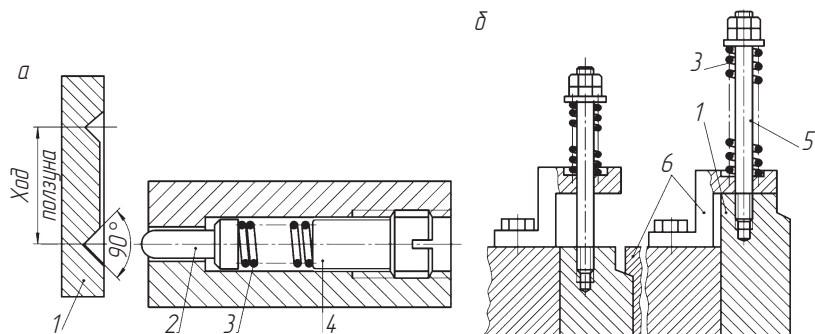


Рис. 5.36. Пружинные механизмы для фиксации стержней в открытой форме ловителем (а) и упором (б):

1 — ползун; 2 — ловитель; 3 — пружина; 4 — винт; 5 — штанга; 6 — упор

*Пальцевый замковый механизм* (рис. 5.35, в) используется при наличии свободного места для размещения в неподвижной обойме, а также в случае применения реечного механизма извлечения стержня. Пальцевые замки рекомендуется применять при небольших усилиях вытягивания стержней.

**Пружинные механизмы** (рис. 5.36) применяются для фиксации стержней в раскрытом положении.

Фиксация ползуну осуществляется двумя типами механизмов. В одном случае фиксирование осуществляется ловителем 2 по специальным отверстиям, выполненным в ползуне 1 (рис. 5.36, а). Такие фиксаторы не всегда обеспечивают надежное удержание ползуну во время работы. В процессе раскрытия формы ползун приобретает определенную скорость. Чем больше масса и скорость ползуна, тем большую кинетическую энергию он накопит после выхода из зацепления с рейкой или клин-пальцем. В результате ползун по инерции проскакивает положение фиксации.

Второй тип механизма более надежный. Ползун фиксируется в результате прижима подпружиненной штангой 5 к неподвижному упору 6 (рис. 5.36, б). Остановка движущегося ползуна сопровождается ударом, а при наличии большого количества ползуну работа пресс-формы сопровождается нежелательным шумовым эффектом.

### 5.6.3. Механизмы выталкивания отливок

Все механизмы выталкивания делятся на ручные и механические. *Ручные механизмы* применяются крайне редко, например в опытном производстве или при установке сложной арматуры. Ручные механизмы могут быть реечными, эксцентриковыми или шарнирными.

Принцип действия *механического привода* выталкивателей заключается в том, что в процессе раскрытия формы плиты выталкивателей упираются в неподвижные упоры литейной машины, а вся форма продолжает движение. В результате происходит изменение положения выталкивателей относительно подвижного вкладыша и находящейся в нем отливки, которая выталкивается.

В рабочее положение выталкиватели возвращаются при смыкании формы обратными толкателями, находящимися в плитах выталкивателей и упирающимися в неподвижную часть формы.

В некоторых случаях боковые ползуны или стержни в момент закрытия формы пересекаются с толкателями. Для предотвращения столкновения и неизбежной поломки применяются специальные механизмы отвода плит выталкивателей.

На рис. 5.37, а представлен *механизм отвода плиты выталкивателей серьгой*. Толкач 1 со скосом на конце крепится к неподвижной половине формы болтами 3 и фиксируется штифтами 2. Один конец серьги 8 находится на оси 9. На другом конце серьги на оси 7 установлены два ролика, один из которых соприкасается с толкачом 1, а второй — с закаленной планкой 5, закрепленной на плите 11. Для предохранения отжима толкача 1 на подкладной плите 12 закреплена упорная скоба 4.

При закрытии формы один из роликов 6 обкатывает поверхность скоса неподвижного толкача 1 и поворачивает серьгу 8 вокруг оси 9. Второй ролик соприкасается с планкой 5 и сообщает плите толкателей 11 движение в обратном направлении, т.е. производит предварительный отвод. На форме устанавливаются два таких механизма — один напротив другого. Они применяются в том случае, когда расстояние  $L_1$  между стержнем и выталкивателем определяется неравенством

$$L_1 < l_x \operatorname{ctg} \alpha,$$

где  $l_x$  — длина отрезка стержня, на котором он может столкнуться с выталкивателем;  $\alpha$  — угол наклона клин-пальца.



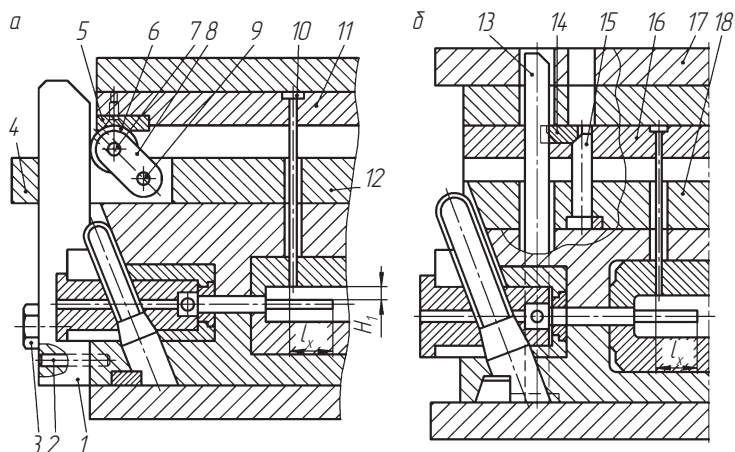


Рис. 5.37. Механизмы предварительного отвода плит выталкивателей:  
 а – серьгой; б – ползушкой; 1 – толкач; 2 – штифт; 3 – болт; 4 – скоба; 5 – планка; 6 – ролик; 7, 9 – оси; 8 – серьга; 10 – выталкиватель; 11, 12 – плиты; 13 – толкач; 14 – ползушка; 15 – замок; 16, 17, 18 – плиты

Механизм отвода плиты выталкивателей ползушкой работает следующим образом (рис. 5.37, б). В неподвижной части формы установлен толкач 13 со скосом на конце под углом  $45^\circ$ . Длина толкача на 2...8 мм меньше длины всей формы. В подкладной плите 18 закреплен замок 15 со скосом на конце под углом  $45^\circ$ . Толкач и замок фиксируются шпонками. В гнезде плиты выталкивателей 16 находится ползушка 14 со скосом с двух сторон под углом  $45^\circ$ . При закрытии формы толкач 13 упирается скосом в ползушку 14, скользящую по замку 15, и отводит плиту 16 на величину полного хода выталкивателей. При этом боковой стержень входит в полость формы, не сталкиваясь с выталкивателем 10. При дальнейшем закрытии формы плита 16 вместе с прижимной плитой доходит до плиты основания 17, а ползушка 14, соскользнув с замка 15, отодвигается скосом толкача в сторону. При раскрытии формы толкач 13, скользя по ползушке 14, заставляет ее упираться скосом в замок 15, что исключает возможность перемещения плиты 16. Происходит задержка выталкивания на длину раскрытия формы, необходимую для выхода стержня из опасной зоны. После того как стержень выйдет из оформляющей полости на расстояние, гарантирующее невозможность столкновения с выталкивателем, толкач 13

освобождает ползушку 14. Под действием скоса замка 15 она отодвигается в сторону толкача и скользит по нему, а плита 16 вместе с выталкивателями осуществляет удаление отливки.

Механизм отвода плиты выталкивателей ползушкой рекомендуется использовать в формах с клиновым или реечным механизмом извлечения стержней при ходе выталкивания до 50 мм. При большем ходе выталкивания увеличивается длина толкача, а в результате и размеры формы. Поэтому в указанных случаях применяются механизмы предварительного отвода выталкивателей серьгой с роликом.

**Выталкиватели** предназначены для снятия отливки с выступающих элементов вкладышей и стержней, расположенных в подвижной полуформе. Конструкция и количество выталкивателей зависит от конфигурации отливки и расположения ее в форме. Наиболее распространены *цилиндрические* выталкиватели (рис. 5.38, а), которые просты в изготовлении и эксплуатации. Диаметр цилиндрических выталкивателей изменяется от 1,5 до 20 мм. Выталкиватели большой длины и малого диаметра  $d$  рекомендуется выполнять *ступенчатыми* с утолщенным основанием (рис. 5.38, б).

Для удаления тонкостенных отливок, глубоко расположенных в подвижном вкладыше, применяются выталкиватели *прямоугольного сечения* (рис. 5.38, в). Ширина выталкивателя  $a$  не должна превышать его толщину  $b$  более чем в 3 раза. Такие выталкиватели имеют, как правило, круглое основание. Для снятия отливки с неподвижных цилиндрических стержней диаметром  $d$  используются *трубчатые* выталкиватели с наружным диаметром  $D$  (рис. 5.38, г), основным преимуществом которых является сосредоточенное приложение усилия сталкивания непосредственно по контуру стержня.

Если на торце кольцевой отливки имеются выступы, не позволяющие использовать трубчатый выталкиватель, применяется *сегментный* выталкиватель. Последний изготавливают в виде отдельных элементов втулки, у которой в выталкивающей части вырезаны сегментные выступы (рис. 5.38, д). Число выталкивающих сегментов зависит от размеров отливки.

Для надежной работы любого выталкивающего устройства необходимо, чтобы направляющая часть выталкивателей была достаточной длины (не менее 20 мм). Диаметр отверстий в плитах,

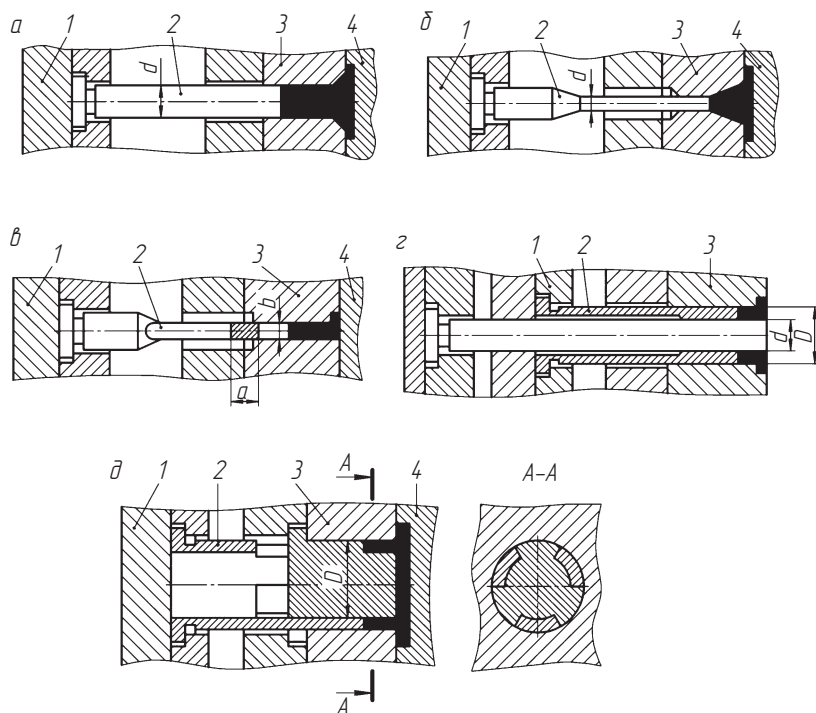


Рис. 5.38. Конструкции выталкивателей:

*a* – цилиндрический; *б* – ступенчатый; *в* – прямоугольный; *г* – трубчатый; *д* – сегментный; 1 – плита; 2 – выталкиватель; 3 – подвижная половина литейной формы; 4 – неподвижная половина литейной формы

через которые проходят выталкиватели, должен быть на 0,5 мм больше диаметра самого выталкивателя. Направляющая выталкивателей выполняется по качеству 7 и шероховатостью поверхности  $Ra$  1,25 мкм. Выталкиватели крепятся в плите с помощью буртика. Для упрощения сборки формы диаметры отверстий в плите выталкивателей увеличиваются на 1 мм.



## 5.7. Расчет основных параметров литейных форм

### 5.7.1. Расчет литейной формы на раскрытие

При неплотном прилегании полуформ имеет место падение давления, обуславливающее брак. Кроме того, возможен выброс жидкого металла, опасный для оператора и вызывающий порчу литейной машины. Усилие запираения формы должно обеспечить плотное смыкание полуформ, а значит, оно с запасом может превышать распирающие усилие жидкого металла внутри сомкнутой формы.

Расчет на раскрытие ведется в зависимости от расположения отливки относительно оси запирающего механизма машины.

В случае когда поверхности отливок и литниковой системы расположены *симметрично относительно оси* (рис. 5.39, а), усилия запираения  $P_{\text{зап}}$  должны превосходить разжимающее усилие  $P_{\text{ф}}$  от давления жидкости металла:

$$P_{\text{зап}} \geq kP_{\text{ф}} \geq kp_{\text{ф}} \sum F_{\text{отл}},$$

где  $k$  — коэффициент запаса (для машин с вертикальной камерой прессования  $k = 1,15$ , с горизонтальной камерой —  $k = 1,25$ );  $p_{\text{ф}}$  — давление металла в форме, которое допустимо принять равным давлению в камере прессования.

Если проекция отливки  $F_{\text{отл}}$  расположена *асимметрично относительно оси* литниковой втулки и оси запирающего механизма (рис. 5.39, б), то сила  $P_{\text{ф}}$ , действующая по оси машины со стороны формы, определяется из уравнений множества сил, стремящихся раскрыть форму относительно поверхности А:

$$P_{\text{ф}} = \frac{P_1(l_0 + l_1) + P_2(l_0 + l_2)}{l_0},$$

где  $P_1 = p_{\text{ф}}F_{\text{л}}$  — сила действия металла со стороны литниковой системы;  $P_2 = p_{\text{ф}}F_{\text{отл}}$  — сила действия металла со стороны отливки;  $l_0$  — расстояние от оси машины до точки А;  $l_1$  — расстояние от оси литниковой втулки и машины до центра приложения силы;  $l_2$  — расстояние от оси машины до центра приложения силы  $P_2$ .

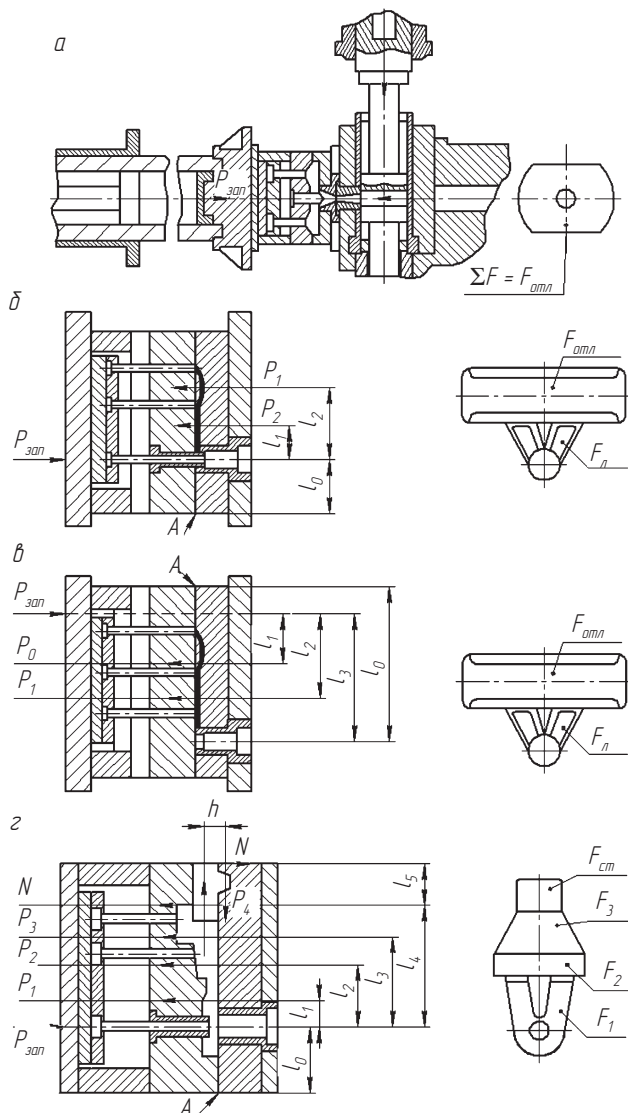


Рис. 5.39. Схема расположения отливок и литниковых каналов относительно оси запирающего механизма:  
*a* — симметрично; *б* — асимметрично; *в* — ниже оси; *з* — асимметрично относительно камеры прессования

Величина  $l_0$  определяется из неравенства

$$l_0 \geq \frac{P_1 l_1 + P_2 l_2}{\frac{P_{\text{зап}}}{k} - P_1 - P_2} \geq \frac{F_{\text{л}} l_1 + F_{\text{отл}} l_2}{\frac{P_{\text{зап}}}{k p_{\Phi}} - F_{\text{л}} - F_{\text{отл}}}$$

При расположении оси камеры прессования или литниковой втулки *ниже оси запирающего механизма* (рис. 5.39, в) расстояние  $l_0$  от осей камеры до точки  $A$  определяется неравенством

$$l_0 \geq \frac{F_{\text{л}} l_1 + F_{\text{отл}} l_2}{\frac{P_{\text{зап}}}{k p_{\Phi}} - F_{\text{л}} - F_{\text{отл}}} - l_3$$

Если поверхности проекций отливок и литниковой системы расположены *асимметрично относительно камеры прессования*, а форма имеет боковой подвижный стержень (рис. 5.39, г), то подвижный стержень создает дополнительный момент, требующий увеличения запирающего усилия. Условие нераскрытия формы в этом случае выражается неравенством

$$l_0 \geq \frac{P_1 l_1 + P_2 l_2 + P_3 l_3 + P_4 l_4 \frac{h}{l_5}}{\frac{P_{\text{зап}}}{k} p_{\Phi} - F_1 - F_2 - F_3 - F_4 \frac{h}{l_5}} \geq \frac{F_1 l_1 + F_2 l_2 + F_3 l_3 + F_4 l_4 \frac{h}{l_5}}{\frac{P_{\text{зап}}}{k} p_{\Phi} - F_1 - F_2 - F_3 - F_4 \frac{h}{l_5}}$$

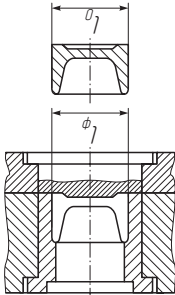
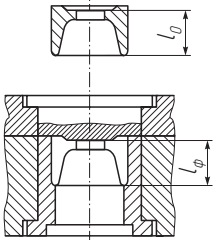
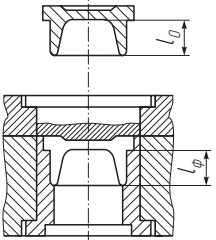
### 5.7.2. Расчет исполнительных размеров оформляющей полости литейной формы

Расчет выполняется следующим образом. По чертежу детали разрабатывается чертеж отливки, на котором указываются оптимальные плоскости разъема, места выталкивания, подвода питателей и отвода соединительных каналов к промывникам.

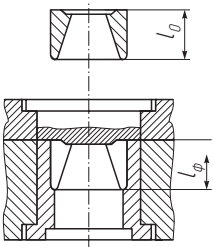
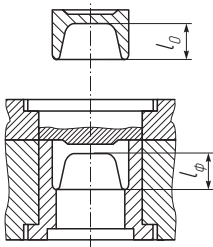
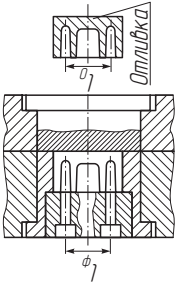
Сложные по конфигурации отливки имеют большое число размеров, выполняемых несколькими оформляющими элементами, вычерченными на разных листах чертежей. Для исключения ошибок рекомендуется перед простановкой исполнительных размеров на оформляющих деталях выполнять по чертежу отливки условный литейный чертеж отливки, отображающий полость пресс-формы. Размеры для условного чертежа отливки рассчитываются по формулам, приведенным в табл. 5.13.

Таблица 5.13

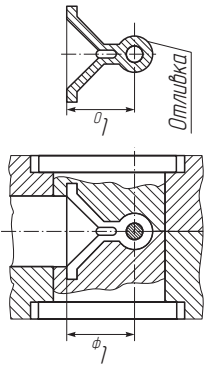
## Исполнительные размеры полостей литейных форм

Наименование	Эскиз	Расчетная формула
Наружный размер отливки $L_0^{+T_0}$		$L_0^{+T_0} = L_0 \left( 1 + \frac{k}{100} \right) - 0,7T_0$
Размер отливки, связанный с разъемом литейной формы $L_0^{+T_0}$		$L_0^{+T_0} = L_0 \left( 1 + \frac{k}{100} \right) - 0,7T_0 - T_1$
Размер отливки, не связанный с разъемом литейной формы $L_0 \pm T_0/2$		$L_0 \pm T_0/2 = L_0 \left( 1 + \frac{k}{100} \right)$

Окончание табл. 5.13

Наименование	Эскиз	Расчетная формула
Размер сквозного отверстия в отливке $L_{\Phi}^{+T_0}$		$L_{\Phi}^{+T_0} = L_0 \left( 1 + \frac{k}{100} \right) - 0,7T_0 - T_1$
Размер глухого отверстия в отливке $L_{\Phi}^{T_0}$		$L_{\Phi-T_0} = L_0 \left( 1 + \frac{k}{100} \right) - 0,7T_0$
Размер между осями отверстий в отливке $L_0 \pm T_0/2$		$L_{\Phi} \pm T_{\Phi}/2 = L_0 \left( 1 + \frac{k}{100} \right)$



<p>Размер между осью отверстия в отливке и торцевой частью стержня <math>L_0 \pm T_0/2</math></p>		$L_{\Phi} \pm T_{\Phi}/2 = \left( L_0 - \frac{T_2}{2} \right) \left( 1 + \frac{k}{100} \right)$
---	--	---

*Примечание.*  $L_{\Phi}$  — номинальный исполнительный размер оформляющей полости отливки по чертежу, мм;  $N$ , мм;  $L_0$  — номинальный размер отливки по чертежу, мм;  $k$  — коэффициент усадки заливаемого сплава, %;  $T_0$  — допуск на соответствующий номинальный размер отливки, мм;  $T_1$  — дополнительный допуск на размеры отливки, связанный с размером литейной формы, мм;  $T_2$  — дополнительный допуск на размеры отливки, связанный с подвижными стержнями, мм;  $T_{\Phi}$  — допуски на исполнительный размер оформляющей полости литейной формы, мм.

## 5.8. Формообразующие детали литейных форм



Формообразующие детали являются наиболее ответственными. Они соприкасаются с жидким сплавом, подвергаются термическому воздействию и механическим нагрузкам. Эти детали изготавливаются из жаростойких сталей, обладающих высокими механическими свойствами. Для повышения износостойкости и уменьшения химического взаимодействия с заливаемым сплавом формообразующие детали подвергаются термообработке, а их рабочие поверхности — цианированию, азотированию, фосфатированию и другим методам упрочнения. Марка стали и режим термообработки зависят от температуры плавления заливаемого сплава. В целях уменьшения сопротивления выталкиванию отливок из формы и повышения качества поверхности отливок рекомендуется обрабатывать рабочие поверхности формообразующих деталей до шероховатости  $Ra\ 0,32$ .

Вкладыши и вставки — детали форм, имеющие полость, в которой оформляются наружные поверхности отливок.

Конструкции *вкладышей* и расположение в них оформляющих полостей определяют размеры формы, а контур вкладышей определяется конфигурацией отливки. Чаще всего вкладыши имеют прямоугольную или цилиндрическую форму.

Габаритные размеры вкладышей устанавливаются исходя из условия, что расстояние от рабочей полости до края вкладыша (толщина стенки) должно быть не менее 20 мм. В мелкосерийном производстве, когда формы эксплуатируются периодически, допускается уменьшить это расстояние до 10 мм. При определении высоты вкладышей учитывается необходимость устойчивого положения вставок. С этой целью к размеру глубины оформляющей полости добавляется не менее 15 мм для посадки. При конструировании вкладышей рекомендуется соблюдать принцип равностенности сечений. Местные утолщения затрудняют термообработку и могут привести к короблению, появлению закалочных трещин и дополнительных внутренних напряжений, снижающих стойкость вкладышей.

Вкладыши крепятся в обоймах форм различными способами. *Врезные* вкладыши крепятся винтами (рис. 5.40, а). По мере износа

резьбы и снижения усилия затягивания вкладыш может расшатываться в гнезде. *Сквозные* вкладыши закрепляются в обоймах с помощью опорного буртика (рис. 5.40, б), высота которого (6...12 мм) зависит от усилия выталкивания отливки. Этот способ крепления более надежен и прост. *Круглые* вкладыши фиксируются от проворота в обоймах штифтами (рис. 5.40, в) или шпонками (рис. 5.40, г). Оформляющая полость иногда изготавливается не в отдельных вкладышах, а непосредственно в *обойме* (рис. 5.40, д), которую часто называют матрицей. Использование таких конструкций литейных форм экономически целесообразно только для литья сплавов с низкой температурой плавления. При литье сплавов с высокой температурой плавления применяются вкладыши, у которых оформляющая полость выполнена с *двух сторон* (рис. 5.40, е). Эти вкладыши фиксируются буртиками, расположенными симметрично относительно торцовых плоскостей вкладыша.

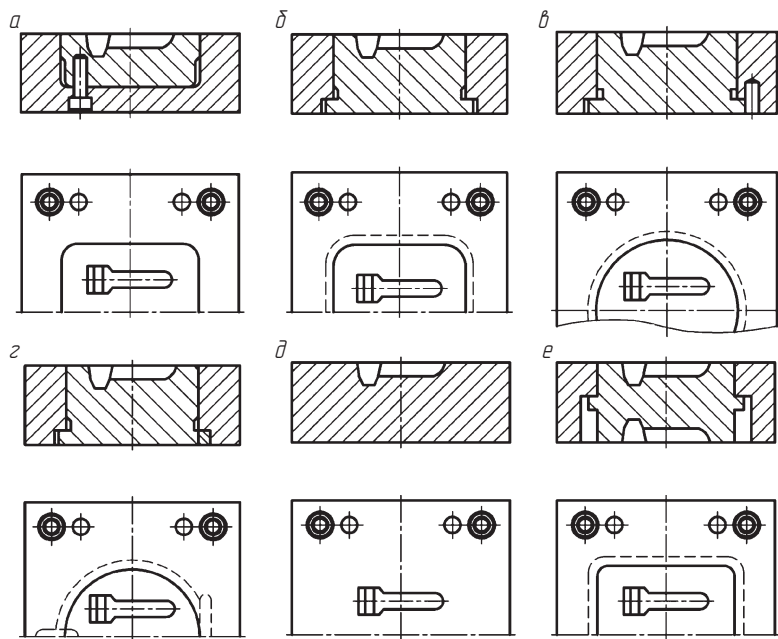


Рис. 5.40. Конструктивные варианты крепления вкладышей в обойме:  
 а — винтами; б — буртиком; в — штифтами; г — шпонками; д — цельный вкладыш — матрица; е — двусторонний вкладыш

Если отливка имеет сложные по конфигурации углубления или отверстия, оформляемые стержнями большой длины или сложной формы, то вкладыши состоят из нескольких вставок.

Применение **вставок** значительно сокращает затраты на механическую обработку формы. В некоторых случаях вставки предназначены для замены наиболее быстроизнашивающихся деталей оформляющей полости, подверженных непосредственно воздействию струи металла. Вставки должны тщательно подгоняться друг к другу. В противном случае образуются зазоры металла, ухудшающие поверхность отливки. Вставки устанавливаются таким образом, чтобы облой, возникающий при попадании жидкого сплава в зазор между вставкой и вкладышем, располагался на отливке в направлении ее удаления.

Размеры оформляющих частей вкладышей и вставок выполняются с точностью на один квалитет выше, чем допускаемые размеры отливок. Посадочные размеры выполняются точно по 7–8-му квалитету (рис. 5.41). Отверстия под цилиндрические и трубчатые

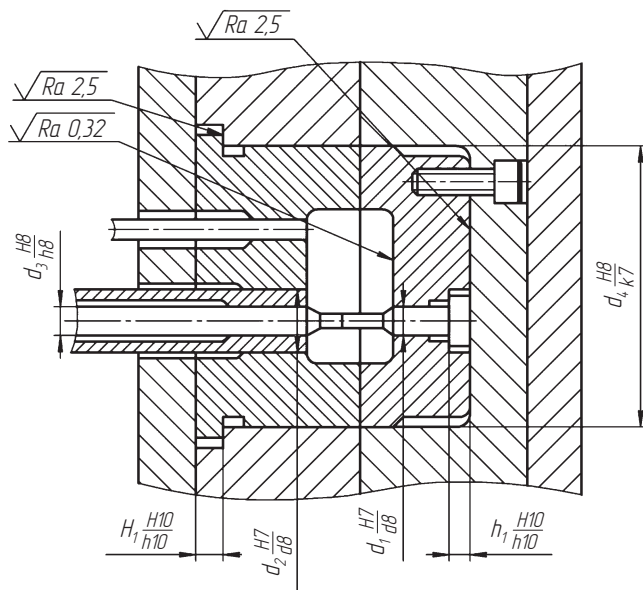


Рис. 5.41. Посадочные размеры и шероховатость поверхностей вкладышей

выталкиватели выполняются по посадке  $H7/d8$ . Неподвижный стержень с трубчатым выталкивателем рекомендуется сопрягать по посадке  $H7/h8$ . Оформляющие поверхности вкладышей и вставок выполняются с шероховатостью поверхности  $Ra\ 0,32$  мкм, а остальные поверхности — с шероховатостью поверхности  $Ra\ 2,5$  мкм.

**Стержни** могут быть неподвижными и подвижными.

*Неподвижные стержни* устанавливаются в форме перпендикулярно плоскости разъема. Для облегчения удаления отливки стержни выполняются конусными или с уклоном. Конусность стержней, установленных в неподвижной полуформе, должна быть больше конусности подвижной полуформы, чтобы при раскрытии пресс-формы отливка осталась на стержнях подвижной части. Для предотвращения коробления и поломки отливок при их удалении около стержней в подвижной полуформе устанавливаются дополнительные выталкиватели.

Неподвижные стержни крепятся в пресс-форме различными способами (рис. 5.42). Наиболее распространен способ крепления стержней буртиком, опирающимся на подкладную плиту 1 (рис. 5.42, а). Высота  $H$  посадочной части стержня зависит от размера оформляющей части. При наличии врезных вкладышей стержни опираются на дно обоймы (рис. 5.42, б). Стержни небольшого диаметра рекомендуется пропускать через обойму до упора в подкладную плиту (рис. 5.42, в). В многогнездовых литейных формах, в которых центральный стержень является одновременно и раскателем, крепление стержней осуществляется в дополнительной плите 3 (рис. 5.42, г). Иногда для крепления таких стержней применяется планка 5 (рис. 5.42, д) или прижимная гайка 6 (рис. 5.42, е). Для повышения устойчивости стержней и получения в отливках глубоких отверстий небольших диаметров устанавливается замок 7, что позволяет выполнять отверстия в отливках без облоя.

На рис. 5.43 показаны различные способы фиксации неподвижных стержней во вкладышах.

Неподвижные и подвижные стержни имеют посадочную, направляющую и оформляющую части. Посадочная часть стержня предназначена для закрепления в форме и чаще всего выполняется цилиндрической (кроме крупногабаритных стержней). Направляющая часть предназначена для фиксации стержня в оформляющей

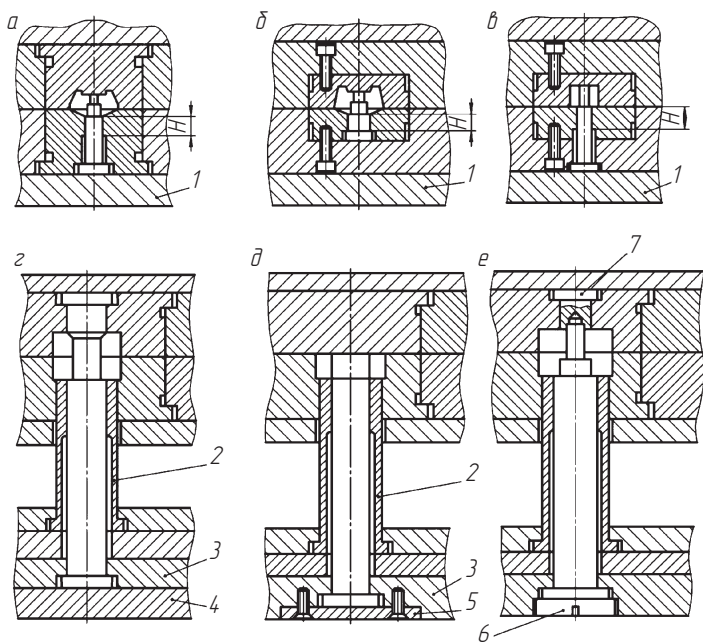


Рис. 5.42. Конструктивные варианты крепления неподвижных стержней в плитах литейной формы:

*а, в* — буртиком с опорой на подкладную плиту; *б* — буртиком с опорой на обойму; *г* — буртиком в дополнительной плите; *д* — планкой; *е* — прижимной гайкой; 1 — подкладная плита; 2 — выталкиватель; 3 — дополнительная плита; 4 — плита основания; 5 — планка; 6 — прижимная гайка; 7 — замок

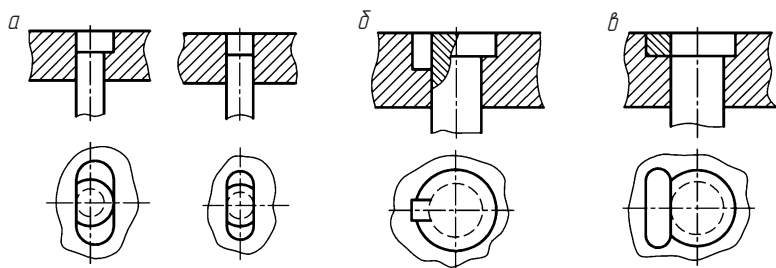


Рис. 5.43. Конструктивные варианты крепления неподвижных стержней во вкладышах:

*а* — одной или двумя лысками; *б* — продольной шпилькой (шпилькой);  
*в* — поперечной шпилькой

полости, изготавливается длиннее оформляющей части. Оформляющая часть служит для получения в отливках внутренних полостей с заданной точностью.

*Подвижные стержни* оформляют все полости и отверстия в отливке, расположенные параллельно плоскости разъема или под углом к ней. Подвижные стержни с помощью различных механизмов извлекаются до раскрытия или чаще всего во время раскрытия формы. Требования к оформляющей части этих стержней такие же, как и к оформляющей части неподвижных стержней. Для обеспечения плавного возвратно-поступательного движения в форме подвижные стержни имеют увеличенную длину направляющей части. Это позволяет избегать перекосов, заливов жидкого металла и подтеков смазочного материала. Как правило, длина направляющей части подвижных стержней составляет не менее 1,25 их диаметра или высоты сечения.

Наиболее надежно, без перекосов, работают подвижные стержни, направляющая часть которых полностью расположена в обойме или вкладыше (рис. 5.44, *a*).

На рис. 5.44, *б* показан стержень, расположенный в плоскости разъема пресс-формы. Для устранения перекосов ползун 3 устанавливается в специальной направляющей втулке 5, закрепленной в обойме подвижной полуформы. В неподвижной обойме выполнено углубление под выступающую часть втулки 5. Полость

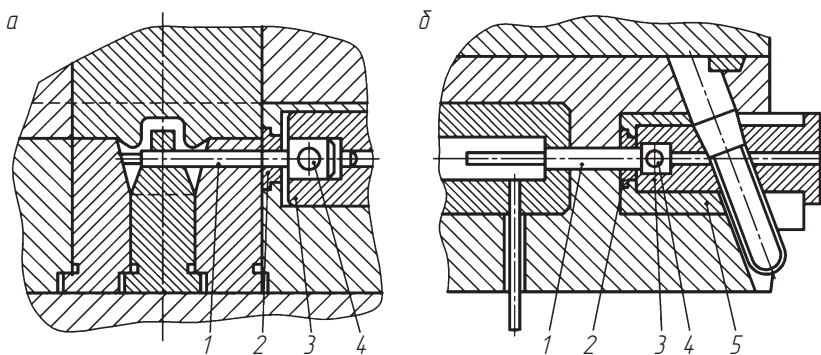


Рис. 5.44. Конструктивные варианты крепления подвижных стержней: *a* — направляющая часть стержня расположена в обойме или вкладыше; *б* — стержень расположен в плоскости разъема полуформ; 1 — стержень; 2 — защитная втулка; 3 — ползун; 4 — штифт; 5 — направляющая втулка ползуна

ползуна защищена от проникновения в нее грязи и жидкого металла шайбой 2.

При изготовлении отливок из алюминиевых и цинковых сплавов размеры направляющей части подвижных стержней в целях предохранения от попадания брызг и грязи, а также обеспечения плавного хода стержня выполняются по посадке с зазором точно по 7-му качеству. Поверхности посадочных соединений выполняют с шероховатостью  $Ra$  1,25 мкм, а поверхности оформляющей части стержня —  $Ra$  0,63...0,16 мкм.

**Щеки** — подвижные детали больших размеров, предназначенные для оформления наружных поверхностей отливок. На рис. 5.45 показан пример оформления подвижными щеками внешних поверхностей блока цилиндров двигателя автомобиля. К ним предъявляются те же требования, что и к подвижным стержням. Щеки состоят из оформляющих и направляющих деталей, соединяемых между собой с помощью штифтов или хвостовика, входящего в Т-образный паз ползуна. В обойме движение щек также осуществляется по Т-образным пазам.

**Литниковые втулки** предназначены для сопряжения литейной формы с камерой прессования литейной машины, **рассекатели** — для разделения и направления струи жидкого металла, поступаю-

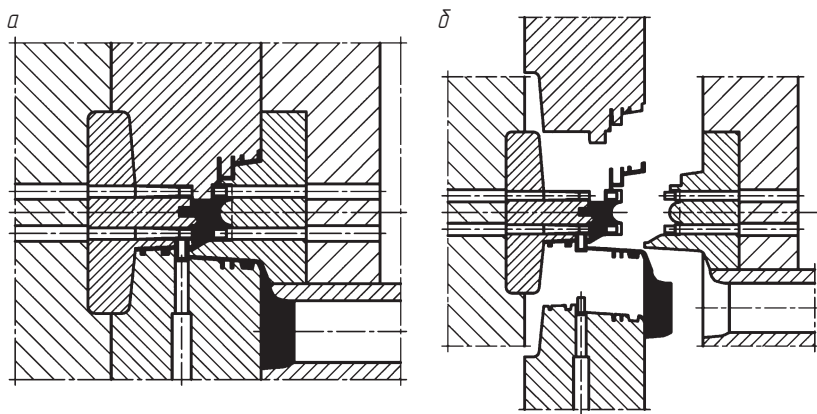


Рис. 5.45. Оформление подвижными щеками внешних поверхностей отливки блока цилиндров двигателя автомобиля:  
*a* — закрытая литейная форма; *б* — литейная форма в момент раскрытия



щего через литниковые втулки, в каналы литниковой системы и далее в оформляющую полость. Литниковые втулки и рассекатели больше других деталей формы подвержены динамическому, химическому и термическому воздействию жидкого металла, поэтому они всегда изготавливаются сменными.

Диаметр отверстия литниковой втулки литейной формы машины с горизонтальной камерой прессования равен диаметру отверстия камеры прессования, так как втулка является продолжением камеры и в нее входит прессующий поршень (рис. 5.46, *а*). Рассекатель служит не только для направления потока, но и для защиты подвижной обоймы от действия жидкого металла.

Диаметр отверстия литниковой втулки литейной формы машин с вертикальной камерой прессования (рис. 5.46, *б*) на 1 мм больше диаметра выходного отверстия мундштука. Это необходимо для того, чтобы при недостаточно точной установке и смещении осей втулки и мундштука или в результате износа мундштука литник в момент раскрытия формы свободно проходил через канал литниковой втулки. Для облегчения удаления литника втулка имеет конусность 3...5°. Поверхность канала втулки полируется до шероховатости  $Ra$  0,16 мкм. Чем лучше обработана поверхность литниковой втулки, тем ниже ее гидродинамическое сопротивление и меньше износ.

Рассекатель представляет собой цилиндрическую деталь, которая закрепляется во вкладыше подвижной полуформы. Для задерживания литника в подвижной части после раскрытия формы

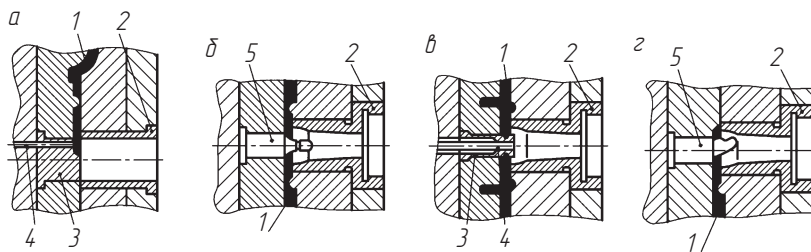


Рис. 5.46. Расположение в литейной форме литниковых втулок (*а, б*) и рассекателей (*в, г*):

1 — отливка; 2 — литниковая втулка; 3 — защитная вставка-рассекатель; 4 — выталкиватель; 5 — рассекатель

на боковой поверхности рассекателя выполняется канавка шириной 2...3 мм и глубиной 1 мм (рис. 5.46, в). Для снятия литника с рассекателя в некоторых случаях предусматривается центральный выталкиватель.

Если требуется одностороннее направление потока металла, то рекомендуется применять рассекатели со специальным центром (рис. 5.46, з).

Рассекатели могут быть одновременно неподвижными стержнями, оформляющими центральное отверстие или другие внутренние части отливки.



## 5.9. Детали общего назначения

**Обоймы** предназначены для крепления в форме вкладышей, вставок, щек и стержней. Между неподвижной и подвижной обоймами находится плоскость разъема формы. В зависимости от конструкции, габаритных размеров и конфигурации вкладышей обоймы бывают прямоугольные, квадратные и др. Отверстия под вкладыши в обоймах могут быть прямоугольными или круглыми, сквозными или глухими. При назначении габаритных размеров обойм необходимо предусматривать расстояние от края обоймы до вкладыша не менее 50 мм.

В *неподвижной* обойме предусматриваются отверстия для монтажа направляющих втулок или колонок, а при наличии в форме подвижных стержней отверстия для монтажа клин-пальцев стержневых механизмов. В *подвижной* обойме выполняются отверстия под направляющие колонки или втулки и пазы для ползунов механизмов удаления стержней. В неподвижной и подвижной обоймах просверливаются каналы водяного охлаждения литейной формы. Минимальная толщина обойм составляет 40 мм.

**Плита неподвижной обоймы** предназначена для крепления неподвижной части формы к блоку прессования литейной машины. В центре плиты находится отверстие, диаметр и глубина которого соответствуют диаметру и высоте фланца камеры прессования. По этому отверстию фиксируется неподвижная полуформа. В крепежных плитах формы машин с вертикальной камерой прессования выполняется отверстие под фланец литниковой втулки.

Крепежная плита неподвижной обоймы является одновременно подкладной плитой, служащей опорой для вкладышей или стержней. Для крепления на плите выполнены отверстия под болты или пазы. В некоторых случаях плита изготавливается шире обоймы на 20 мм на сторону для крепления прихватами.

**Плита подкладная подвижной обоймы** предназначена для восприятия во время запрессовки металла усилия, передаваемого через опирающиеся на нее сквозные вкладыши, вставки и неподвижные стержни. Для устранения брака отливок по размерной точности подкладная плита должна обладать достаточной жесткостью. Для формы малых и средних размеров толщина подкладной плиты может составлять 30...50 мм, для крупногабаритных форм — до 70 мм. В крупногабаритных формах с большими оформляющими полостями рекомендуется вместо толстой подкладной плиты устанавливать дополнительные упоры или увеличивать толщину брусков таким образом, чтобы вкладыш частично опирался на них.

**Плита выталкивателей** и **плита прижимная** предназначены для монтажа и закрепления выталкивателей. Плиты соединяются винтами. Толщина плиты выталкивателей определяется высотой головок выталкивателей. Плита прижимная воспринимает усилие упоров машины при раскрытии формы, поэтому должна быть достаточно жесткой. В плитах монтируются направляющие втулки для колонок, фиксирующих положение плит выталкивателей. При установке гидровыталкивателя в прижимной плите предусматриваются резьбовые отверстия для выталкивающих стержней или отверстие под центральный шток гидровыталкивателя.

**Плита для неподвижных стержней** служит для их монтажа и фиксации при выталкивании отливок трубчатыми выталкивателями; закрепляется между плитой основания и брусками. Толщина плиты зависит от размеров стержней и составляет 20...30 мм.

**Плита основания** предназначена для крепления подвижной части формы к подвижному блоку машины. В плите выполняются отверстия или пазы для крепления болтами подвижной полуформы на постаменте литейной машины или плита изготавливается шире остальных плит на 20 мм на сторону для крепления полуформы прихватами. В плите основания предусматриваются отверстия под выталкивающие упоры.

**Бруски** (обычно два) монтируются между подкладной плитой и плитой основания. Толщина брусков должна обеспечивать необходимый ход плит выталкивателей. Бруски имеют сквозные отверстия под болты для фиксации и крепления плиты основания и подвижной обоймы. В одном из брусков выполняются резьбовые отверстия под грузовые винты, необходимые для транспортировки пресс-формы.

**Упоры** предназначены, во-первых, для восприятия усилия от подкладной плиты и, во-вторых, для фиксации положения плит выталкивателей. В первом случае их размеры и число требуют специального расчета, так как усилия, которые они должны воспринимать, зависят от размеров отливки. Во втором случае размеры упоров определяются только конструктивными соображениями. Упоры устанавливаются в плите основания (или в плите для неподвижных стержней) и упираются торцами в подкладную плиту. Рекомендуемый ряд диаметров упоров: 20, 30, 40, 50 и 60 мм. Длина упоров определяется ходом выталкивателей.

**Контртолкатели** служат для возвращения плит выталкивателей в исходное положение. Они монтируются в плите таким образом, чтобы в закрытой форме соприкасались торцами с неподвижной обоймой или с вкладышем. При закрытии литейной формы выступающие над плоскостью разъема контртолкатели, упираясь торцами в неподвижную обойму, возвращают плиты выталкивателей и установленные в них выталкиватели в исходное положение. Обычно в форме монтируются четыре контртолкателя для равномерной работы всей выталкивающей системы.

Детали форм подвергаются воздействию температуры, быстро нагреваются и охлаждаются, поэтому стали, применяемые для их изготовления, должны обладать следующими свойствами: высокой твердостью; ударной вязкостью; сопротивлением тепловому удару; малым коэффициентом расширения; хорошей ковкостью и обрабатываемостью; малой величиной деформации при термообработке; способностью не взаимодействовать с заливаемым металлом. В наибольшей степени этим требованиям отвечают стали, содержащие вольфрам, хром, молибден, ванадий, кобальт и некоторые другие элементы (табл. 5.14).

Таблица 5.14

**Стали для изготовления деталей литейных форм**

Деталь	Сталь	Термообработка
Матрицы, вкладыши, щеки для отливок из цинковых сплавов	5ХНМ; 40ХН2МА	Низкотемпературное цианирование на глубину 0,02...0,05 мм, HRC 51...56 на поверхности и HRC 43...47 в сердцевине
Матрицы, вкладыши, вставки, щеки, стержни особо сложной формы	5ХНМ; 40ХН2МА	Низкотемпературное цианирование на глубину 0,15...0,20 мм, HRC 51...56 на поверхности и HRC 34...37 в сердцевине
Стержни, выталкиватели для отливок из цинковых сплавов	Сталь X	Закалка HRC 49...53
Литниковые втулки, рассекатели для отливок из цинковых сплавов	5ХНМ; 40ХН2МА	Закалка HRC 43...47
Матрицы, вкладыши, щеки для отливок из алюминиевых сплавов	3Х3М3Ф; 4Х5МФС	Низкотемпературное цианирование на глубину 0,02...0,05 мм, HRC 59...63 на поверхности и HRC 46...49 в сердцевине; допускается азотирование на глубину 0,3...0,4 мм HRC 65...67 на поверхности и HRC 46...49 в сердцевине
Стержни, выталкиватели, литниковые втулки, рассекатели для отливок из алюминиевых сплавов	3Х3М3Ф; 4Х5МФС	Низкотемпературное цианирование на глубину 0,02...0,05 мм, HRC 59...63 на поверхности и HRC 50...54 в сердцевине; допускается азотирование с параметрами, указанными выше
Матрицы, вкладыши, вставки, щеки, стержни особо сложной формы для отливок из алюминиевых сплавов	3Х3М3Ф; 4Х5МФС	Низкотемпературное цианирование на глубину 0,15...0,20 мм, HRC 59...63 на поверхности и HRC 32...37 в сердцевине; допускается азотирование с параметрами, указанными выше
Матрицы, вкладыши, вставки, щеки для отливок из медных сплавов	3Х3М3Ф	Закалка HRC 43...47

*Окончание табл. 5.14*

Деталь	Сталь	Термообработка
Колонки направляющие, втулки к колонкам, толкатели обратные, клинья, замки для отливок из любых сплавов	У8, У10А	Закалка HRC 51...56
Обоймы вкладышей, плиты подкладные, втулки к ползунам, втулки стержневые, рейки, валики зубчатые для отливок из любых сплавов	40Х	Закалка с высоким отпуском HRC 29...34
Ползуны для отливок из любых сплавов	40Х	Низкотемпературное цианирование на глубину 0,15...0,20 мм, HRC 51...56 на поверхности и HRC 30...34 в сердцевине
Плиты для пакетов литейных форм для отливок из любых сплавов	Сталь 35	—

Для повышения стойкости поверхности формообразующих деталей подвергаются химико-термической обработке. Для предохранения формообразующих деталей от прилипания жидкого металла их поверхность подвергается оксидированию. Образующаяся оксидная пленка служит прослойкой между деталью и сплавом.

Для увеличения поверхностной твердости одновременно с сохранением вязкой сердцевины применяется азотирование на глубину до 0,5 мм. Для этих же целей используется низкотемпературное цианирование, заключающееся в одновременном насыщении поверхностного слоя на глубину 0,15...0,20 мм азотом и углеродом. Цианирование придает стали высокую твердость, сопротивление усталости, устойчивость против отпуска при высоких температурах, высокую износостойкость, малую смачиваемость расплавом и повышенную стойкость против эрозии.



## РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЛАСТМАСС

### 6.1. Общие сведения о процессах прессования пластмасс



Пластмассы в зависимости от поведения при нагреве разделяют на термопластичные и термореактивные. **Термопластичными (термопластами)** называют материалы, обладающие свойством размягчаться при нагреве и становиться вязкотекучими, а при охлаждении переходить в твердое состояние без изменения первоначальных свойств. **Термореактивные материалы (реактопласты)** при нагреве отверждаются, переходя в нерастворимое состояние. Для изготовления изделий из реактопластов используются различные способы прессования, среди которых наиболее распространены прямое (компрессионное) и литьевое (трансферное) прессование.

На рис. 6.1 приведена технологическая схема способа **прямого прессования**. Материал 1 загружается в матрицу 4 обогреваемой пресс-формы, где под действием теплоты и давления пресса на пуансон 2 переходит в вязкотекучее состояние и заполняет оформляющую полость пресс-формы. При этом давление в течение всего процесса прессования передается пуансоном 2 непосредственно на прессуемое изделие 3.

Прямое прессование осуществляется на пресс-формах простой конструкции, а полученные изделия отличаются высокой механической прочностью. В процессе прессования материал заполняет

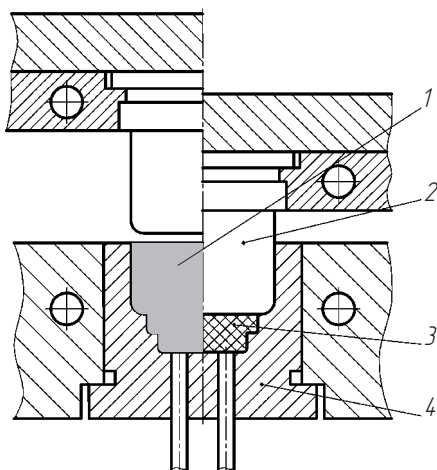


Рис. 6.1. Технологическая схема прямого прессования:  
1 — материал; 2 — пуансон; 3 — изделие; 4 — матрица

оформляющую полость пресс-формы до того, как приобретает достаточную вязкость. Это может привести к повреждению элементов пресс-формы или элементов арматуры изделий. Кроме того, по поверхности разъема пресс-формы образуется облой.

При **литьевом способе прессования** силовое и тепловое воздействие на материал осуществляется в полости специальной камеры, из которой материал в вязкотекучем состоянии выдавливается через литниковую систему в оформляющую полость сомкнутой пресс-формы.

Различают три варианта литьевого прессования (рис. 6.2):

- с загрузочной верхней ступенчатой камерой;
- с загрузочной верхней бесступенчатой камерой;
- с нижней загрузочной камерой.

Независимо от конструкции пресс-формы процессы литьевого прессования осуществляются в следующей последовательности. Под действием теплоты и давления со стороны пуансона материал переходит в вязкотекучее состояние и выдавливается через литниковые каналы в формообразующую полость. После затвердевания материала изделие и пресс-остаток удаляются из камеры.

Применение пресс-форм с верхним или нижним расположением загрузочных камер определяется конструкцией прессов.



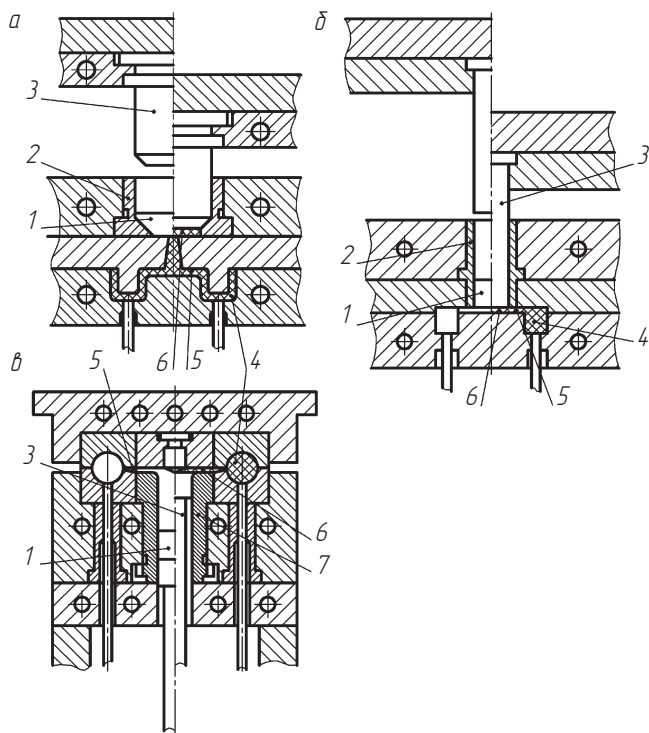


Рис. 6.2. Технологические схемы литьевого прессования:

*a* — прессование с загрузочной верхней ступенчатой камерой; *б* — прессование с загрузочной верхней бесступенчатой камерой; *в* — прессование с нижней загрузочной камерой; 1 — материал; 2 — загрузочная верхняя ступенчатая камера; 3 — пуансон; 4 — изделие; 5 — литниковый канал; 6 — пресс-остаток; 7 — нижняя загрузочная камера

По сравнению с прямым способом прессования литьевое прессование имеет ряд достоинств. Уменьшаются деформации и напряжение в арматуре и элементах оформляющей полости пресс-формы. Это происходит потому, что материал может перетекать в оформляющую часть пресс-формы только в вязкотекучем состоянии. При этом между полостями загрузочной и оформляющей камер пресс-формы перепад давлений может достигать 50 %. В результате уменьшается силовое воздействие материала. Поэтому способом литьевого прессования можно получить изделия с малопрочной арматурой и глубокими отверстиями. Литьевое прессова-

ние обеспечивает безоблойное изготовление изделий, улучшает воспроизводимость контуров и фактуры поверхности изделий сложной формы.

К недостаткам литьевого прессования относятся: пониженная механическая прочность и анизотропность структуры изделий вследствие ориентации частиц наполнителя перпендикулярно направлению литья; необходимость применения материалов с повышенной текучестью; увеличение расхода материала за счет неизбежного применения литников; рост стоимости изделий в результате использования более сложных и дорогостоящих пресс-форм.

Сущность способов **литья под давлением** изделий из *термопластичных материалов* иллюстрируется на рис. 6.3. В бункер 5 засыпается гранулированный материал. Через дозирующее устройство 6 материал поступает в цилиндр 8 с обогревательными элементами 9. Температура материала в цилиндре повышается от начальной на входе до заданной технологическим режимом на выходе. Цикл литья начинается с замыкания подвижной половины формы 12 с неподвижной 3. Сомкнутая форма сжимает пружины 4 и примыкает к соплу 10. В этот момент плунжер 7 под давлением (до 200 МПа) впрыскивает расплав в охлаждаемую форму.

Температура формы значительно ниже температуры расплава, поэтому масса быстро охлаждается и затвердевает, уменьшаясь в объеме. В результате в форме образуется незаполненное пространство. Для заполнения его пластмассой, а также для предотвращения вытекания расплава из формы плунжером 7 в течение

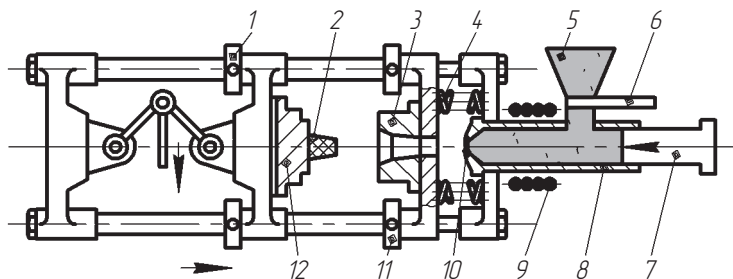


Рис. 6.3. Схема установки для литья термопластов:  
1, 11 — упоры; 2 — литник; 3 — неподвижная полуформа; 4 — пружина; 5 — бункер; 6 — дозатор; 7 — плунжер; 8 — цилиндр; 9 — обогревательный элемент; 10 — сопло; 12 — подвижная полуформа

непродолжительного времени поддерживается давление. Затем плунжер 7 отходит вправо, а из загрузочного бункера 5 в материальный цилиндр 8 поступает новая порция материала. Расплав в форме охлаждается до полного затвердевания, продолжительность которого зависит от вязкости расплава и толщины стенки отливки. После затвердевания подвижная полуформа 12 отходит влево. Форма размыкается. Неподвижная половина под действием сжатых пружин 4 тоже перемещается влево до упора 11, и литник 2 отрывается от сопла 10. При дальнейшем перемещении подвижной половины формы влево до упора 1 форма полностью открывается, а отливка выталкивается.

Литье под давлением изделий из *реактопластов* осуществляется по аналогичной схеме, но существенно отличается технологическими режимами, обусловленными свойствами реактопластов. Реактопласты при нагревании переходят в вязкотекучее состояние. В отличие от термопластов в них одновременно протекает химическая реакция с образованием структуры, соответствующей переходу материала из вязкотекучего в твердое состояние. Изменяются свойства материала, в том числе вязкость, которая по истечении определенного времени начинает интенсивно возрастать.

На рис. 6.4 представлены разновидности технологических схем литья под давлением реактопластов.

Изготовление изделий по схеме, изображенной на рис. 6.4, а, заключается в следующем. Порция порошкообразного материала, находящаяся при комнатной температуре, после подъема дозирующего поршня 3 стекает в камеру литьевого цилиндра 1, нагретого электрообогревателем 9. При движении литьевого поршня 2 вперед (позиция II) материал уплотняется, затем поршень 2 останавливается, продолжая оказывать давление на материал. Материал нагревается за счет теплопередачи от стенок цилиндра и переходит из твердого в вязкотекучее состояние. Под давлением поршня 2, который вновь начинает перемещаться, расплав из камеры литьевого цилиндра 1 через литник 8 выдавливается в оформляющую полость 7 формы, нагретой электрообогревателем 6 до температуры формования расплава. После окончательного заполнения полости 7 небольшая часть материала (до 3...7 % массы порции) остается в камере.

Следующая операция — выдержка под давлением, во время которой литьевой поршень 2 продолжает оказывать давление на расплав в камере. В течение этого времени расплав продолжает нагреваться, и в нем начинает интенсивно протекать реакция отверждения. Так как температуры цилиндра и формы примерно одинаковы, то скорость протекания реакции в изделии 11 и в остатке материала 10 практически одинакова.

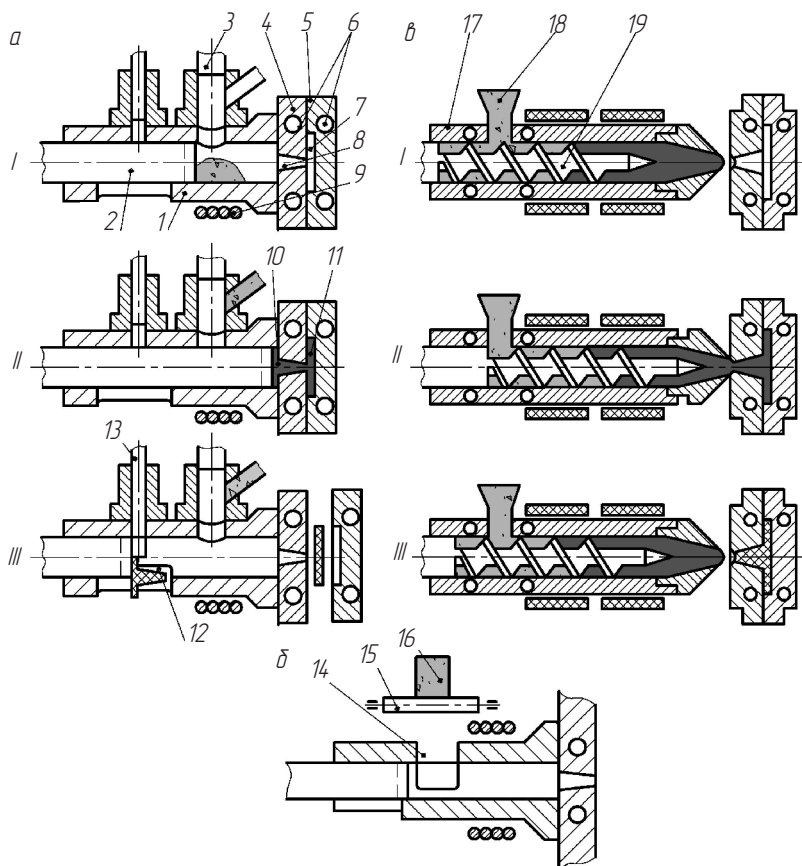


Рис. 6.4. Изготовление изделий из реактопластов литьем под давлением: *а* — без предварительного подогрева материала с удалением пресс-остатка после каждого цикла формования; *б* — с предварительным подогревом материала и удалением пресс-остатка после каждого цикла прессования; *в* — без удаления пресс-остатка

По истечении времени выдержки под давлением, когда материал потерял свойство текучести, начинается следующая операция — выдержка на отверждение. При этом литьевой поршень 2 не оказывает давления на материал. После завершения реакции отверждения начинается операция извлечения изделия 11. При этом литьевой поршень 2 начинает перемещаться в исходное положение, увлекая с собой остаток отвердевшего материала 10 с литником. В конце хода литьевого поршня 2 остаток материала 10 снимается с паза, выполненного в поршне, и удаляется через окно 12 в цилиндре 1 механизмом сброса 13. После этого (или одновременно с этим) полуформы 4 и 5 раскрываются, и готовое изделие 11 выталкивается из оформляющей полости формы.

Технологическая схема, представленная на рис. 6.4, б, отличается от предыдущей тем, что материал перед подачей в цилиндр предварительно подогревается. Предварительный подогрев материала обеспечивает снижение давления в камере на стадии впрыска и улучшение воспроизводимости контуров и фактуры поверхностей изделий сложной конфигурации.

Работа по данной схеме заключается в следующем. Порция реактопласта в виде цилиндрической таблетки 16 помещается на два ролика 15, являющихся электродами генератора тока высокой частоты. Одновременно с подачей напряжения ролики начинают вращаться, приводя во вращение и таблетку 16, что обеспечивает равномерность ее подогрева. По окончании подогрева расстояние между роликами 15 увеличивается, и таблетка падает в загрузочное отверстие цилиндра 14. Объем материала, находящегося в цилиндре, превышает объем изделия только на незначительную величину (остаток). В соответствии с этим максимальная продолжительность пребывания материала (остатка) в цилиндре практически равна продолжительности цикла изготовления изделия. Предварительный подогрев материала осуществлялся вне цилиндра.

Технологическая схема литья под давлением (рис. 6.4, в) обеспечивает шнековую пластикацию материала и отличается от двух предыдущих тем, что остаток материала не извлекается из цилиндра, а продавливается в литниковые каналы и оформляющую полость формы в следующем цикле вместе с новой поданной в цилиндр порцией.

Пластикация реактопласта, осуществляемая в цилиндре посредством шнека, заключается в следующем. Материал, поступаю-

ций из бункера 18 в цилиндр 17 в виде порошка или гранулята, попадает в канал шнека 19 и транспортируется в переднюю сопловую часть цилиндра. Материал прогревается как за счет теплопроводности от стенок цилиндра (электрический или жидкостный обогрев), так и диссипативных тепловыделений (превращение механической работы деформирования материала в канале шнека в тепло). До 75 % общего тепла, подводимого к материалу, получается за счет диссипации механической энергии.

Кроме пластикации и впрыска шнек создает давление на материал, находящийся в формообразующей полости формы. Цикл начинается смыканием подвижной полуформы с неподвижной (позиция I). Затем пластикационный цилиндр со шнеком перемещается вправо до контакта сопла с литниковой частью формы (позиция II). При осевом движении шнека давление, обеспечивающее заполнение оформляющей полости формы, вызывает обратное течение материала: из сопловой части по винтовому каналу шнека в направлении загрузочного отверстия цилиндра. Поэтому только часть подготовленного к впрыску материала попадает в форму.

## 6.2. Конструкторско-технологические особенности изделий из пластмасс



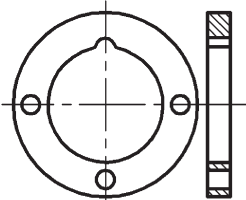
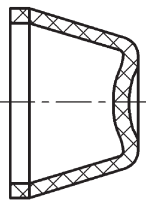
Для создания рациональной конструкции изделия из пластмассы необходимо выбрать и определить способ формования, обеспечивающий получение требуемых характеристик. Способ формования изделия зависит от материала, формы, размеров, точности и других показателей изделия (табл. 6.1).

Геометрическая форма изделий из пластмасс предопределяет не только способ формования, но и конструкцию инструмента. Для получения технологичной конструкции изделия необходимо соблюдать ряд требований.

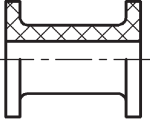
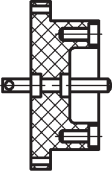
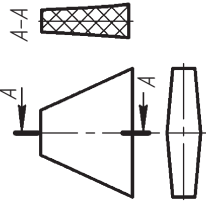
На наружных и внутренних боковых поверхностях изделий, расположенных в направлении плоскости разъема, следует предусматривать технологические уклоны, необходимые для беспрепятственного извлечения изделия из пресс-формы (рис. 6.5). При назначении размера уклона в пределах допуска на размер изделия

Таблица 6.1

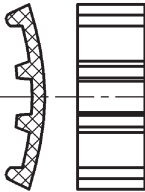
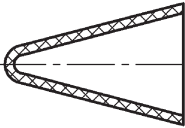
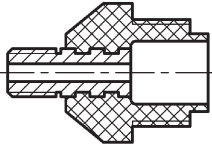
## Выбор способа формования пластмассовых деталей

Группа деталей	Эскиз	Характеристика деталей	Тип материала	Возможный метод формования
Плоские детали с отверстиями и без отверстий (панели, колодки, платы и др.)		Толщина детали более 5 мм	Реактопласт	Прессование
		Толщина детали менее 5 мм	Слоистый пластик Термопласт в листах	Штамповка Штамповка
Коробчатые детали прямоугольной, цилиндрической или конической формы		Детали повышенной сложности с мелкими отверстиями глубиной более трех диаметров	Термопласт	Литье под давлением, литьевое прессование
		Детали малых и средних габаритов	Реактопласт	Литьевое прессование
		Детали средних и больших размеров	Термопласт	Литье под давлением, литьевое прессование
		Детали больших габаритов	Термопласт в листах Стеклопластик	Вакуум-формование Вакуум-автоклавное формование, контактное формование, напыление

Окончание табл. 6.1

Группа деталей	Эскиз	Характеристика деталей	Тип материала	Возможный метод формования
Детали типа катушек		Детали высокой точности	Реактопласт	Прессование в пресс-форме с вертикальным разъемом матрицы
Армированные детали с двусторонней арматурой или с расположением арматуры перпендикулярно оси прессования детали, имеющие отверстия глубиной больше 4...6 диаметров		Детали различной сложности	Реактопласт Термопласт	Литьевое прессование Литьевое прессование
Детали двойной кризисы типа лопаток		Детали, работающие на изгиб	Стеклопластики на основе ткани или широкополосных однонаправленных лент  Стекловолокнит	Прессование набора пропитанных связующим материалом и подсушенных заготовок из тканей или ленты  Прессование



Рёбристые панели большого радиуса и кривизны		Детали повышенной прочности и жесткости	Стеклопластики на основе ткани или широкополосных однонаправленных лент	Прессование заготовок
Конические сквозные и несквозные полые детали		Углы наклона внутренней и наружной образующей более 15° Углы наклона внутренней и наружной образующей менее 15°	Стекловолокнит Реактопласт Термопласт в листах Стеклопластик (наполнитель: стекловолокно; связующие: полиэфирная, эпоксидная, фенольная смола)	Прессование Прессование Вакуум-формование Намотка
Детали различной сложности с сопрягаемыми и несопрягаемыми элементами, без арматуры или с односторонней арматурой жесткой конструкции; установочные и монтажные детали приборов и аппаратуры		Детали небольшой точности и сложности Детали повышенной точности	Термопласт Реактопласт Термопласт	Литьевое прессование, литье под давлением Прессование Прессование, литьевое прессование Литьевое прессование, литье под давлением

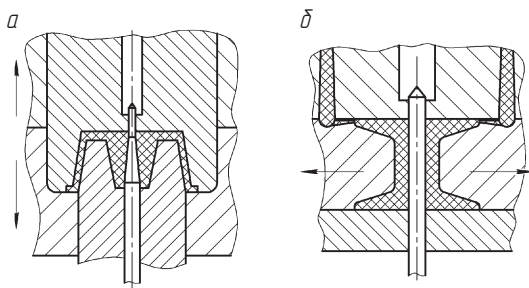


Рис. 6.5. Расположение технологических уклонов на изделиях:  
*a* – горизонтальная плоскость разреза; *б* – вертикальная плоскость разреза

двусторонний уклон (конусность) не должен превышать  $1/3$  допуска.

Рекомендуемые значения угла конуса для различных поверхностей изделий:

- наружные поверхности –  $15'$ ;  $30'$ ;  $1^\circ$ ;
- внутренние поверхности –  $30'$ ;  $1^\circ$ ;  $2^\circ$ ;
- отверстие глубиной до  $1,5d$  –  $15'$ ;  $30'$ ;  $45'$ ;
- ребра жесткости, выступы –  $2^\circ$ ;  $3^\circ$ ;  $5^\circ$ ;  $10^\circ$ ;  $15^\circ$ .

На наружных и внутренних боковых поверхностях изделий, расположенных в направлении формования, следует избегать поднутрений (рис. 6.6, *a*), которые значительно усложняют конструк-

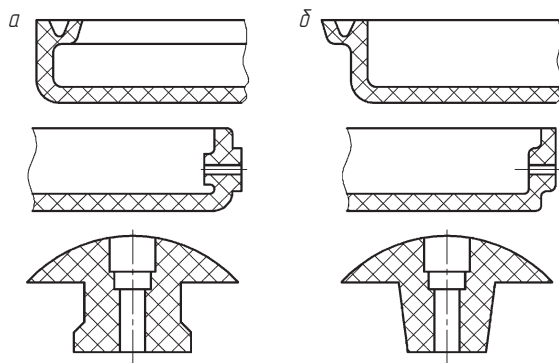


Рис. 6.6. Изделия с поднутрениями:  
*a* – нетехнологичные (с закрытыми отверстиями и закрытыми выступами);  
*б* – технологичные (без закрытых отверстий и выступов)

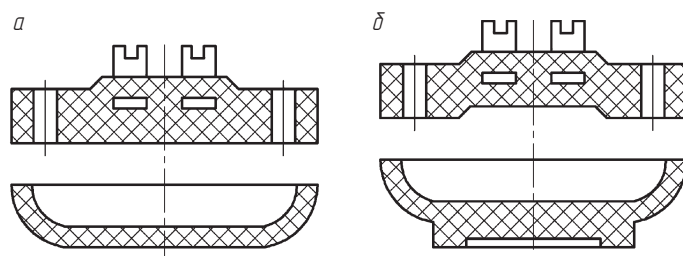


Рис. 6.7. Опорные поверхности конструкций изделий:  
 а — нетехнологичные; б — технологичные

цию пресс-форм и снижают производительность. Изменение конструкции изделий (рис. 6.6, б) позволяет избежать этих недостатков.

**Сплошную опорную поверхность** следует заменять отдельными опорными площадками или кольцевой опорой по периметру, которые образуются за счет дополнительной плоскости (рис. 6.7).

**Торцы полых изделий** не должны иметь острых кромок, излишних утолщений буртов (рис. 6.8, а). Кроме того, расположение буртов не должно прерываться по периметру, так как в местах разрыва возникают трещины за счет концентрации напряжений. Для повышения жесткости буртик на торце рекомендуется выполнять по всему контуру (рис. 6.8, б).

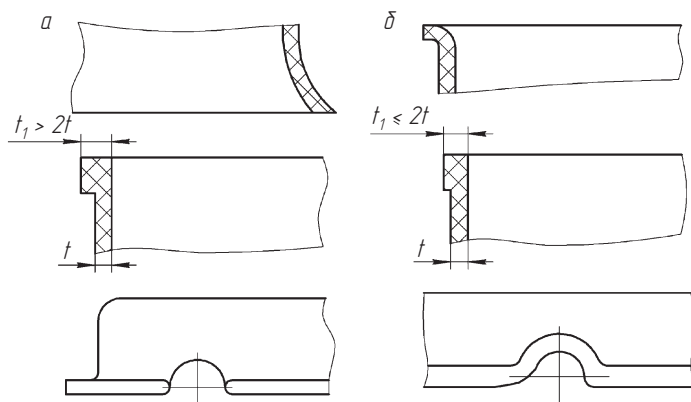


Рис. 6.8. Торцы и буртики изделий:  
 а — нетехнологичные; б — технологичные

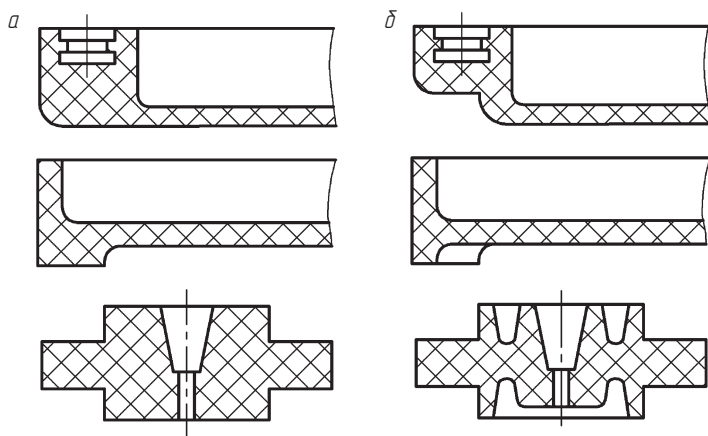


Рис. 6.9. Местные утолщения конструкций изделий:  
*a* — нетехнологичные; *б* — технологичные

**Стенки изделия** должны быть равномерной толщины, без местных уплотнений (рис. 6.9, *a*), в противном случае неравномерность толщины стенок приводит к короблению. На рис. 6.9, *б* показаны варианты конструкций изделий с равномерной толщиной.

Толщина стенок и дна изделий назначается в зависимости от габаритных размеров или с учетом механической прочности изделия. Рекомендуемая оптимальная толщина стенок в зависимости от габаритных размеров изделия приведена в табл. 6.2, 6.3.

Таблица 6.2

**Рекомендуемая оптимальная толщина стенок деталей  
из терморепактивных пластмасс, мм**

Размеры детали	Толщина стенки детали		
	из фенопласта порошкообразного	из фенопласта волокнистого	из аминопласта
До 50	0,7...1,5	1,5	0,9
Свыше 50 до 80	2,0...2,5	2,5...3,5	1,3...1,5
Свыше 80	5,0...6,5	6,0...8,0	3,0...3,5

**Ребра жесткости** применяются для обеспечения жесткости, а в ряде случаев — необходимой прочности. Вместо нерационального утолщения изделия назначают ребра жесткости (рис. 6.10).

Таблица 6.3

**Рекомендуемая оптимальная толщина стенок деталей  
из термопластов, мм**

Максимальные размеры детали		Толщина стенки
Призматической	Цилиндрической	
20 × 20 × 20	20 × 20	0,5
50 × 50 × 50	50 × 50	1,0
80 × 80 × 80	80 × 80	1,5
150 × 150 × 150	150 × 150	2,0
180 × 180 × 180	180 × 180	2,5
250 × 250 × 250	250 × 250	3,0
300 × 300 × 300	300 × 300	3,5
400 × 400 × 400	400 × 400	4,0

Ребра жесткости должны иметь толщину, равную или примерно равную толщине стенки изделия. Рекомендуемая форма сечения ребра — усеченный конус с углом наклона  $10^\circ$  и закругленной вершиной. Ребра жесткости не должны препятствовать свободной усадке материала, которая направлена к центру. Необходимо стремиться к тому, чтобы направление ребра совпадало с направлением усадки. *Концентричные ребра* (рис. 6.11, а), препятствуют свободной усадке и не обеспечивают надлежащей жесткости. При затвердевании

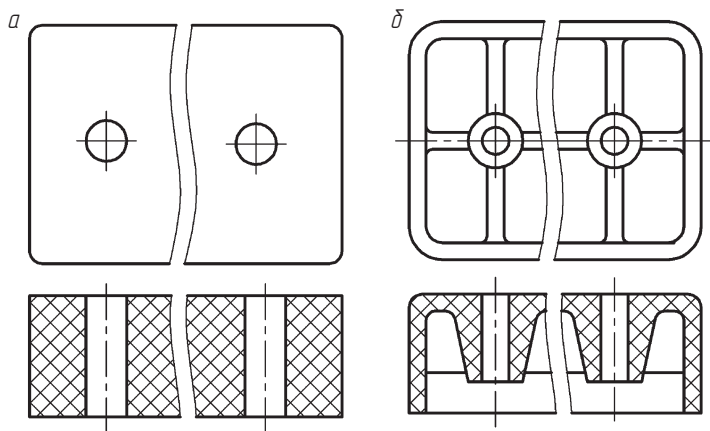


Рис. 6.10. Примеры ребер жесткости:  
а — нетехнологичная конструкция; б — технологичная конструкция

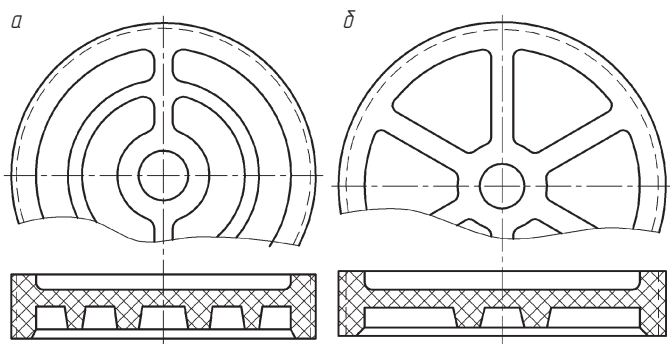


Рис. 6.11. Варианты ребер жесткости:  
*а* — концентричные; *б* — радиальные

пресс-материала внутренние поверхности концентрических ребер охватывают формообразующие части пресс-формы, затрудняют извлечение изделия и создают дополнительные возможности для деформации.

*Радиальные ребра* (рис. 6.11, *б*), направленные к центру, создают жесткую конструкцию и не препятствуют извлечению изделия. Усадка наружной стенки происходит равномерно.

Для увеличения жесткости тонких стенок поверхности придают прогиб или излом (рис. 6.12).

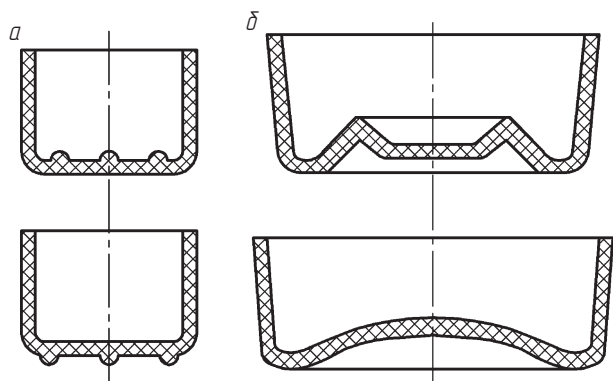


Рис. 6.12. Примеры увеличения жесткости тонкостенных конструкций:  
*а* — с помощью ребер жесткости; *б* — с помощью излома и прогиба поверхности (дна)

**Радиусы закруглений** внутренних поверхностей рекомендуются в зависимости от типа пластмассы и толщины стенок назначать в пределах 0,5...3,0 мм, для наружных поверхностей — 5...10 мм.

Радиусы закругления внутренней и наружной сторон изделий коробообразной формы составляют:

- при равных толщинах стенок

$$R_{\text{в}} = S; \quad R_{\text{н}} = 2S,$$

где  $R_{\text{в}}$  и  $R_{\text{н}}$  — соответственно, внутренний и наружный радиусы;  $S$  — толщина стенок;

- при разных толщинах ( $S$  и  $S_1$ ) сопрягаемых стенок

$$R_{\text{в}} = 0,5(S + S_1); \quad R_{\text{н}} = R_{\text{в}} + S.$$

Бобышки и выступы закругляют радиусами  $R_{\text{в}} \leq 0,5S$  и  $R_{\text{н}} \geq 0,25S$ .

**Отверстия** в изделиях из пластмасс располагают таким образом, чтобы толщина материала вокруг отверстия была одинаковой. Это необходимо для выравнивания боковой нагрузки на элементы пресс-форм, воспроизводящие отверстия.

Расположение отверстий по центру изделия или близко к нему повышает стойкость оформляющих знаков. При расположении отверстий близко к краю изделия формообразующие знаки подвергаются срезающим усилиям.

Для предотвращения поломки оформляющих знаков или смещения осей отверстий рекомендуется придерживаться соотношения глубины  $h$  и диаметра  $d$  в соответствии с табл. 6.4.

Таблица 6.4

**Предельные соотношения диаметров и глубин отверстий деталей из пластмасс в зависимости от метода оформления отверстий**

Характер отверстия	Метод оформления отверстия	$h/d$ , не более
Сквозное	Прямое прессование:	
	одностороннее оформление;	1,5...3,0
	одностороннее оформление с протаскиванием формирующей шпильки;	5...8
	двустороннее оформление*	4...6
	Пресс-литье и литье под давлением	10

Окончание табл. 6.4

Характер отверстия	Метод оформления отверстия	$h/d$ , не более
Глухое	Прямое прессование	2,5
	Пресс-литье или литье под давлением	4,0

\* Прямолинейность оси не гарантирована.

На рис. 6.13 приведены формы и соотношения геометрических параметров отверстий.

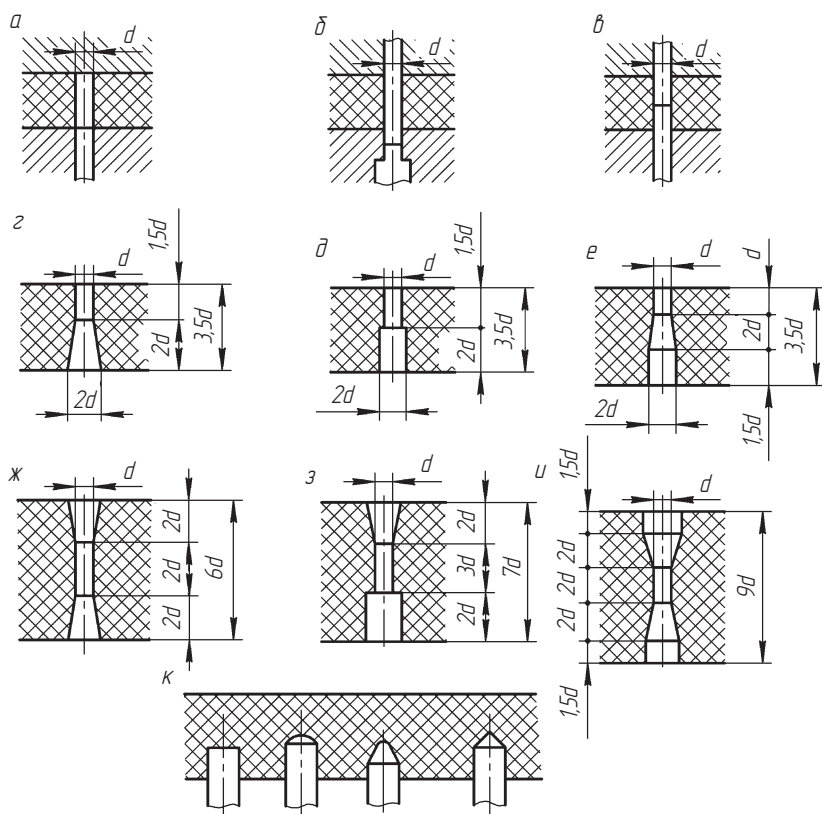


Рис. 6.13. Отверстия, формируемые в пресс-формах:

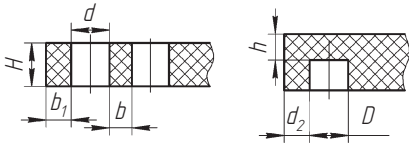
*a* — одностороннее оформление; *б* — одностороннее оформление с протаскиванием оформляющей шпильки; *в* — двустороннее оформление; *г-и* — примеры конструкций сквозных отверстий; *к* — глухих



Рекомендации по оформлению отверстий и углублений приведены в табл. 6.5–6.8.

Таблица 6.5

## Относительные размеры отверстий и величины перемычек



Диаметр отверстия $d$ , мм	Отношение диаметра отверстия к его глубине		Величина перемычки		Минимальная толщина $h$ , мм
	для отверстий по краям $d/H$	для отверстий по центру детали $D/h$	между отверстиями $b$ , мм	от отверстия до края детали $b_1$ , мм	
До 2,5	2,0	3,0	0,5...0,7	1,0	1,0
Свыше 2,5 до 3	2,3	3,5	0,8...1,0	1,25	1,0
Свыше 3 до 4	2,5	3,8	0,8...1,0	1,50	1,25
Свыше 4 до 5	2,8	4,2	1,0...1,2	1,75	1,5
Свыше 5 до 6	3,0	4,7	1,0...1,2	2,00	1,5
Свыше 6 до 8	3,4	5,1	1,2...1,5	2,25	2,0
Свыше 8 до 10	3,8	5,5	1,2...1,8	2,75	2,5
Свыше 10 до 12	4,2	6,0	2,0...2,2	3,25	2,5
Свыше 12 до 14	4,6	6,5	2,2...2,5	3,75	3,0
Свыше 14 до 18	5,0	7,0	2,5...3,0	4,00	3,0
Свыше 18 до 30	—	—	4,0	4,00	4,0
Свыше 30 до 50	—	—	5,0	5,00	5,0

Таблица 6.6

## Соотношения диаметров и глубин боковых отверстий, оформляемых методами прямого и литьевого прессования из реактопластов, мм

Диаметр отверстий	Прямое прессование		Пресс-литье	
	Консольное закрепление знаков	Двустороннее закрепление знаков	Консольное закрепление знаков	Двустороннее закрепление знаков
До 2	1,0...1,2	4,0	2,5	4,0
Свыше 2 до 4	1,5	5,0	3,0	7,0
Свыше 4 до 6	1,8	6,0	3,5...4,0	8,0

Окончание табл. 6.6

Диаметр отверстий	Прямое прессование		Пресс-литье	
	Консольное закрепление знаков	Двустороннее закрепление знаков	Консольное закрепление знаков	Двустороннее закрепление знаков
Свыше 6 до 8	2,0	6,5	4,5	9,0
Свыше 8 до 10	2,5	7,0	5,5	10,0

*Примечание.* Глубина отверстий, расположенных на боковых поверхностях деталей, не должна превышать 50 % глубины отверстий для одностороннего формообразования в направлении приложения усилия замыкания формы.

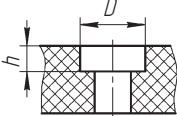
Таблица 6.7

### Максимальные соотношения глубины и ширины прямоугольных углублений

		
Метод изготовления	Материал	H/T
Прямое прессование	Порошкообразные	2,5
	Волокнистые	2
Пресс-литье	Порошкообразные	6
Литье под давлением	Порошкообразные	6

Таблица 6.8

### Размеры отверстий под головки нормальных болтов, мм

					
Резьба	D	h	Резьба	D	h
M2	4,5	2,0	M4	7,0	3,5
M2,3	5,0	2,3	M5	8,5	4,3
M2,6	5,5	2,5	M6	10,5	5,5
M3	6,0	3,0	M8	13,5	7,0
M3,5	6,5	3,1	M10	16,5	8,5

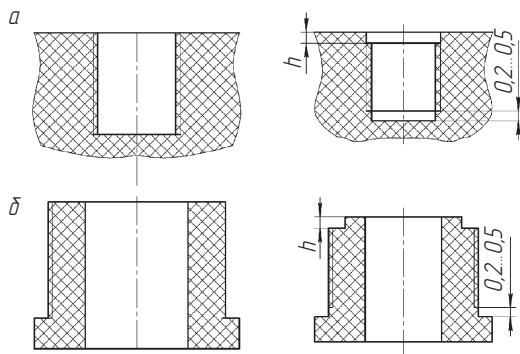


Рис. 6.14. Оформление входа и выхода резьбы:  
*a* — неправильное; *b* — правильное

**Оформление резьбовых отверстий.** Рекомендуется резьба с закругленным профилем, обеспечивающим лучшее заполнение формы. Диаметр резьб должен быть не менее 2 мм, а длина свинчивания — не более двух наружных диаметров.

На рис. 6.14 показана геометрическая форма резьбовых отверстий и резьбовых выступов в изделиях. Для упрочнения резьбы и оформляющих ее элементов необходимо предусматривать пояски у входа и выхода резьбы.

Минимальные размеры перемычек между резьбовыми отверстиями приведены в табл. 6.9. Размеры отверстий под головку болтов приведены в табл. 6.10.

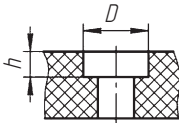
Таблица 6.9

**Минимально допустимые размеры перемычек между резьбовыми отверстиями и толщина дна при глухом отверстии, мм**

$d$	$b_1$	$b_2$	$h_1$
3	1,3	2,0	2,0
3...6	2,0	2,5	3,5
6...10	2,5	3,0	3,8
10	3,8	4,3	5,0

Таблица 6.10

## Размеры отверстий под головки нормальных болтов, мм

					
Резьба	$D$	$h$	Резьба	$D$	$h$
M2	4,5	2,0	M4	7,0	3,5
M2,3	5,0	2,3	M5	8,5	4,3
M2,6	5,5	2,5	M6	10,5	5,5
M3	6,0	3,0	M8	13,5	7,0
M3,5	6,5	3,1	M10	16,5	8,5

**Армирование изделий из пластмасс.** В зависимости от предъявляемых требований, изделие может быть армировано металлической, керамической, стеклянной, пластмассовой (другого вида), резиновой и другой арматурой. Чаще всего используют *металлическую арматуру*, которая придает изделию прочность, износостойкость, размерную точность, улучшает магнитную и электромагнитную проводимость. В зависимости от назначения арматура может быть стержневая, втулочная, клеммная, концевая и др.

В качестве арматуры можно использовать стандартные крепежные изделия (болты, винты, гайки) с доработкой или без нее, а также специально изготовленные для конкретного изделия детали.

Для восприятия рабочих осевых нагрузок и крутящихся моментов на арматуре должны быть предусмотрены специальные удерживающие элементы. У простейшей *проволочной* арматуры, изготовленной из тонкого пруткового материала или проволоки, это различные отгибы, разрезы, расплюснутые элементы, петли и т.д. (рис. 6.15, а).

*Штампованная* арматура из листового металла толщиной менее 1 мм должна иметь отгибы, язычки, выгибы, разрезы. Для арматуры толщиной более 1 мм рекомендуется использовать отверстия (рис. 6.15, б). *Втулочная* и *стержневая* арматура (рис. 6.15, в, г) для восприятия крутящего момента должна иметь на запрессованной поверхности грани, лыски, накатку, а для восприятия осевого усилия — буртики, заплечики, проточки, пазы и т.п.

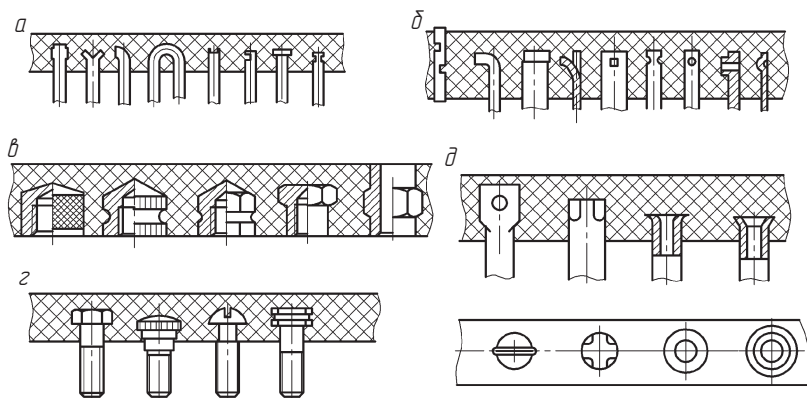


Рис. 6.15. Типы арматуры:

*a* — проволочная; *б* — плоская листовая; *в* — втулочная; *г* — стержневая; *д* — трубчатая

*Трубчатая* арматура представлена на рис. 6.15, *д*. Сплюснутая трубка способна воспринимать осевые нагрузки и крутящие моменты, а обжатая в форме креста — крутящие моменты; развальцованная трубка — осевые нагрузки.



## 6.3. Конструкции форм для прессования

### 6.3.1. Классификация форм для прессования

Отличительные особенности форм для прессования (пресс-форм) определяются технологией процесса прессования. Исходный материал в виде порошка или таблеток механически или вручную загружается в полость матрицы. Таблетированный материал дозируется по числу таблеток, порошковый — весовым или объемным способом. Формование происходит при температурах 150...200 °С и давлении 25...50 МПа.

Процесс формования производят, как правило, с подпрессовкой, которая заключается в кратковременном (2–3 с) размыкании формы для удаления газов, паров воды, образовавшихся в процессе поликонденсации, а также влаги, находящейся в пресс-материалах.

Пресс-формы для прямого и литьевого прессования можно классифицировать по следующим признакам: эксплуатационным, технологическим, степени автоматизации, количеству гнезд, количеству и расположению плоскостей разъема и др. (табл. 6.11).

**Съемные пресс-формы** за каждый цикл прессования устанавливаются на прессе и снимаются для удаления изделия и загрузки очередной порции пресс-материала. Нагрев съемных пресс-форм осуществляется стационарными обогревательными плитами, закрепленными на столе или ползуне прессы.

На рис. 6.16 показаны типовые конструкции съемных пресс-форм с горизонтальной плоскостью разъема.

Съемная пресс-форма для прямого прессования с двумя плоскостями разъема (рис. 6.16, а) состоит из следующих основных деталей: вставки 1; подвижной матрицы 2, снимаемой при разборе пресс-формы; пуансона 4; направляющих колонок 3, 6, предназначенных для совмещения матрицы 2 и пуансона 4 во время движения. Пресс-форма переносится на стол прессы с помощью ручек 7, расположенных слева и справа. Они же используются для разъема на специальном приспособлении пресс-формы при извлечении из полости матрицы 2 изделия 5.

Съемная пресс-форма для литьевого прессования с тремя плоскостями разъема представлена на рис. 6.16, б. Она состоит из съемной камеры прессования, включающей корпус 8 и поршень 9, а также содержит следующие специальные детали: плиту литнико-

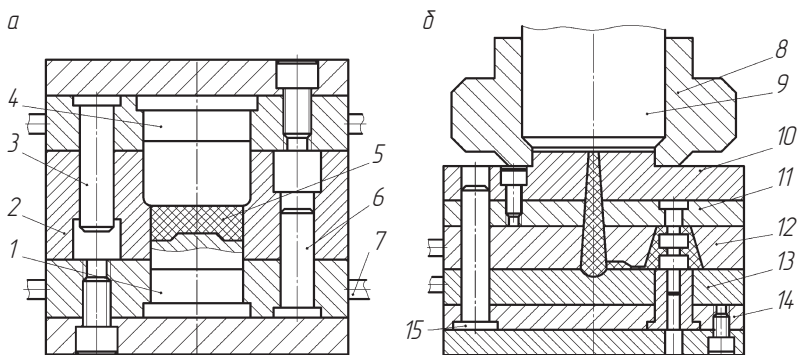


Рис. 6.16. Типовые конструкции съемных пресс-форм для прямого (а) и литьевого (б) прессования

Таблица 6.11

## Классификация форм для прессования

Классификационный признак	Краткая характеристика	
	Формы	Изделия
Связь с оборудованием	Съемные формы снимаются для извлечения изделия, загрузки материала	Изделия различной конфигурации с пониженными требованиями к качеству, точно-сти; малотиражные
	Стационарные формы. Универсальные блоки	Изделия различной конфигурации и размеров с повышенными требованиями к качеству, точности
Метод изготовления изделий	Формы для прямого прессования — пресс-формы	Изделия плоскостные монолитные без арматуры или малоармированные, равномерные; точность изготовления сравнительно невысокая
	Формы для пресс-литья — литьевые формы	Изделия сложной конфигурации, плотноармированные, разностенные; точность изготовления сравнительно высокая
Степень автоматизации	Пресс-формы, оснащенные датчиками технологической информаций, работающие в режиме АСУТП	Изделия прецизионные, относительно простые
	Пресс-формы автоматического действия, работающие на пресс-автоматах, роторных линиях и т.п.	Изделия простые, безарматурные; точность изготовления повышенная
	Пресс-формы, работающие на прессах-полуавтоматах. Пресс-формы с сопряженными манипуляторами-роботами	Изделия различной конфигурации, с арматурой или без нее; требования к качеству, точности нормальные

Окончание табл. 6.11

Классификационный признак	Краткая характеристика	
	Формы	Изделия
Число оформляющих полостей (гнезд)	Одногнездные	Изделия больших размеров очень сложной конфигурации
	Многогнездные (два и более)	Изделия, изготавливаемые в массовом и крупносерийном производстве
Число и характер плоскостей разъема	С одной горизонтальной плоскостью, параллельной направлению усиления замыкания пресс-формы	Различные изделия из пластмасс; точность изготовления размеров, пересекающих плоскости разъемов, невысокая
	С двумя горизонтальными плоскостями, параллельными направлению усиления замыкания	
	С одной, двумя или несколькими вертикальными плоскостями, перпендикулярными направлению усиления замыкания пресс-формы. С комбинированным (горизонтальным и вертикальным) разъемом; пластинчатые	



вую 10; знакодержатели 11, 14, предназначенные для крепления знаков и фиксации арматуры; матрицу 12; плиту съема 13; направляющие колонки 15.

**Стационарные пресс-формы** для формообразования изделий из реактопластов закрепляются на прессе. В течение всего периода прессования заданной партии изделий пресс-формы находятся в закреплённом положении и не снимаются с пресса.

На рис. 6.17 представлена типичная стационарная пресс-форма для прямого прессования плоского ступенчатого изделия. Непосредственно формообразование изделия осуществляется матрицей 5, пуансоном 6 и выталкивателями 22.

Верхняя и нижняя полуформы деталями 2, 4, 7–9 крепятся к плитам пресса. Детали 1, 11, 13, 14 и 19 скрепляют отдельные узлы или детали друг с другом, а детали 16, 17, 23, 27 центрируют подвижные части пресс-формы. В плитах 3, 10 смонтированы нагревательные элементы, а в деталях 15, 18 закреплены формообразующие детали 5, 6, 22. Крышка 20 предохраняет нагревательные элементы от повреждения; деталь 21 обеспечивает пространство для размещения блока выталкивателей; деталь 12 обеспечивает контакт двух полуформ при их смыкании (компенсатор размерной цепи).

Детали 24–26 обеспечивают монтаж блока выталкивателей, деталь 28 соединяет блок выталкивателей с нижним выталкивающим гидроцилиндром.

Работа пресс-формы осуществляется следующим образом. В исходном положении верхняя полуформа поднята; выталкиватели 22 находятся в крайнем нижнем состоянии. В полость пресс-формы поступает доза пресс-материала, и верхняя полуформа смыкается с нижней. После завершения прессования верхняя полуформа поднимается, пуансон 6 выходит из полости, а изделие остается в полости.

От гидроцилиндра пресса через хвостовик 28 движение сообщается нижней плите блока выталкивателей 26, которая поднимается до упора с плитой нагревателей 3. Выталкиватели 22 поднимают изделие и выталкивают из полости. Плунжер гидроцилиндра совместно с хвостовиком опускается, а плита блока 26 возвращается в исходное положение.

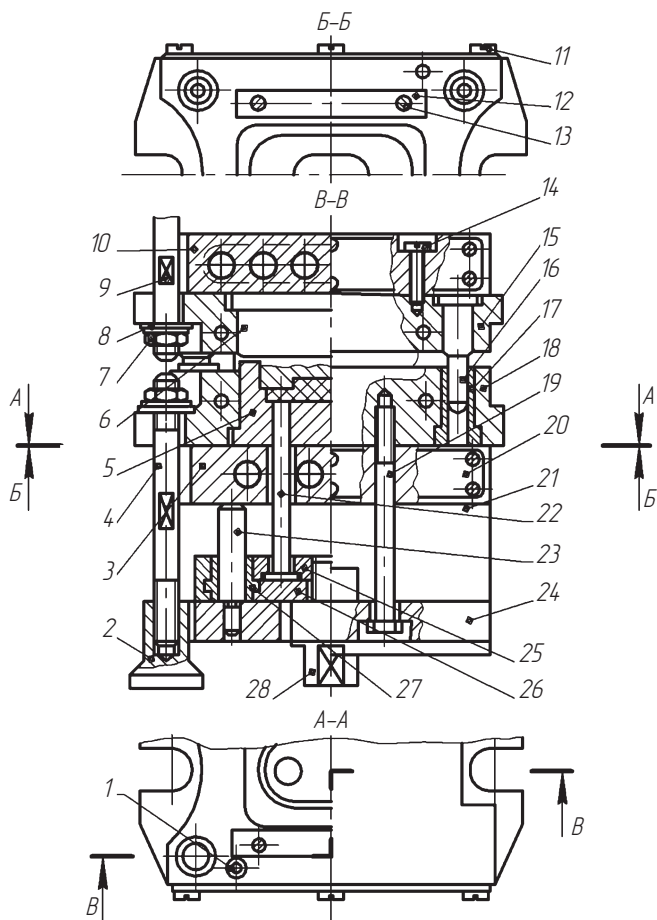


Рис. 6.17. Конструкция стационарной пресс-формы для прямого прессования

Стационарная пресс-форма для *литьевого прессования* представлена на рис. 6.18. Смыкание верхней полуформы с нижней осуществляется с помощью верхнего гидроцилиндра пресса. Перед смыканием доза пресс-материала поступает в загрузочную камеру 7. После смыкания плунжер 6, соединенный с нижним гидроцилиндром, выдавливает расплав по литниковым каналам в формирующие полости. После завершения цикла прессования

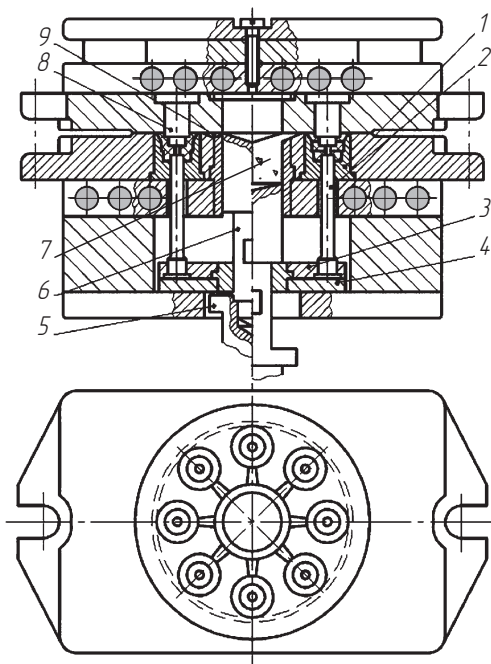


Рис. 6.18. Конструкция стационарной пресс-формы для литьевого прессования:

1 — матрица; 2 — выталкиватель; 3 — верхняя плита блока выталкивателей; 4 — нижняя плита блока выталкивателей; 5 — хвостовик; 6 — плунжер; 7 — загрузочная камера; 8 — пуансон; 9 — литниковый канал

и раскрытия пресс-формы хвостовик 5 поднимает плиты 3, 4 и выталкиватели 2, которые удаляют изделия из полости матрицы.

Выталкивающая система закрепляется в блоке прихватами, зажимаемыми раздвижными клиньями. Направление движения выталкивающей системы блока осуществляется колонками, которые одновременно служат опорой для плит 4.

Характерной особенностью универсальных блоков является возможность быстрой замены непосредственно на прессе одних матриц и пуансонов другими, что позволяет производить прессование различных изделий.

Универсальные блоки пригодны для крепления большого числа сменных пакетов пресс-формы, что позволяет ускорить подготовку

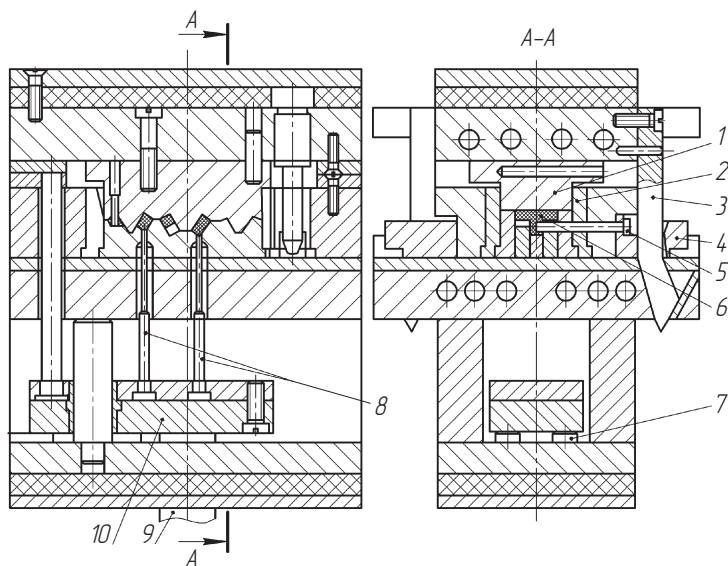


Рис. 6.19. Пресс-форма для изготовления изделий с боковыми знаками

производства по вновь осваиваемой продукции и способствует снижению затрат на изготовление технологической оснастки.

**Пресс-форма с боковыми знаками** представлена на рис. 6.19.

Исходное положение элементов пресс-формы — пуансон 1 в крайнем верхнем положении; полость матрицы заполняется пресс-материалом. При движении ползуна пресса вниз пуансон 1 входит в отверстие матрицы. Одновременно боковой знак 5 клином 3 вводится в полость матрицы. В образованной матрицей пуансоном и знаком замкнутой полости производится формование изделия.

При обратном движении пуансона 1 вверх клин 3 через ползун 4 выводит боковой знак 5 из спрессованного изделия 6. Включается выталкивающая система пресса, которая хвостовиком 9 перемещает выталкивающую систему 10, а выталкиватели 8 перемещают изделие за пределы матрицы. Между изделиями и матрицей 2 установлена съемная вилка (на рисунке не показана). Выталкивающая система возвращается в исходное положение на упоры 7, а изделие съемной вилкой перемещается за пределы формы.

Пресс-форму продувают, загружают пресс-материалом и цикл повторяется.

**Пресс-форма с разъемной матрицей** (рис. 6.20) предназначена для изготовления методом литьевого прессования высоких изделий с поднутряющими канавками на наружной поверхности.

Наружные поверхности изделия оформляются раздвижной матрицей, состоящей из подвижных секций 13. Конструкция пресс-формы обеспечивает автоматическое раскрытие (от нижнего гидроцилиндра пресса) матрицы и снятие изделия с центрального оформляющего знака 5. Для подъема матрицы и извлечения из нее изделия загрузочная камера 3 выполнена поворотной. Подъем загрузочной камеры и снятие ее с торцевой поверхности матрицы осуществляется гидроцилиндром 10 через тяги 7, 12.

Процесс формообразования изделия осуществляется в следующей последовательности. Пресс-материал вручную подается в загрузочную камеру, из которой через впускное отверстие в размягченном состоянии выдавливается в полость матрицы. После завершения процесса прессования верхняя плита 1 поднимается вверх, а пуансон 2 выводится из отверстия загрузочной камеры 3. В крайнем верхнем положении плиты пресса включается гидроцилиндр 10, который тягами 7, 12 поднимает загрузочную камеру 3

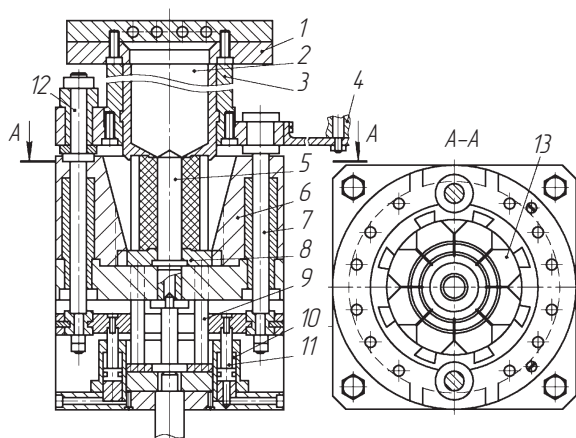


Рис. 6.20. Пресс-форма для литьевого прессования с многосекционной разъемной матрицей

и отсоединяет ее от матрицы 13. Оператор рукояткой 4 отводит загрузочную камеру. При этом освобождается пространство, необходимое для подъема матрицы и извлечения изделия. Затем включается выталкивающая система 11, которая толкателями 9 через опорную плиту 8 выводит матрицы из обоймы 6. Секции матрицы, передвигаясь по наклонным пазам обоймы, раздвигаются в стороны. При этом изделие освобождается и снимается с центрального знака 5. После извлечения изделия из пресс-формы выталкивающая система опускается, а секции матрицы под действием собственного веса возвращаются в обоймы. Оператор руко-

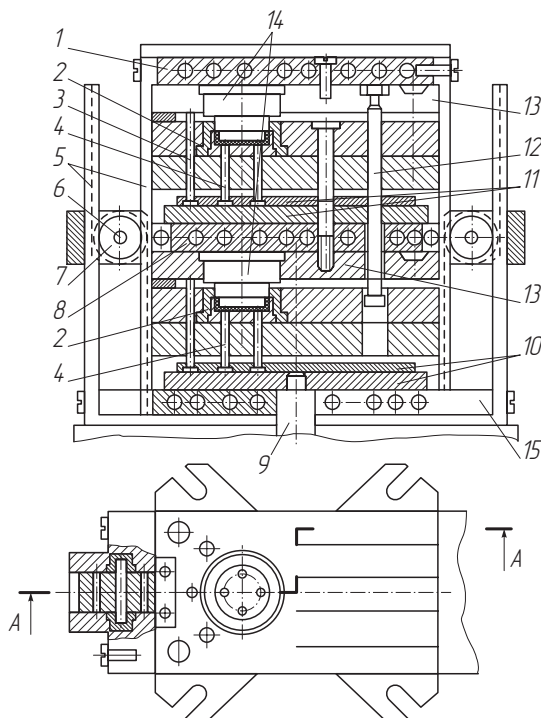


Рис. 6.21. Схема конструкции двухэтажной пресс-формы:

1 — плита обогрева верхняя; 2 — матрица; 3 — возвратные колонки; 4 — толкатели; 5 — зубчатые рейки; 6 — ось; 7 — зубчатое колесо; 8 — плита обогрева промежуточная; 9 — хвостовик; 10, 11 — выталкивающие системы; 12 — тяга; 13 — обойма; 14 — пуансон; 15 — плита нижняя

яткой возвращает в исходное положение загрузочную камеру 3 и гидроцилиндром зажимает подъемную матрицу в обойме.

**Пресс-форма двухэтажная** (рис. 6.21) предназначена для изготовления изделий методом прямого прессования одновременно на двух уровнях — верхнем и нижнем. Соответственно в пресс-форме предусмотрены две плиты обогрева — верхняя 1 и промежуточная 8. Разъем пресс-форм осуществляется одновременно на двух уровнях. Механизм разъема включает две зубчатые рейки, одна из которых жестко соединена с верхней подвижной плитой 4, а вторая — с нижней неподвижной плитой 15. Каждая из реек находится в зацеплении с зубчатым колесом 7, ось которого размещена в промежуточной плите 8. При подъеме траверсы пресса, на которой крепится верхняя плита 1 с обоймой 13 и пуансоном 14, начинает работать механизм разъема. Зубчатое колесо 7 получает вращательное движение от поступательного перемещения вверх подвижной рейки. При этом колесо 7 перекачивается по неподвижной рейке и поднимает вверх соединенную с осью промежуточную плиту 8. В результате обеспечивается одновременный разъем на двух уровнях.

После образования между уровнями пресс-формы зазора, необходимого для извлечения изделия и разгрузки пресс-материала, тяги 12 приводят в движение выталкивающую систему 11 верхнего уровня, а толкатели 4 извлекают изделие из матрицы 2. Затем включается выталкивающая система, которая приводится в действие от хвостовика 9. Толкателями 4 изделие извлекается из матрицы нижнего уровня. После этого пресс-форму продувают сжатым воздухом, загружают пресс-материал и смыкают. Выталкивающие системы обоих уровней возвращаются в исходное положение.

### 6.3.2. Узлы пресс-форм для прямого и литьевого прессования

Блоки и пакеты для прямого и литьевого прессования обеспечивают возможность стандартизации всех вспомогательных конструктивных элементов стационарных пресс-форм. Один блок может заменить несколько стационарных пресс-форм, а пакет устанавливается на время прессования плановой партии изделий.

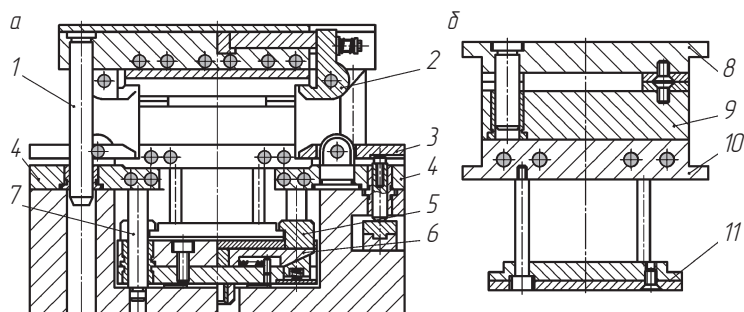


Рис. 6.22. Типовые конструкции блока (а) и пакета (б):

1 — направляющая колонка; 2, 3 — прихваты для крепления сменных пакетов; 4 — опорные плиты; 5 — прихват для закрепления выталкивающей системы; 6 — раздвижные клинья; 7 — колонка; 8 — плита пуансона; 9 — обойма матрицы; 10 — плита обогрева; 11 — плита толкателей

**Универсальный блок** для прямого прессования (рис. 6.22, а) состоит из верхней и нижней частей, закрепленных стационарно, соответственно, на верхней и нижней плитах гидравлического пресса. Центрирование частей осуществляется с помощью направляющих колонок 1. Для крепления сменных пакетов на верхней и нижней частях блока имеются быстродействующие поворотные прихваты 2, 3. Соответствующие части сменных пакетов зажимаются с помощью рычагов, перемещаемых специальными винтами.

**Пакет** (рис. 6.22, б) состоит из плиты пуансонов 8, обоймы матрицы 9, плиты обогрева 10, плиты толкателей 11, соединительных и направляющих деталей. Пакет устанавливается на две опорные плиты 4 (рис. 6.22, а), являющиеся одновременно и нижними плитами обогрева.

### 6.3.3. Конструирование пресс-форм

**Матрицы** в большинстве случаев выполняются в сочетании с загрузочной камерой как одно целое (рис. 6.23, а, б) или как сборная конструкция (рис. 6.23, в, г).

Поверхность А матрицы, на которой происходит запирание и отжатие излишнего пресс-материала, называется *отжимным рангом матрицы*. Его ширину принимают в зависимости от конструкции матрицы и изделия, но не менее 2,5 мм. Во встраиваемых



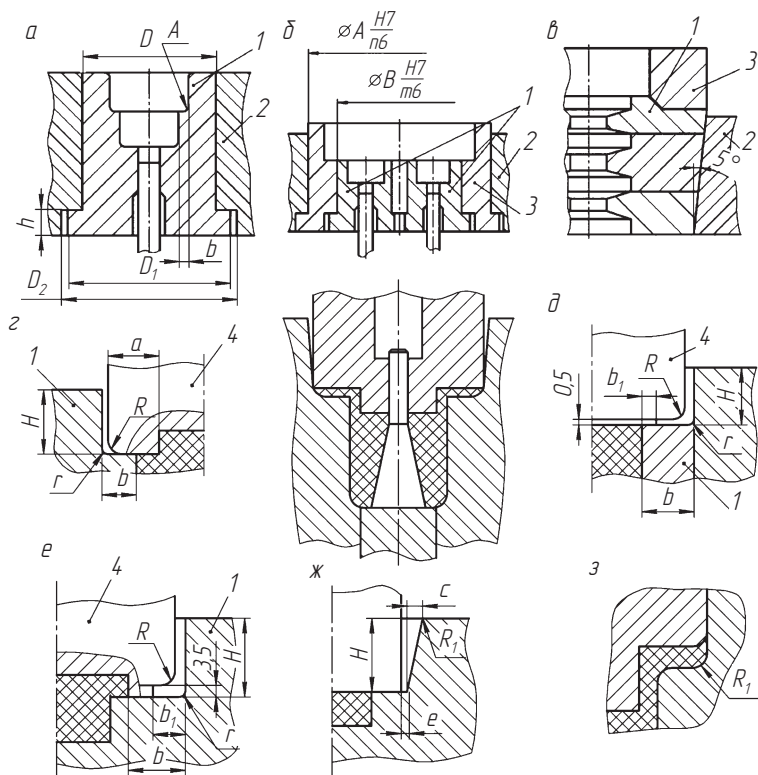


Рис. 6.23. Схемы конструкций матриц и пуансонов:  
1 — матрица; 2 — обойма; 3 — загрузочная камера; 4 — пуансон

матрицах (рис. 6.23, д), а также в случаях, когда часть изделия размещена в пуансоне (рис. 6.23, е), размер  $b \geq 5$  мм. Для уменьшения толщины обля, примыкающего к изделию на пуансоне, выполняют отжимной ранг шириной  $b_1 = 2,5$  мм и высотой 0,5 мм. Радиус  $R$  скругления пуансона больше радиуса скругления загрузочной камеры:

$$R = r + (0,5...1) \text{ мм.}$$

Избыточный материал и газы удаляются из оформляющего гнезда через зазор шириной  $e$  между пуансоном и стенкой загрузочной камеры (рис. 6.23, ж). Размер стенки загрузочной камеры  $C = 0,2$  мм при высоте  $H \leq 30$  мм и  $C = 0,3$  при  $H > 30$  мм.

Для получения в изделиях вертикального облоя в формах полузакрытого типа сопряжение пуансона и матрицы в загрузочной камере следует выполнять в соответствии с рис. 6.23, з.

Рекомендуемые размеры вставных матриц приведены в табл. 6.12.

Таблица 6.12

Размеры матриц, мм (рис. 6.23, а)

$D\left(\frac{H7}{n6}\right)$	$D_1$	$D_2$	$h\left(\frac{H11}{n11}\right)$
До 40	$D + 6$	$D_1 + 0,5$	5
Свыше 40 до 80	$D + 8$	$D_1 + 1$	8
Свыше 80 до 120	$D + 10$		10
Свыше 120	$D + 12$		12

Размеры высоты загрузочной полости матриц пресс-форм рассчитываются с учетом объема загружаемой пресс-массы по формулам, приведенным в табл. 6.13. В этих формулах:

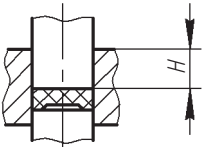
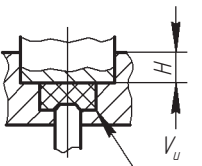
- $H$  — высота загрузочной полости пресс-формы;
- $V$  — объем загружаемой пресс-массы:

$$V = V_{\text{и}} k_{\text{уп}} n = \frac{mkn}{p},$$

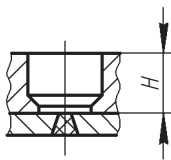
где  $V_{\text{и}}$  — объем прессуемого изделия;  $k_{\text{уп}}$  — коэффициент уплотнения пресс-массы.

Таблица 6.13

Расчет высоты загрузочной полости пресс-форм

Тип пресс-форм	Эскиз	Расчетная формула
Прямого прессования Закрытая поршневая		$H = \frac{V}{F} + 0,8$
Прямого прессования Закрытая с перетеканием		$H = V - \frac{V_{\text{и}} n}{F} + 0,8$

Окончание табл. 6.13

Тип пресс-форм	Эскиз	Расчетная формула
Литьевого прессования		$H = \frac{V}{F} + 1,2$

*Примечание.* Увеличение высоты  $H$  на 0,8...1,2 мм обусловлено необходимостью обеспечить заход пуансона до соприкосновения с пресс-массой, а также компенсировать потери пресс-материала на облой, литники и др.

Коэффициент  $k_{уп}$

$$k_{уп} = \frac{\rho_{и}}{\rho_{н}}$$

где  $\rho_{и}$  — плотность спрессованного изделия;  $\rho_{н}$  — насыпная плотность;

Площадь сечения загрузочной полости для пресс-форм литьевого прессования:

$$F = 1,1(F_{и}n + F_{л}),$$

где  $F_{и}$  — площадь прессуемого изделия (в плане);  $n$  — число одновременно прессуемых изделий;  $F_{л}$  — суммарная площадь литников (в плане).

Диаметр полости нижней загрузочной камеры пресс-форм литьевого прессования

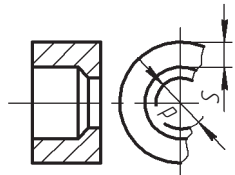
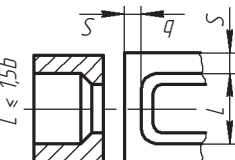
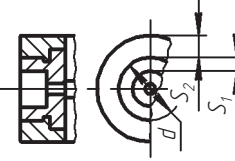
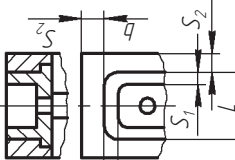
$$D = 1,12\sqrt{\frac{V_{и}n}{H}}.$$

Толщина стенок загрузочных камер, матриц и обойм назначается в соответствии с табл. 6.14.

Размеры камеры прессования, корпусов и поршней приведены соответственно, в табл. 6.15–6.17.

Таблица 6.14

Толщина стенок загрузочных камер, магриц и обойм, мм

	Тип загрузочной камеры		Тип магрицы и обойм		
	Круглая	Прямоугольная	Круглая	Прямоугольная	
	 				
	$S$		$S_1$	$S_2$	
До 40	20	24	7	9	15
Свыше 40 до 50	22	26	8	10	18
Свыше 50 до 60	27	32	9	11	21
Свыше 60 до 70	32	38	10	12	24
Свыше 70 до 80	37	44	11	13	27
Свыше 80 до 90	40	48	12	14	30
Свыше 90 до 100	45	54	13	15	32
Свыше 100 до 120	52	62	15	17	35
Свыше 120 до 140	57	69	17	19	38

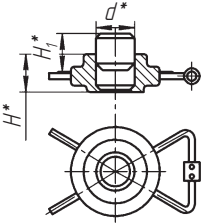
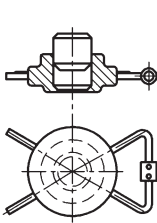
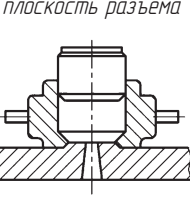
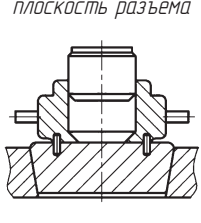
Внутренний диаметр  $d$  или большая сторона  $L$  прямоугольника

Свыше 140 до 160	62	75	19	35	21	42
Свыше 160 до 180	67	81	21	38	23	45
Свыше 180 до 200	72	87	23	40	25	48

*Примечания.* 1. Давление в загрузочной камере не должно превышать 100 МПа. 2. Давление во внутренней полости матрицы-вставки не должно превышать 70 МПа. 3. При  $L/b > 1,5$  значение толщины стенок следует уменьшить (умножить на 0,8). 4. Наружные размеры, рассчитанные с учетом указанной толщины стенок, необходимо увеличить кратно пяти.

Таблица 6.15

## Размеры камер прессования

		<i>Исполнение I</i>	<i>Исполнение II</i>	<i>Горизонтальная плоскость разреза</i>	<i>Вертикальная плоскость разреза</i>
					
Исполнение	$d$ , мм	$H$ , мм	$H_1$ , мм	Масса, кг	
I	40	25	22	0,95	
II			25	0,98	
I		32	29	1,18	
II			32	1,21	
I		40	37	1,44	
II			40	1,46	
I		50	47	1,79	
II			50	1,81	
I		63	60	2,26	
II			63	2,28	
I		50	25	22	1,37
II				25	1,41
I			32	29	1,71
II				32	1,75
I			40	37	2,11
II				40	2,14
I			50	47	2,63
II				50	2,67
I	63		60	3,36	
II			63	3,39	
I	63		25	22	2,06
II				25	2,12
I			32	29	2,57
II				32	2,63

Окончание табл. 6.15

Исполнение	$d$ , мм	$H$ , мм	$H_1$ , мм	Масса, кг
I		40	37	3,19
II			40	3,24
I		50	47	4,00
II			50	4,06
I		63	60	5,12
II			63	5,17

Таблица 6.16

## Размеры корпусов (мм) и масса (кг)

Исполнение	$d$ (предельное отклонение по H9)	$d_1$ (предельное отклонение по H9)	$d_1$	$D$	$D_1$	$D_2$	$A$	$H$	$H_1$	$h$	Масса, кг
I	40	28	—	80	60	53	—	25	16	16	0,59
II			8				50				
I	50	38	—	100	80	63	—	32	20	23	0,75
II			8				50				

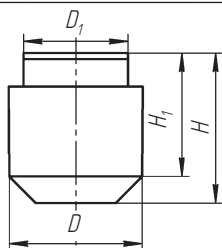
Окончание табл. 6.16

Исполнение	$d$ (предельное отклонение по H9)	$d_1$ (предельное отклонение по H9)	$d_1$	$D$	$D_1$	$D_2$	$A$	$H$	$H_1$	$h$	Масса, кг					
I	40	28	—	80	60	53	—	40	25	31	0,93					
II			8				50									
I			—				50	32	41	1,18						
II			8								50					
I			—				63	40	54	1,52						
II			8								50					
I	50	36	—	100	70	65	—	25	16	15	0,90					
II			8				60			16						
I			—				32	20	22	1,13						
II			8						60		23					
I			—				40	25	30	1,40						
II			8						60		31					
I			—				50	32	40	1,77						
II			8						60		41					
I			—				63	40	53	2,31						
II			8						60		54					
I			63				45	—	125	85	82	—	23	16	13,0	1,41
II								10				75			16,0	
I								—				32	20	20,0	1,75	
II								10						75		23,0
I	—	40		25	28,0	2,17										
II	10				75			31,0								
I	—	50		32	38,0	2,74										
II	10				75			41,0								
I	—	63		40	51,0	3,55										
II	10				75			54,0								



Таблица 6.17

## Размеры поршней



$D$ (предельное отклонение по $f7$ ), мм	$D_1$ , мм	$H$ , мм	$H_1$ , мм	Масса, кг
40	38	22	15,5	0,19
		25		0,22
		29	22,5	0,26
		32		0,29
		37	30,5	0,34
		40		0,36
		47	40,5	0,44
		50		0,46
		60	53,5	0,57
		63		0,59
50	48	22	14,5	0,30
		25		0,34
		29	21,5	0,41
		32		0,45
		37	29,5	0,54
		40		0,57
		47	39,5	0,69
		50		0,73
		60	52,5	0,88
		63		0,92
63	60	22	12,5	0,47
		25		0,53
		29	19,5	0,64
		32		0,70

Окончание табл. 6.17

$D$ (предельное отклонение по $f7$ ), мм	$D_1$ , мм	$H$ , мм	$H_1$ , мм	Масса, кг
63	60	37	27,5	0,84
		40		0,89
		47	37,5	1,08
		50		1,14
		60	50,5	1,39
		63		1,45
71	67	22	11,0	0,58
		25		0,65
		29	18,0	0,79
		32		0,87

Площадь поперечного сечения впускного канала  $f$  определяется по формуле

$$f = 0,4k_M V_{из},$$

где  $k_M$  — коэффициент, зависящий от предварительной подготовки материала (при литье с предварительным подогревом  $k_M = 1$ , при литье без подогрева  $k_M = 2$ ;  $V_{из}$  — объем изделия, см<sup>3</sup>).

Для прямоугольных каналов в случае литьевого прессования порошкообразных материалов высоту принимают 0,3...0,8 мм, для волокнистых материалов высота составляет 0,8...1,5 мм.

**Пуансоны**, кроме передачи давления, в пресс-формах прямого прессования оформляют торцовую часть поверхности изделия. Для отвода излишнего материала из загрузочной камеры пресс-форм прямого прессования на боковой поверхности пуансонов выполняются специальные каналы глубиной 0,3...0,5 мм, шириной 5...8 мм.

Правильное сопряжение пуансона с загрузочной камерой или с матрицей достигается при соответствующем зазоре между ними. Величина зазора зависит от диаметра или сечения пуансона, но его минимальное значение равно 0,02...0,03 мм на сторону. Этому требованию отвечают посадки (рис. 6.24).

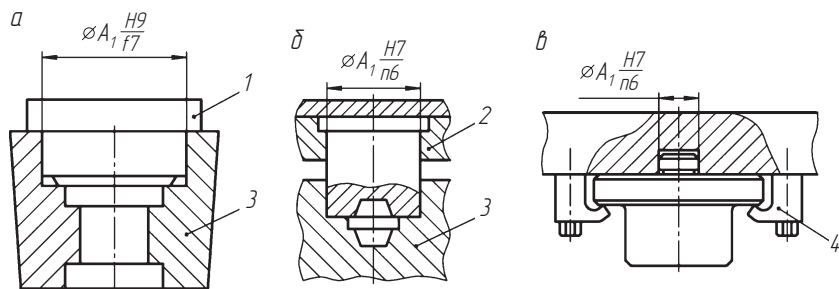


Рис. 6.24. Конструкции и варианты крепления пуансонов:  
 а — цельный; б, в — составной; в — быстросменный; 1 — пуансон; 2 — пуансо-  
 нодержатель; 3 — матрица с загрузочной камерой; 4 — прихват

Простейшая конструкция цельного пуансона прямоугольной формы или формы тел вращения представлена на рис. 6.24, а. Для предотвращения вдавливания в плиту пресса и удобства фиксации на пуансонах предусмотрены борта.

Наиболее широко распространена конструкция пуансонов с установкой в пуансонодержателе (рис. 6.24, б). Пуансоны формы тел вращения, имеющие на рабочей части выступы, пазы или отверстия, требуют определенной ориентации их относительно матрицы. Такие пуансоны устанавливаются в пуансонодержателе по посадке с натягом и дополнительно фиксируются от проворачивания штифтом.

Быстросменная конструкция пуансонов предусматривает крепление двумя прихватами за цилиндрический хвостовик (рис. 6.24, в). В этом случае фиксация пуансона относительно матрицы осуществляется выступающей цапфой.

**Формующие знаки** образуют в изделии гладкие или резьбовые отверстия. Они устанавливаются в матрице или пуансоне с неподвижным или подвижным креплением.

Конструктивное выполнение формующих знаков, а также способ их крепления в пресс-форме зависят от конфигурации и размеров рабочей части самих знаков и конструкции пресс-формы.

На рис. 6.25 представлены конструкции формующих знаков. Как при неподвижном, так и при подвижном соединении формующих знаков и вкладышей высота посадочной части отверстия детали,

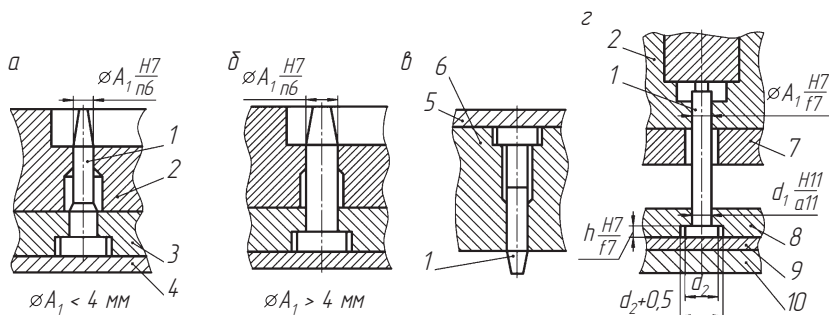


Рис. 6.25. Конструкции неподвижных (а–в) и подвижных (z) формующих знаков:

1 — знак; 2 — матрица; 3 — знакодержатель; 4 — плита нижняя; 5 — плита верхняя; 6 — пуансон; 7 — плита обогрева; 8 — плита выталкивателя; 9 — прокладка; 10 — плита хвостовика

в которой производится установка знаков, должна быть меньше, чем высота формующей части. В неподвижных соединениях это делается с целью облегчения изготовления и доводки после термообработки гладких круглых и фасонных отверстий в матрице и пуансоне. В подвижных соединениях, помимо того, меньшая высота посадочной части необходима для уменьшения площади трения сопрягаемых элементов.

Независимо от конфигурации рабочей части, формующего знака хвостовик или стержень, утолщенная часть или буртик для крепления выполняются круглой формы, что облегчает их изготовление.

В подвижных формующих знаках диаметр утолщенной части, устанавливаемой в держатель, должен быть на 0,5...1 мм больше, чем диаметр рабочей части. Посадки в сопряжениях знак — держатель в стационарных пресс-формах, имеющих постоянную связь матрицы с формующими знаками, делаются с зазором, что компенсирует возможную неточность расположения отверстий в матрице и держателе.

**Резьбовые знаки и кольца** предназначены для оформления в прессуемых изделиях, соответственно, внутренней и наружной резьбы. Резьбовые знаки используются также для закрепления в определенном положении металлической арматуры с резьбой. Резьбовые знаки и кольца могут быть верхними и нижними.

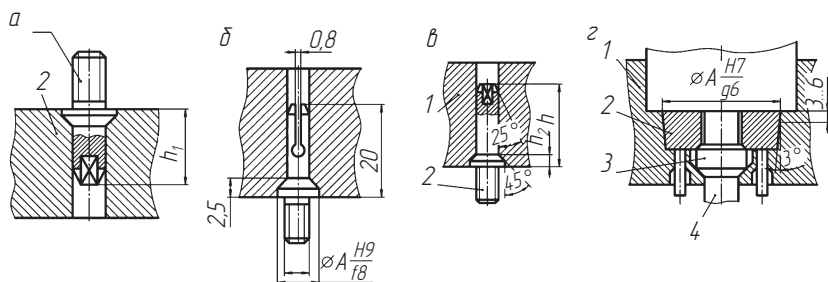


Рис. 6.26. Конструкции резьбовых знаков:

*a* — знак, устанавливаемый в нижней части пресс-формы (1 — знак; 2 — матрица); *б, в* — знаки, устанавливаемые в верхней части пресс-формы для формирования резьбы, соответственно, до 6 мм и свыше 6 мм (1 — пуансон; 2 — знак); *г* — резьбовое кольцо (1 — матрица; 2 — знак; 3 — изделие; 4 — выталкиватель)

Кольца, как правило, устанавливаются в нижней части пресс-форм (рис. 6.26).

При установке в нижней части пресс-формы резьбовые знаки имеют цилиндрический стержень, который входит в соответствующее отверстие в матрице. В зависимости от конструкции пресс-формы эти знаки могут иметь специальный буртик для фиксации и удержания в рабочем положении. Иногда они торцом могут опираться на нижнюю плиту пресс-формы. Верхние резьбовые знаки большей частью выполняются с буртиком, удерживающим их в определенном положении относительно плоскости пуансона и перекрывающим отверстие под хвостовик, что предотвращает затекание пресс-материала в посадочное отверстие.

**Центрирующие элементы.** Направляющие колонки пресс-форм всегда устанавливают в подвижной верхней части полуформы, что обеспечивает удобство загрузки пресс-материала, установки арматуры, извлечения спрессованного изделия, очистки матрицы от облоя. Длина направляющей цилиндрической части колонки должна превышать высоту пуансона на 8...10 мм, чтобы при смыкании формы вначале входили направляющие колонки в направляющие втулки, а затем пуансон в матрицу. Это исключает образование задиrow на пуансоне и краях загрузочной камеры. В съемных формах с несколькими плоскостями разреза устанавливают специальные ступенчатые колонки (рис. 6.27).

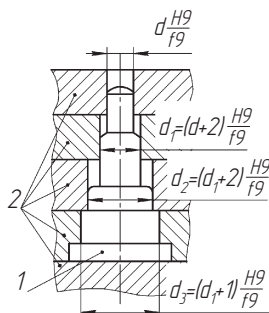


Рис. 6.27. Центрирующий узел в пресс-формах с несколькими плоскостями разреза:  
1 — ступенчатая колонка, 2 — плиты

Количество направляющих ступеней равно числу плоскостей разреза пресс-формы. Для удобства ориентирования частей пресс-формы колонки выполняют ступенчатыми. Диаметр каждой ступени отличается на 1...2 мм.

## 6.4. Расчет размеров формообразующих элементов форм



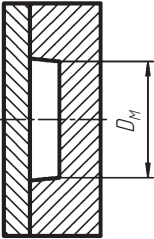
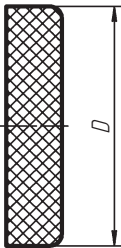


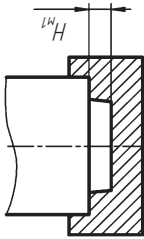
Исполнительные размеры гладких формообразующих элементов (матрицы, пуансоны, знаки) рассчитывают с учетом допуска на размеры изделия и усадки формуемого материала. Методика расчета гладких формообразующих элементов в соответствии с ГОСТ 15947–70 приведена в табл. 6.18.

Поля допусков на размеры формообразующих деталей назначают в зависимости от качества формуемого изделия (табл. 6.19).

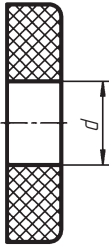
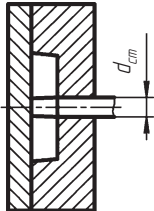
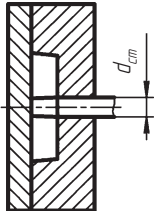
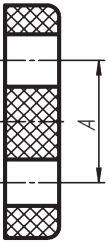
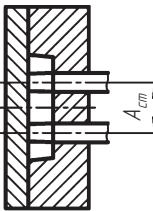
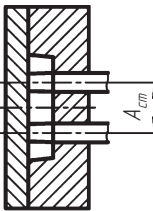
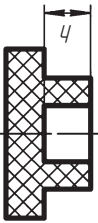
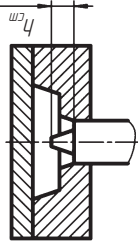
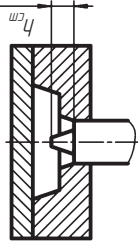
Исполнительные размеры резьбоформирующих деталей (знаков и колец) рассчитываются в соответствии с ГОСТ 15948–76. Расчет производится для всех элементов наружной и внутренней резьбы по формулам, приведенным в табл. 6.20.

Таблица 6.18

## Расчет гладких формообразующих элементов

Размер		Формообразующих деталей	Расчетная формула
Изделия	Охватываемые		
Охватываемые		Охватываемые	$D_M = D_{\max} + D_{\max} \cdot 0,01S_{\max} - T_H$
Диаметральный			
Охватываемые высотные			<p>Охватываемые высотные, не зависящие от толщины облоя</p> $H_M = H_{\max} + H_{\max} \cdot 0,01S_{\text{ср}} - 0,5(T_H + T_{\Phi})$
			<p>Охватываемые высотные, зависящие от толщины облоя (пресс-формы прямого прессования)</p> $H_{M1} = H_{\max} + H_{\max} \cdot 0,01S_{\text{ср}} - c - 0,5(T_H - T_{\Phi})$

Окончание табл. 8.1

Размер		Формообразующих деталей	Расчетная формула
Изделия	Диаметральный		
			$d_{\text{ст}} = d_{\text{мин}} + d_{\text{мин}} \cdot 0,01S_{\text{мин}} + T_{\text{н}}$
			$A_{\text{ст}} = A + A \cdot 0,01S_{\text{ср}}$
			$h_{\text{ст}} = h_{\text{мин}} + h_{\text{мин}} \cdot 0,01S_{\text{ср}} + 0,5(T_{\text{н}} + T_{\text{ф}})$

*Примечание.*  $D_{\text{max}}$ ,  $H_{\text{max}}$  — наибольшие предельные размеры изделия, мм;  $d_{\text{мин}}$ ,  $h_{\text{мин}}$  — наименьшие предельные размеры изделия, мм;  $S_{\text{max}}$ ,  $S_{\text{мин}}$ ,  $S_{\text{ср}}$  — наибольшая, наименьшая и средняя усадка пластмассы соответственно, %;  $T_{\text{н}}$  — допуск на размер изделия;  $T_{\text{ф}}$  — допуск на размер формообразующих деталей;  $c$  — поправочный коэффициент, учитывающий толщину облоя в формах прямого прессования.



Таблица 6.19

**Поля допусков на размеры формообразующих деталей  
в зависимости от качества формующего изделия**

Квалитет	Размеры		
	Охватывающие	Охватываемые и прочие	Межосевые *
10–11	<i>H7</i>	<i>h6</i>	—
12–14	<i>H9</i>	<i>h9</i>	$\pm \frac{T_{\text{н}}}{10}$
15–16	<i>H11</i>	<i>h11</i>	
17	<i>H12</i>	<i>h12</i>	

\* Предельные отклонения межосевых размеров следует назначать не менее 0,02 мм.

Таблица 6.20

**Расчет резьбоформирующих элементов**

Размеры	Расчетная формула
<i>Резьбоформирующее кольцо</i>	
Наружный диаметр	$D_{\text{к}} = d + d \cdot 0,01S_{\text{max}} - T_d - es$
Средний диаметр	$D_{2\text{к}} = d_2 + d_2 \cdot 0,01S_{\text{max}} - T_{d2} - es$
Внутренний диаметр	$D_{1\text{к}} = d_1 + d_1 \cdot 0,01S_{\text{max}} - T_{d2} - es - 0,144P$
Шаг	$P_{\text{к}} = P(1 + 0,01S_{\text{cp}})$
<i>Резьбоформирующий стержень</i>	
Наружный диаметр	$d_{\text{ст}} = D + D \cdot 0,01S_{\text{min}} + T_{D2} + EI$
Средний диаметр	$d_{2\text{ст}} = D_2 + D_2 \cdot 0,01S_{\text{min}} + T_{D2} + EI$
Внутренний диаметр	$d_{1\text{ст}} = D_1 + D_1 \cdot 0,01S_{\text{min}} + T_{D1} + EI$
Шаг	$P_{\text{ст}} = P(1 + 0,01S_{\text{cp}})$

*Примечание.*  $d, d_1, d_2$  — соответственно, наружный, средний и внутренний диаметр болта;  $D, D_2, D_1$  — соответственно, наружный, средний и внутренний диаметр гайки;  $P$  — шаг резьбы;  $T_d$  и  $T_{d2}$  — допуски, соответственно, наружного и среднего диаметра резьбы болта;  $T_{D2}, T_{D1}$  — допуски, соответственно, среднего и внутреннего диаметра резьбы гайки;  $EI$  — нижнее отклонение диаметра резьбы гайки;  $es$  — верхнее отклонение диаметра резьбы болта;  $S_{\text{max}}, S_{\text{min}}, S_{\text{cp}}$  — соответственно наибольшая, наименьшая и средняя усадка пластмассы.

Отклонение шага резьбы резьбооформляющих деталей следует назначать в зависимости от длины резьбы по табл. 6.21.

Таблица 6.21

**Отклонение шага резьбы  $\Delta P$**

$l$ , мм	До 12	12...32	32...40	Свыше 50
$\Delta P$ , мм	0,008	0,010	0,012	0,014

Отклонение половины угла профиля резьбы  $\Delta\alpha/2$  назначается в зависимости от шага  $P$  по табл. 6.22.

Таблица 6.22

**Отклонение половины угла резьбы  $\Delta\alpha/2$**

$P$ , мм	До 0,35	0,35...0,60	0,60...1,00
$\Delta\alpha/2$ , min	65'	50'	40'



## 6.5. Типовые конструкции литевых форм

Литевые формы классифицируют по следующим основным признакам:

- количеству одновременно отливаемых изделий — одностенные, многостенные;
- сложности поверхностей изделий — с поднутрениями или без них;
- расположению отверстий в изделиях — перпендикулярно плоскости разъема или наклонно;
- направлению разъема оформляющих деталей относительно оси литевой машины — с вертикальным разъемом (оформляющие детали раскрываются вертикально оси машины), с горизонтальным (оформляющие детали раскрываются параллельно оси машины) и с комбинированным разъемом (оформляющие детали раскрываются вертикально и параллельно оси машины). Последние применяются для изделий с боковыми отверстиями и другими геометрическими элементами, препятствующими горизонтальному разъему. Такие оформляющие детали имеют клиновые или шибберные конструкции перемещения;
- конструкции устройств удаления изделия в процессе формования — со стержневыми или трубчатыми выталкивателями,

с плитой съема, с автоматическим вывинчиванием изделий. Формы с выталкивателями применяются в случаях, когда изделия достаточно жестки, прочны и допускаются следы выталкивателей. Формы с плитой съема предназначены для тонкостенных изделий, для которых нельзя использовать стержневые или трубчатые выталкиватели. Формы с автоматическим вывинчиванием в период размыкания применяются для формирования резьбовых изделий.

□ температуре каналов — на холодноканальные и горячеканальные; специальные.

Необходимо учитывать, что с увеличением мест точность отливки снижается, а сложность изготовления формы возрастает. Повышение уровня автоматизации формы уменьшает ее долговечность и повышает стоимость. При выборе конструкции формы следует также учитывать технологические возможности изготовления.

Одноместные литейные формы предназначены для изготовления, как правило, крупногабаритных изделий. Представленная на рис. 6.28 одноместная литейная форма используется для литья глубоких полых изделий.

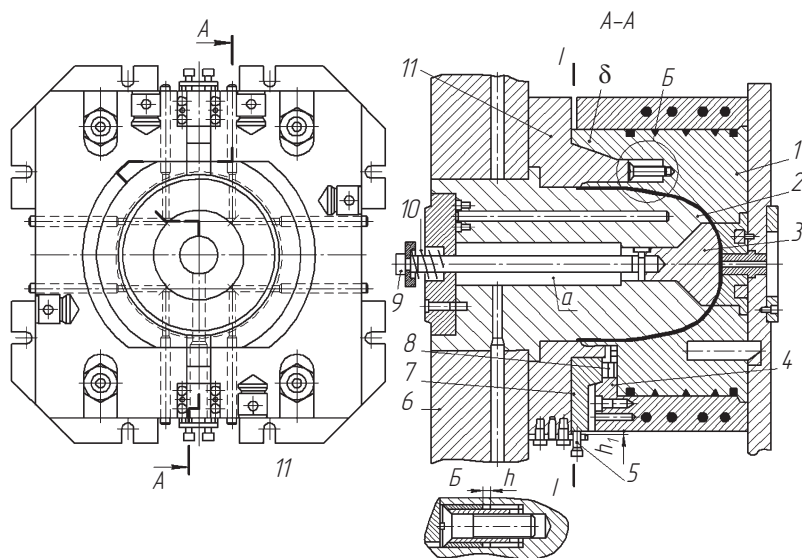


Рис. 6.28. Одноместная литейная форма

Одноместная литьевая форма включает пуансон 2, установленный в плите 6 и сопрягаемый с корпусом 11. На торце пуансона размещен знак 3, затягиваемый подпружиненным штоком 9. В корпусе 12 размещен ползун 7, на котором крепится знак 8. При смыкании полуформ ползун 7 клином 4 передвигается в радиальном направлении к оси изделия, а при размыкании полуформ пружинами 5 возвращается в исходное положение. В матрице 1 размещены узлы «Б», способствующие перемещению изделия из матрицы на расстояние  $h$ .

После заполнения раствором полимера полостей формы и технологической выдержки форма раскрывается по плоскости I–I. Ползун 7 со знаком 8 под действием пружины 5 перемещаются на расстояние  $h$ . После раскрытия формы на достаточное расстояние шток 9 достигает упора литьевой машины и останавливается. При дальнейшем раскрытии знак 3 смещает изделие с пуансона 2; окончательный съём происходит под действием сжатого воздуха. При смыкании полуформ клинья 4 устанавливаются в исходное положение ползуны 7 со знаками 8, а пружина 10 — шток 9 со знаком 3. Цикл повторяется.

Конструкция двухместной литьевой формы, которую можно рассматривать как типовую многоместную форму, представлена на рис. 6.29.

Форма состоит из двух полуформ: подвижной и неподвижной, закрепленных на плитах литьевой машины-автомата. Форма включает пуансоны 11, матрицы 15 и плиты крепления — подвижную 1 и неподвижную 14 с фланцами 16 для точного центрирования формы относительно оси инжекционного цилиндра 18. В обойме матрицы 13 установлена литниковая втулка 17 с центральным литниковым каналом.

От центрального литникового канала к гнездам пресс-формы 12 подведены разводящие каналы; непосредственно у гнезд сечения разводящих каналов сужаются, образуя выпускные каналы. Матрицы 15 установлены в обойме 13, которая, в свою очередь, крепится к плите 14. Пуансоны 11 закреплены в подвижной обойме 21 и опираются на промежуточную плиту 27. В пространстве между стойками 10, плитами 1, 27 расположена плита выталкивателей 4. В ней установлены выталкиватели 7, предназначенные для удаления отливки, а выталкиватель 19 — для удаления централь-

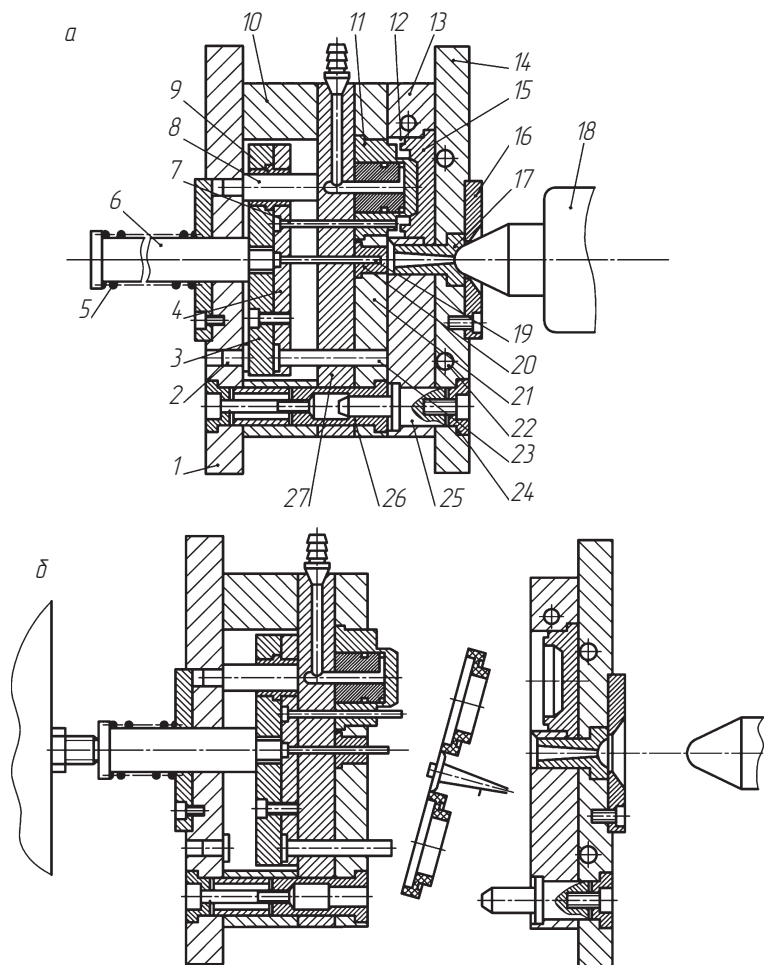


Рис. 6.29. Конструкция типовой двухместной формы для литья под давлением втулки из полиэтилена

ного литника. Возвратные толкатели 23 предназначены для возвращения плиты выталкивателей при смыкании полуформ в исходное положение. Осевые нагрузки от выталкивателей воспринимаются плитой 3, которая в исходном положении опирается на упор 2.

Направление движения плиты выталкивателей осуществляется колонками и втулками 8, 9. Движение плиты выталкивателей

в направлении удаления изделий осуществляется хвостовиком 6, а возвращение в исходное положение производится пружинами 5 и возвратными толкателями 23. Центрирование пуансонов по матрицам производится направляющими элементами 24, 25, 26.

Работа формы производится в следующей последовательности. Подвижная полуформа смыкается с неподвижной; сопло инжекционного цилиндра 18 плотно прижимается к литниковой втулке 17 и происходит впрыск расплава полимера.

Через центральный литниковый канал в литниковой втулке 17, через разводящие и впускные каналы расплав поступает в гнезда формы. Температура внутренних поверхностей гнезд благодаря охлаждающей жидкости, циркулирующей в каналах охлаждения 22, существенно ниже температуры расплава, поэтому расплав быстро охлаждается, а отливка затвердевает.

При размыкании формы ее подвижная часть отходит от неподвижной. В результате усадки изделие и литники извлекаются из неподвижной матрицы 15 и перемещаются вместе с пуансонами 11 в подвижной части формы. Центральный литник извлекается из литниковой втулки 17 с помощью захвата, выполненного во втулке 20. При дальнейшем движении хвостовик 6 наталкивается на неподвижный упор машины и останавливает плиту выталкивателей вместе с выталкивателями 7, которые сбрасывают изделие вместе с литниками в приемную тару. После этого форма замыкается, и цикл повторяется. Такая форма, из которой изделие и литники удаляются, не отрываясь друг от друга, называется *полуавтоматической*, так как разделение производится позднее и, как правило, вручную.

Литьевая форма для изготовления изделий с внутренними поднутрениями представлена на рис. 6.30.

Литьевая форма устроена следующим образом. Пуансон 1, оформляющий внутреннюю полость изделия, жестко соединен со второй ступенью выталкивающей системы 4. Внутри пуансона размещен подвижный клапан 2, жестко связанный с первой ступенью 6 выталкивающей системы.

Работа формы осуществляется в следующей последовательности. После заполнения расплавом полимера формообразующих полостей и выдержки под давлением расплава форма раскрывается по плоскости I–I. Одновременно перемещаются обе выталкивающие системы.

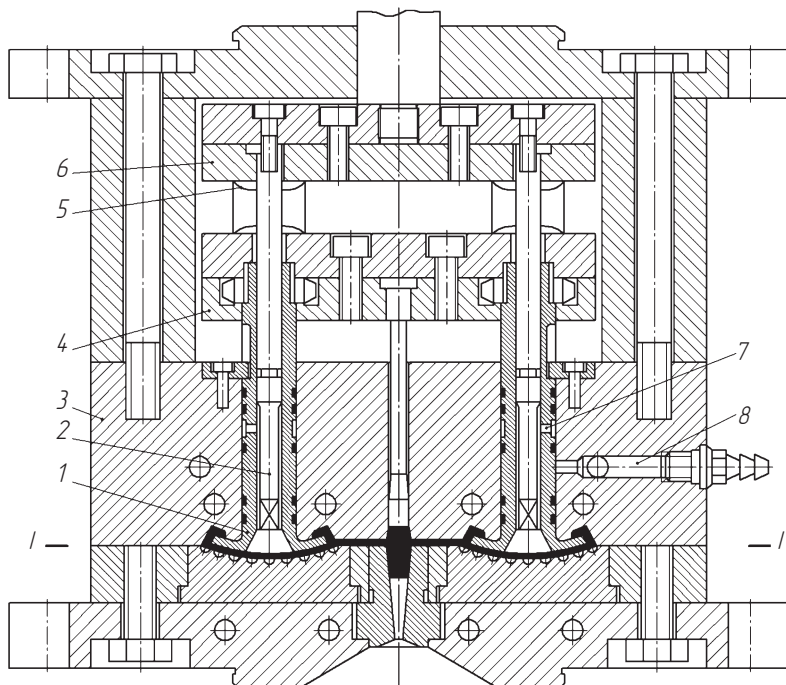


Рис. 6.30. Литевая форма с внутренними поднутрениями

Вторая ступень 4 перемещается тарельчатыми пружинами 5. При упоре второй ступени в плиту 3 канал 7 пуансона совмещается с подвижным каналом 8 и сжатый воздух поступает под клапан 2. Далее сжимается тарельчатая пружина 5, клапан 2 открывается, сжатый воздух поступает под изделие и оно отбрасывается. Затем полуформа смыкается, выталкивающие системы возвращаются в исходное положение, и цикл повторяется.

Литевая форма для изготовления изделий с наружными поднутрениями представлена на рис. 6.31.

Литевая форма предназначена для изготовления изделий с кольцевой поднутряющей канавкой, формируемой тремя раздвижными секциями. Форма работает следующим образом. После заполнения расплавом полимера формообразующей полости и выдержки под давлением форма раскрывается по плоскости I-I. Подвижные знаки 10 применяются в радиальном направлении,

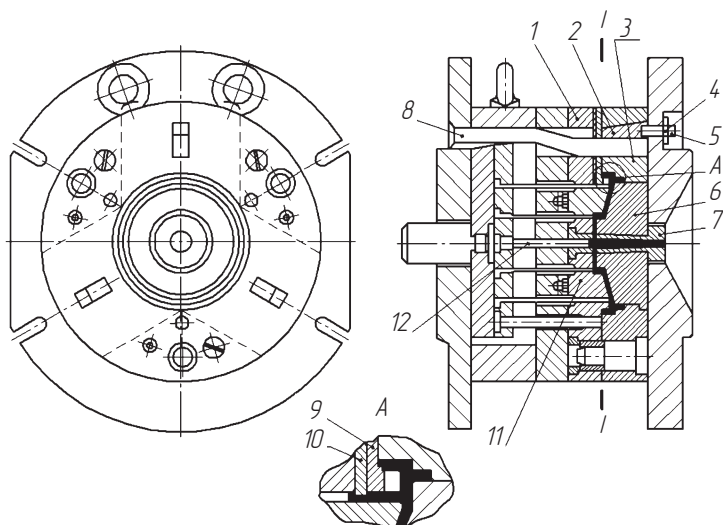


Рис. 6.31. Литьевая форма с наружными поднутрениями:  
 1 — обойма; 2 — клин; 3 — компенсатор; 4 — винт нажимной; 5 — гайка; 6 — пуансон; 7 — втулка литниковая; 8 — колонка лекальная; 9 — оформляющий диск; 10 — знак; 11 — матрица; 12 — толкатель

совместно с дисками 9 формируют снаружи изделия кольцевую канавку (рис. 6.31, слева). При раскрытии формы по плоскости I–I пуансон 6 выходит из изделия, а литник — из литниковой втулки. Изделие удерживается на подвижной полуформе знаками 10, которые выводятся из поднутрений, а центральный толкатель 12 извлекает изделие из матрицы 11. Далее полуформы смыкаются, знаки 10 и толкатель 12 возвращаются в исходное положение и цикл повторяется.

Автоматическая литьевая форма с несколькими плоскостями разъема представлена на рис. 6.32.

Конструкцией литевой формы предусмотрены три подвижные плиты: плавающая плита 2, плита матриц 4 и плита съема 5. Соответственно форма имеет возможность раскрываться по четырем плоскостям разъема.

Форма работает следующим образом. Расплав полимера через литниковую систему поступает в формообразующие полости, охлаждается и затвердевает. Извлечение изделий и отделение их



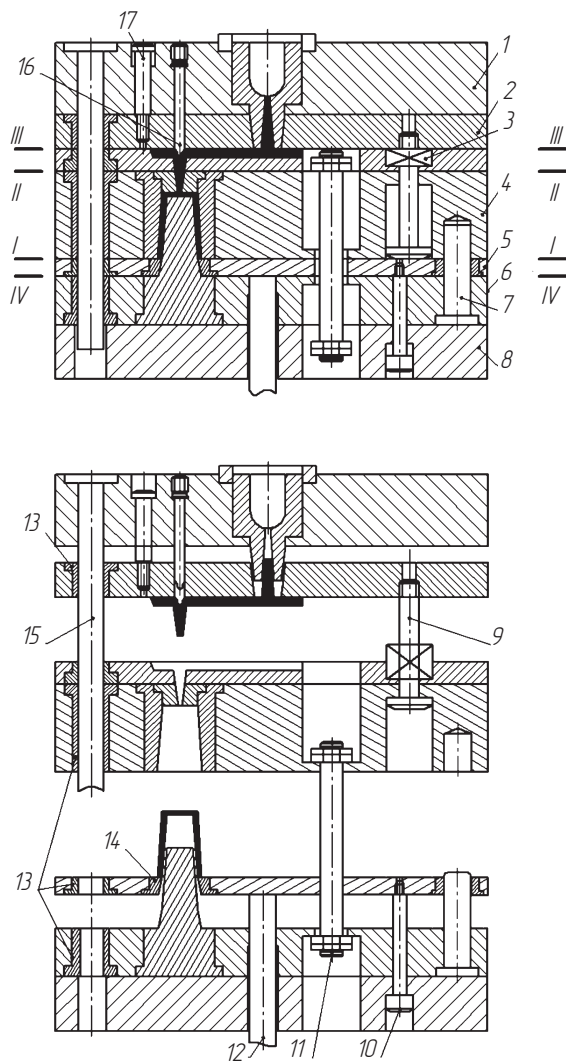


Рис. 6.32. Автоматическая литейная форма с несколькими плоскостями разреза:

1 — плита креплений неподвижная; 2 — плита плавающая; 3 — пружина; 4 — плита матриц; 5 — плита съема; 6 — плита пуансонов; 7 — колонка; 8 — плита крепления; 9, 11 — тяги; 10, 17 — ограничители хода; 12 — толкатель; 13 — втулки; 14 — вставка; 15 — колонка; 16 — выталкиватель

от подводящего литника осуществляется в процессе раскрытия формы, которая производится в следующей последовательности. Первоначально форма раскрывается по плоскости I–I. При этом изделие отрывается от подводящего литника. Затем плита матрицы 4 под действием пружины 3 размыкается с плавающей плитой 2 по плоскости II–II. В процессе дальнейшего движения подвижной полуформы тягами 9 и 11 осуществляется раскрытие формы по плоскостям III–III и IV–IV. При этом изделие плитой съема 5 отделяется от пуансона, а материал литниковой системы удаляется подпружиненными толкателями 12.

Такое конструктивное решение возможно для сравнительно мелких изделий обтекаемой формы, требующих точечной заливки в донную часть. Сложность конструкции, а следовательно, и сложность ее изготовления несколько ограничивают ее применение. Такая конструкция удобна для сбора изделий и литников в отдельные тары.



## 6.6. Специальные литьевые формы

**Горячеканальные двухэтажные литьевые формы** представляют собой специальные конструкции, которые позволяют удваивать число формующих полостей при незначительном увеличении требуемого усилия смыкания. Формующие полости располагаются в двух плоскостях; разъемы заполняются одновременно. Для такой формы необходима литьевая машина с большим ходом открытия. Ожидание удвоения производительности, которого можно было бы ожидать при удвоении количества гнезд, не оправдывается из-за наличия дополнительных затрат времени на открытие и смыкание формы. Увеличение производительности составляет около 80 %, а усилия смыкания — на 15 % выше, чем для обычной формы. Все двухэтажные формы снабжаются коллекторами горячеканальной системы. Двухэтажная форма с двумя плоскостями разъема (рис. 6.33) состоит из трех основных элементов: подвижной и неподвижной полуформ и промежуточной секции. В последней размещается литниковая система.

Форма работает следующим образом. Расплав из сопла литьевой машины через телескопический центральный литник 17–21

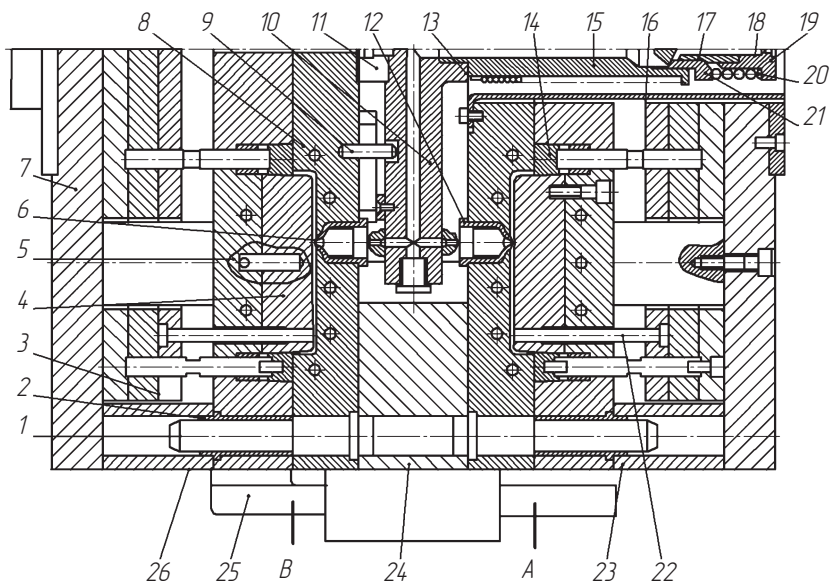


Рис. 6.33. Горячеканальная двухэтажная литейная форма:

1 — колонна направляющая; 2 — втулка; 3 — система выталкивания; 4 — пуансон; 5, 7 — плиты; 6 — впускной литниковый канал; 8 — плита матрицы; 9 — замки; 10 — горячий коллектор; 11 — сопло обогреваемое; 12 — нагреватель центрального литника; 13 — нагреватель центрального литника; 14 — кольцо съема; 15 — плита формы; 16 — центральный литник; 17–21 — элементы телескопической литниковой системы литейной машины; 22 — толкатель; 23 — неподвижная полуформа; 24 — промежуточная секция; 25 — привод промежуточной секции и систем выталкивания; 26 — подвижная полуформа

подается в обогреваемый коллектор 10, расположенный в промежуточной секции 24. Коллектор распределяет расплав по обогреваемым соплам 11, через которые расплав по впускным литниковым каналам 6 поступает в формообразующие полости. Расплав заполняет полости, охлаждается и затвердевает.

Раскрытие формы и удаление изделий производится в следующей последовательности. В процессе движения подвижной полуформы специальный реечный механизм привода 25 передает движение промежуточной секции 24. В результате форма раскрывается по двум плоскостям разъема А и В. Расстояние между промежуточной секцией и полуформами — подвижной и неподвижной —

должно быть достаточным для удаления изделий. Движение выталкивающей системе 3 обеих полуформ также сообщается от механизма привода 25. Изделия смещаются с пуансонов 4 кольцами съема 14, приводимыми в движение толкателями 22.

В процессе раскрытия формы и удаления изделий телескопической центральной литник под действием пружин удлиняется, поэтому находится в постоянном сопряжении с соплом литейной машины.

В процессе обратного движения подвижной полуформы механизм привода возвращает промежуточную секцию и выталкивающие системы обеих полуформ в исходное положение; происходит смыкание полуформ по плоскостям А, В; цикл повторяется.

На рис. 6.34 представлена схема *реечного механизма привода* промежуточной секции и систем выталкивания.

Механизм устроен следующим образом. Зубчатое колесо 9 установлено с возможностью вращения на промежуточной секции 5. Оно находится в постоянном зацеплении с неподвижной 6 и подвижной 10 рейками, соединенными непосредственно с неподвижной и подвижной полуформами. Кроме того, зубчатое колесо шарнирно

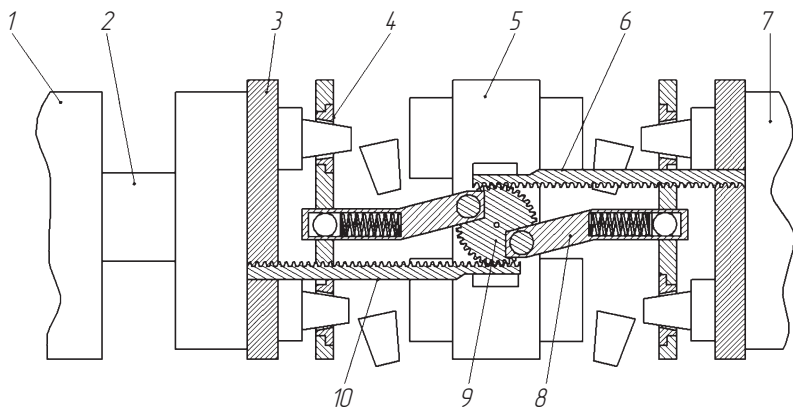


Рис. 6.34. Схема реечного механизма привода:

1 — узел смыкания литейной машины; 2 — шток смыкания; 3 — плита крепления подвижной полуформы; 4 — кольцо съема; 5 — промежуточная секция; 6 — зубчатая неподвижная рейка; 7 — плита крепления неподвижной полуформы; 8 — тяга поворотной системы выталкивания; 9 — зубчатое колесо; 10 — зубчатая подвижная рейка

соединяется с тягами 8, которые, в свою очередь, шарнирно соединяются с системой выталкивания подвижной и неподвижной полуформ.

Работа механизма осуществляется следующим образом. При движении подвижной части формы поступательное перемещение рейки 10 преобразуется во вращательное движение зубчатого колеса 9, которое начинает перекачиваться по неподвижной рейке. В результате связанная с колесом промежуточная секция 5 также начинает поступательно перемещаться. В ходе этих перемещений форма раскрывается на три составные части. Одновременно вращательное движение зубчатого колеса через поворотные тяги 8 преобразуется во встречное движение систем выталкивания подвижной и неподвижной форм, которые снимают изделия с пуансонов.

#### **Литейная форма для изготовления выплавляемых пуансонов.**

Технология литья с выплавляемым пуансоном является способом производства, при котором пуансон разрушается. Технологический цикл литья пуансонов (рис. 6.35) в целом похож на технологический цикл переработки пластмасс литьем под давлением. Однако вследствие разницы в материалах некоторые стадии процесса отличаются.

В момент начала цикла форма закрыта и замкнута. Затем начинается процесс литья, по продолжительности значительно меньший

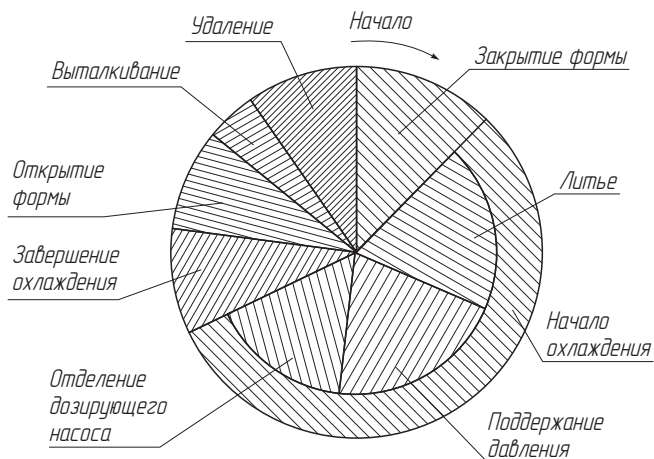


Рис. 6.35. Технологический цикл изготовления выплавляемых пуансонов

по сравнению с полимерным расплавом. Расплав подается в форму поршневым насосом. Когда литевая форма по объему заполняется, давление можно сбросить при условии, что используется сопло с запорной иглой. Давление подпитки не требуется, так как объем легкоплавкого металлического расплава не изменяется при остывании. Если используется открытое сопло, то давление следует поддерживать до тех пор, пока расплав в зоне не остынет. После окончательного застывания литевая форма открывается, пуансон выталкивается и удаляется.

Материалом для изготовления выплавляемых пуансонов служит эвтектический сплав олова и висмута. Отличительной особенностью этого сплава является то, что переход в твердое состояние происходит практически без усадки. Чистое олово при застывании дает усадку, а висмут, наоборот, увеличивается в объеме на 3,3 %.

Конструкция литевой формы для выплавляемых пуансонов по сути не отличается от форм литья под давлением. В качестве примера на рис. 6.36 показана литевая форма, предназначенная для изготовления пуансонов, используемых в процессах литья корпуса водяного насоса.

Особенность конструкции формы заключается в литниковой системе. Вязкость материала для выплавляемых пуансонов значительно меньше, чем вязкость полимерных расплавов, и требует высокого давления, а следовательно, и больших усилий смыкания. Поскольку температура литниковой формы поддерживается в пределах от 30 до 80 °С, то температура первого контакта между горячим расплавом металла и холодной стенкой формы всегда будет ниже, чем температура плавления материала пуансона.

Необходимо учитывать действие сил гравитации. Поэтому литниковый канал расположен в самой низкой точке пуансона.

Коллектор 6 крепится в держателе 7, установленной в подвижной каретке 9. В течение всего технологического цикла литья коллектор остается неподвижным, а во время закрытия формы он зажимается между подвижной и неподвижной полуформами.

Недостаток такой конструкции заключается в том, что выплавляемый пуансон после извлечения требует механической обработки по отделению литников. В современных конструкциях форм используют сопла с запорной иглой, что существенно облегчает автоматизацию производства.

**Литейная форма для изготовления микродеталей.** Литье под давлением используется как для получения чрезвычайно малых изделий, элементы которых весят менее тысячной доли грамма, так и для получения очень тонких элементов, размером в несколь-

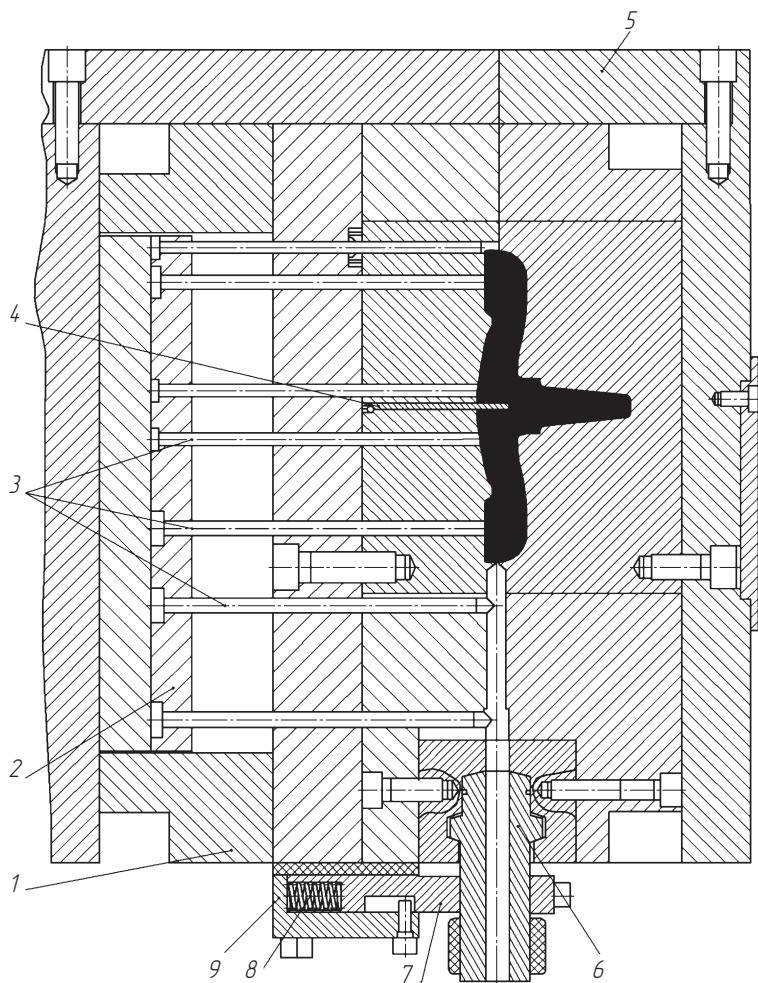


Рис. 6.36. Литейная форма для изготовления выплавляемых пуансонов: 1 — подвижная полуформа; 2 — система выталкивания; 3 — выталкиватели; 4 — стержень; 5 — неподвижная полуформа; 6 — коллектор; 7 — держатель коллектора; 8 — пружина; 9 — каретка

ко квадратных микрон, на относительно крупных изделиях. Микролитием получают изделия с минимальной шириной 2,5 мкм и высотой 20 мкм.

Качество отлитых микроизделий зависит от технологического процесса, который существенно отличается от литья изделий обычных размеров (рис. 6.37).

В первую очередь литьевые формы должны быть оснащены вариометрической нагревательной системой, которая еще до начала процесса нагревает форму до температуры расплава, а потом в течение каждого цикла охлаждает форму до температуры выталкивания.

В обязательном порядке необходимо вакуумирование формообразующих полостей.

Высокие требования предъявляются к отклонению формы поверхностей смыкания, конструкцию толкателей и формообразующих вставок.

Типовая форма для литья микроизделий представлена на рис. 6.38.

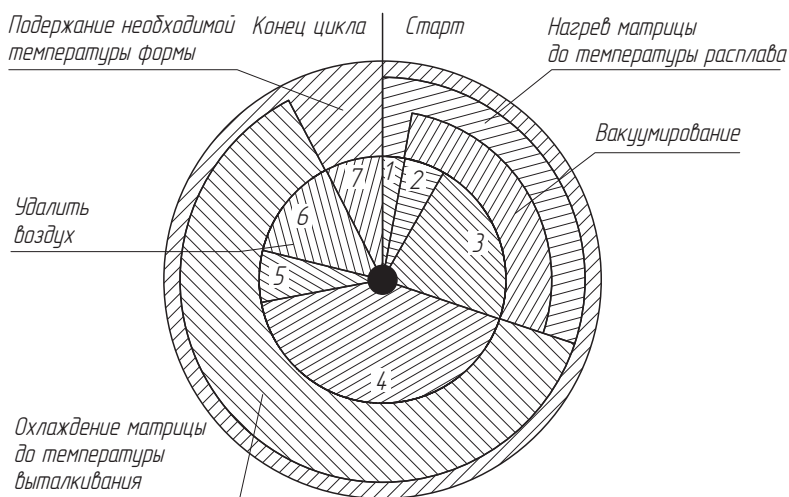


Рис. 6.37. Цикл литья микроизделий:

1 — форма закрывается; 2 — подвод узла пластикации; 3 — впрыск; 4 — подпитка; 5 — отвод узла пластикации; 6 — измерение; 7 — открытие формы и извлечение изделия



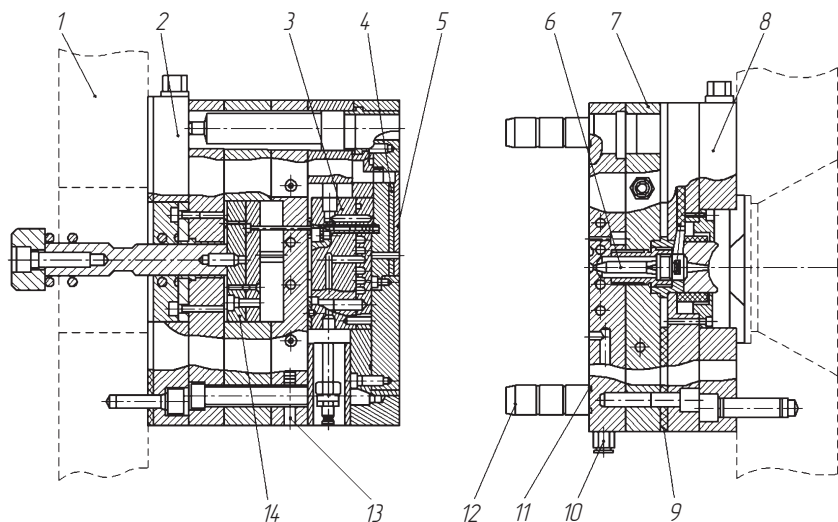


Рис. 6.38. Типовая форма для изготовления микроизделий: 1 — узел смыкания; 2 — плита крепления подвижной полуформы; 3 — внутренний контур терморегуляции; 4 — нагреватель электрический; 5 — вставка формообразующая; 6 — горячий канал; 7 — терморегулятор водяной; 8 — плита крепления неподвижной полуформы; 9 — теплоизоляция; 10 — штуцер вакуумный; 11 — кольцо уплотнительное; 12 — колонка; 13 — внешний контур терморегуляции; 14 — система выталкивания

## 6.7. Групповые переналаживаемые формы



### 6.7.1. Групповые переналаживаемые пресс-формы для изготовления изделий из реактопластов

Переналаживаемые формы можно разделить на две группы: 1) полустационарные блоки с пакетами, которые в каждом цикле выносятся за пределы блока для извлечения изделия; 2) стационарные блоки с пакетами, представляющие собой фактически специальную форму.

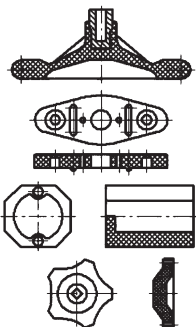
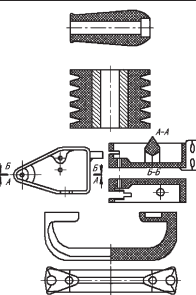
Блоки с пакетами по технологическим характеристикам мало отличаются от специальных форм и позволяют обеспечить в боль-

шинстве случаев оптимальный технологический режим изготовления пластмассовых изделий. По сравнению со специальными формами они позволяют уменьшить трудоемкость проектирования на 60...70 %, трудоемкость изготовления — 50...60 %; время на переналадку и разогрев — 50 %; складские помещения — в 2–4 раза, материалоемкость — в 3–10 раз.

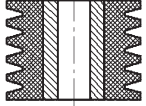
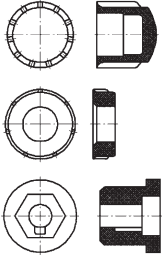
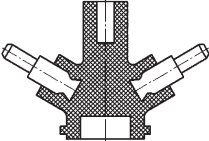
Групповые пресс-формы выбирают в соответствии с рекомендациями табл. 6.23, в которой даны типовые представители групп изделий и их характеристики. По характеристике определяют группу изделия и блока, индексы пакетов. Типоразмер блока и пакета подбирают по соответствующим таблицам и рисункам.

Таблица 6.23

Типовые представители групп изделий из реактопластов

Группа изделия	Характеристика изделий	Типовой представитель	Группа блока	Индекс пакета
А	Изделия любой формы в плане, монолитные или полые, с отверстиями, резьбой, арматурой, расположенными параллельно направлению разъема блока		А	А-1; А-2
Б	То же, а также поднутрения (выступы, отверстия, резьбы) и арматура, расположенные перпендикулярно плоскости разъема матрицы		Б	Б-1

Окончание табл. 6.23

Группа изделия	Характеристика изделий	Типовой представитель	Группа блока	Индекс пакета
В	Шкивы с повышенной точностью (с арматурой и без нее)		В	В-1
Г	Гайки, пробки резьбовые и другие с внутренней и наружной резьбой		Г	Г-1
Д	Изделия групп А, Б, В, Г, а также другие изделия со сложной установкой арматуры и съемных оформляющих знаков		Д	Д-1

В качестве примера на рис. 6.39 представлен блок группы А.

Блок предназначен для установки пакета А-1, при использовании которого можно одновременно получать разные изделия (до четырех) при одинаковых параметрах технологического режима (времени выдержки, температуры, давления). Для изготовления на блоке крупногабаритных изделий используют пакет А-2.

Блок устроен следующим образом. Матрицы 4 пакетов А-1 крепятся в переходной обойме 6 винтами 13, 17 и планками 14, 18. Положение матрицы определяется шпонками 15. Для установки пакета А-2 из блока извлекают переходную обойму 6 и на ее место устанавливают матрицу пакета, идентичную по форме и размерам переходной обойме. Для крепления матрицы предназначены планки 16, одновременно являющиеся опорными планками блока.

Сменные выталкиватели 5 закреплены в плитах 7 и 8 с помощью быстродействующего запорного устройства, представляющего собой цилиндрический валик 9 с лысками. Фиксацию валика от проворачивания обеспечивает запорная планка. Расположение выталкивателей определяется расположением отверстий в плитах

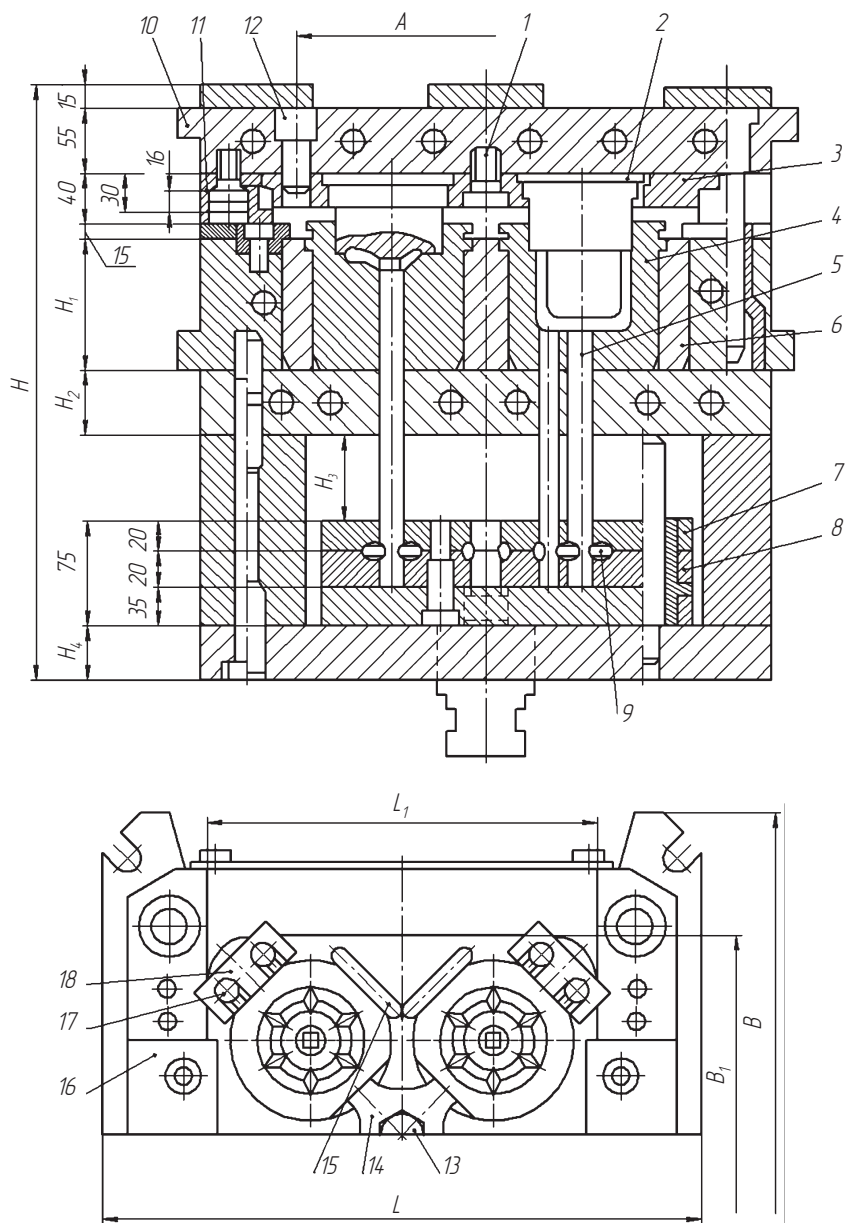


Рис. 6.39. Блок группы А

выталкивателей. Отверстия в матрицах служат направляющими для выталкивателей.

Пуансоны 2 пакета А-1 устанавливаются в пуансонодержателе 3, который крепят к верхней плите обогрева 10. Для этого пуансонодержатель вставляют по направляющим 11, базируют на установочных штифтах 12 и закрепляют винтами 1. Пуансонодержатель может входить в комплекты блока пакетов; в последнем случае повышается надежность установки пуансона в пуансонодержателе.

Размеры блока группы А приведены в табл. 6.24. Сменные пакеты А-1 и А-2 представлены в табл. 6.25.

Таблица 6.24

**Габаритные и присоединительные размеры,  
блока группы А, мм (рис. 6.39)**

Размеры блока		Усилие прессы, кН		
		630	1000	1600
$L$		480	500	630
$B$		480	480	630
$H$		450	490	540
$L_1$ (предельное отклонение по $f7$ )		290	290	420
$B_1$ (предельное отклонение по $f7$ )		290	290	420
$A$ (предельное отклонение по $\pm 0,02$ )		260	260	390
$H_1$		90	110	130
$H_2$		55	55	60
$H_3$		80	100	120
$H_4$		25	25	30
Размеры изделия, не более	$d$	175	220	280
	$H$	45	65	85
Площадь прессования ( $\text{см}^2$ ) при давлении 25 МПа		240	400	600
Масса, кг		580	700	1000

Таблица 6.25

## Размеры сменных пакетов А-1 и А-2, мм

Размеры	Усилие прессы, кН		
	630	1000	1600
$D$ (предельное отклонение по $f7$ )	105	130	160
$L$	320	320	450
$L_1$	90	115	130
$L_2$ (предельное отклонение по $f7$ )	290	290	420
$A$	130	155	185
$A_1$	250	250	380
$A_2$	130	155	185
$A_3$	200	280	330
$a$ (предельное отклонение $\pm 0,01$ )	52,5	65	80
$B$	320	320	450
$B_1$	300	300	430
$H$	145	170	185

Окончание табл. 6.25

Размеры	Усилие прессы, кН		
	630	1000	1600
$H_1$	90	110	130
$H_2$	105	125	145
$H_3$	175	195	220

*Примечание.* а, б — четырехгнездное исполнение; в — одногнездное исполнение.

Аналогично подбирают блоки и пакеты пресс-форм для изделий остальных групп — Б, В, Г, Д (см. табл. 6.23).

### 6.7.2. Групповые переналаживаемые литьевые формы для изготовления изделий из термопластов

Групповые литьевые формы выбирают по табл. 6.26, в которой приведены представители групп изделий из термопластов и их характеристики. По характеристике изделия определяют группу изделия, блока, а также индексы пакетов для изделий данной группы.

В качестве примера на рис. 6.40 приведен блок литьевой формы для изготовления изделий группы А (см. табл. 6.26).

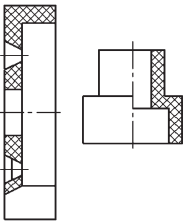
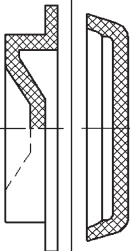
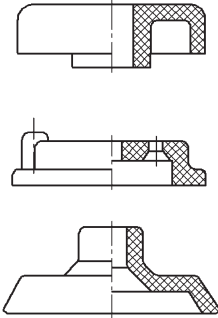
В блоке предусмотрена установка сменных пакетов для изготовления изделий, требующих их съема с пуансона сталкивающей плитой. Конструктивно блок несложен, прост в изготовлении и эксплуатации, работает как стационарная форма. Это позволяет применить его в условиях не только единичного, но и серийного производства.

Наличие в блоке переходных колец 6 и 7 позволяет использовать пакеты трех типов (рис. 6.41), устанавливаемых в обоймы 2 и 3 (см. рис. 6.40). Для установки пакета четвертого типа (см. рис. 6.42) обоймы 2 и 3 (см. рис. 6.40) удаляют. Конструкция блока предусматривает перестановку местами обойм 2 и 3. Для этого тяги 13 выполнены с двумя посадочными диаметрами для крепления плиты 11 съема изделий.

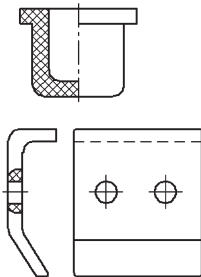
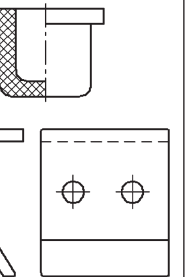
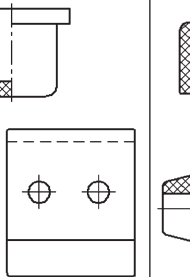
Проворачивание пакетов исключают специальные винты 19 и 20, выпадение частей пакета при установке их в блок вместе с кольцами — фиксатор 18.

Таблица 6.26

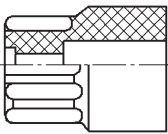
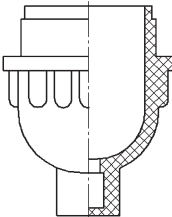
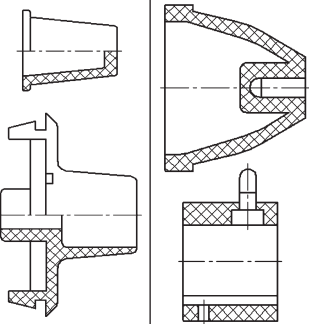
Типовые представители групп изделий из термопластов

Группа изделия	Характеристика изделий	Типовые представители	Группа блока	Индекс пакета	Особенности пакета
А	Изделия любой формы в плане, монолитные или полые, с отверстиями, резьбой, арматурой (бухсами, гайками и др.), расположенными параллельно направлению разреза блока. Съем изделий плитой в подвижной части формы		А	А-1	Используют с переходными кольцами
				А-2	—
Б	Изделия плоскостные любой формы в плане, монолитные или полые, с отверстиями, резьбой, арматурой, расположенными параллельно направлению разреза блока. Съем изделий плитой в неподвижной части формы		Б	Б-1	—
В1	Изделия любой формы в плане, монолитные или полые, с отверстиями, резьбой, арматурой (бухсами, гайками и др.), расположенными параллельно направлению разреза блока. Съем — выталкивателями или плитой		«В»	В-1	Используют с обоймами



В2	Изделия группы В, не соответствующие по размеру В-1 или мелкие для изготовления в многонзедном пакете		В	В-2	—
В3	Изделия с неглубокими поднутрениями, расположенными перпендикулярно направлению разреза		В	В-2	Используют с лещальными устройствами (колонками, клиньями и др.) либо гидро- или пневмоцилиндрами
В4	Изделия с любыми поднутрениями, расположенными под любым углом направлению разреза блока		В	В-2	

Окончание табл. 6.26

Группа изделия	Характеристика изделий	Типовые представители	Группа блока	Индекс пакета	Особенности пакета
Г	Изделия с одной внутренней резьбой, имеющие элементы (рифления, грани, эксцентриситет резьбового отверстия относительно наружной поверхности изделия и др.), препятствующие проворачиванию изделия при свинчивании его с резьбового знака		Г	Г-1	—
Д	Изделия группы «Г», а также изделия с внутренней и наружной резьбой, поднутрением		Д	Д-1	—
Е	Изделия группы А, Б, В, Г, а также другие изделия со сложной установкой арматуры и съемных оформляющих знаков		Е	Е-1 Е-2	Стационарный Кассетный

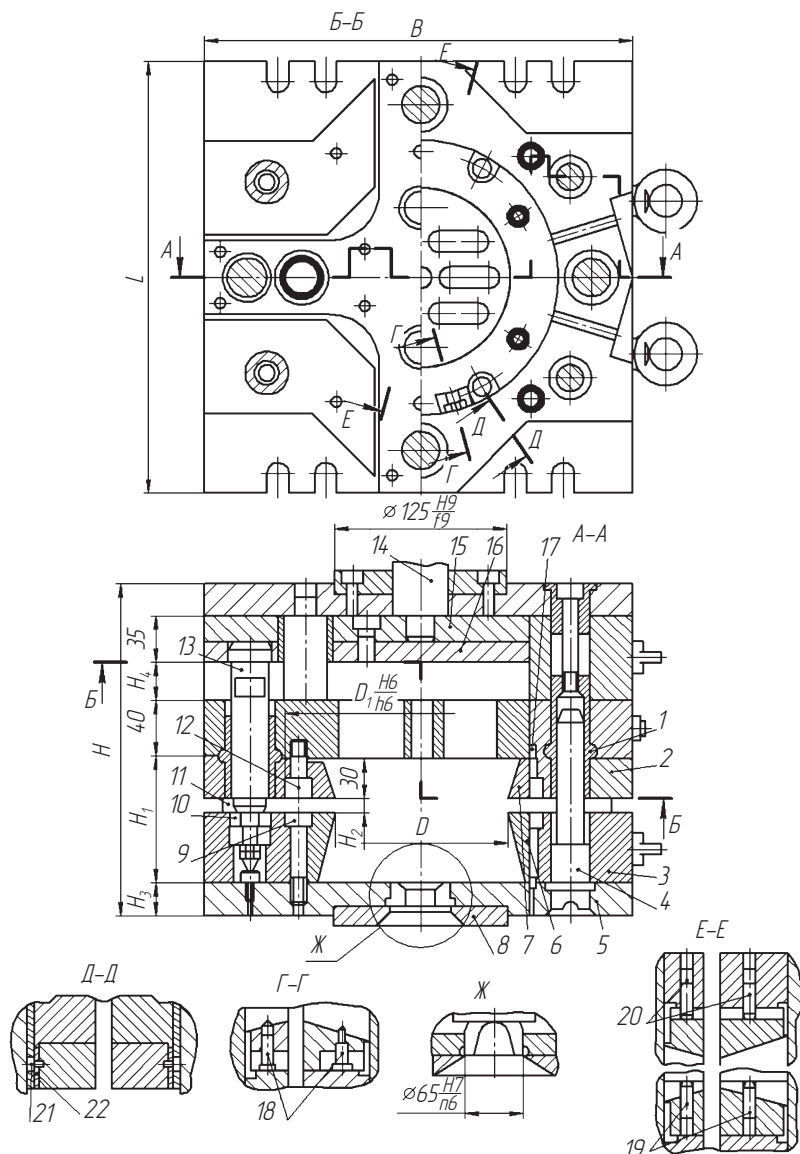


Рис. 6.40. Блок литейной формы группы А:

1 — втулка; 2, 3 — обоймы; 4 — колонка; 5, 9, 12, 17, 21 — винты; 6, 7 — кольца переходные; 8 — кольцо; 10 — гайка; 11 — плита съемная; 13 — тяга; 14 — шток; 15, 16 — плиты; 18 — фиксатор; 19, 20 — винты специальные; 22 — планка

Пакет, представленный на рис. 6.41, *а*, устанавливают в блок следующим образом. В переходные кольца 6, 7 устанавливают подвижную и неподвижную части пакета и закрепляют фиксаторами 18. Затем переходные кольца вместе с закрепленными в ней частями пакета устанавливают в блок и крепят винтами 9 и 12.

Пакеты без колец (рис. 6.41, *б*) устанавливают в блок в следующем порядке. Выворачивают винты 9, 12 (см. рис. 6.40) и удаляют из блока кольца 6, 7, а на их место устанавливают подвижную и неподвижную части пакета и закрепляют винтами 9, 12. Если крепление пакета винтами не допускается, подвижную и неподвижную части пакета изготавливают с удерживающими буртиками (рис. 6.41, *в*). Обоймы 2 и 3 (см. рис. 6.40) снимают, винты 21 ослабляют, планки 22 сдвигают. Затем в обоймы устанавливают подвижную и неподвижную части пакета и прижимают планками 22 (это необходимо для безопасного транспортирования обойм 2 и 3 вместе с установленными в них частями пакета). Обойму 2 устанавливают по втулке 1, обойму 3 — по колонке 4 и закрепляют

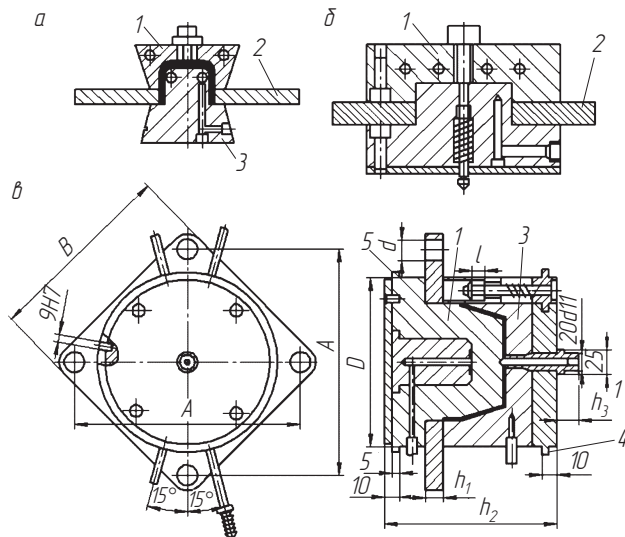


Рис. 6.41. Пакет к блоку группы А с установкой в кольцо (*а*), без кольца (*б*) и с буртиком (*в*):

1, 3 — соответственно подвижная и неподвижная части пакета; 2 — плита; 4, 5 — удерживающие буртики

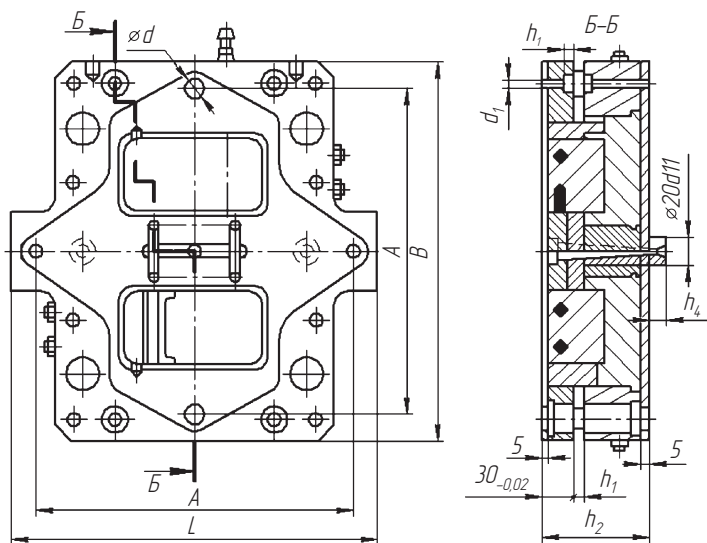


Рис. 6.42. Пакет к блоку группы А с установкой без обоймы

винтами 5 и 17. После этого плиту 11 устанавливают на тяги 13 и закрепляют гайками 10. Блок готов к работе.

Пакет, представленный на рис. 6.42, устанавливают следующим образом. Винты 5 и 17 (см. рис. 6.40) вывинчивают, обоймы 2 и 3 снимают со втулок 1 и колонок 4, а на их место устанавливают подвижную и неподвижную части пакета и крепят винтами 5, 17.

Размеры блока группы «А» и сменных пакетов А-1, А-2 представлены в табл. 6.27–6.29.

Таблица 6.27

**Габаритные и присоединительные размеры  
блока группы А, мм (рис. 6.40)**

Размеры	Модель термопластоавтомата	
	ДЗ127-63; ДЕЗ127-63Ц1	ДЗ130-125; ДЕЗ130-125Ц1; ДЕЗ130-125Ц2
Максимальный объем отливки, см <sup>3</sup>	63	125
Максимальная высота изделия	40	60
L	300	420

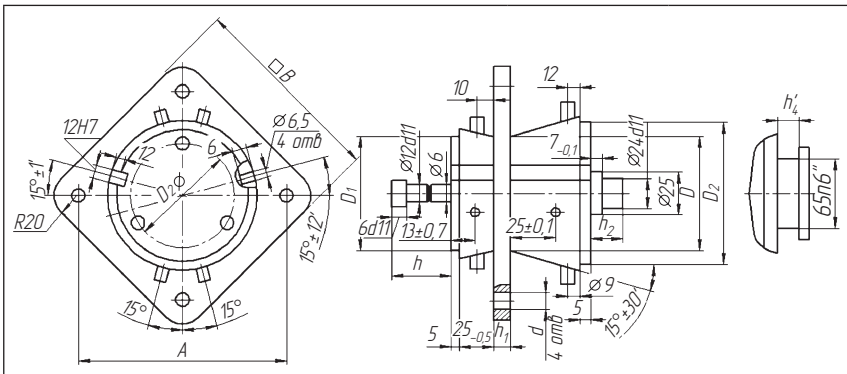
Окончание табл. 6.27

Размеры	Модель термопластоавтомата	
	ДЗ127-63; ДЕЗ127-63Ц1	ДЗ130-125; ДЕЗ130-125Ц1; ДЕЗ130-125Ц2
$B$	300	420
$H$ , не более	250	310
$H_1$	95	120
$H_2$	12	15
$H_3$	25	30
$H_4$	30	55
$D^*$	130	200
$D_1$	200	310
Масса, кг	175	490

Таблица 6.28

**Габаритные и присоединительные размеры  
сменного пакета А-1, мм**

Размеры	Модель термопластоавтомата	
	ДЗ127-63; ДЕЗ127-63Ц1	ДЗ130-125; ДЕЗ130-125Ц1; ДЕЗ130-125Ц2
Максимальный объем отливки, см <sup>3</sup>	63	125
$D$ (предельное отклонение по $d9$ )	130	200
$D_1$	142	210



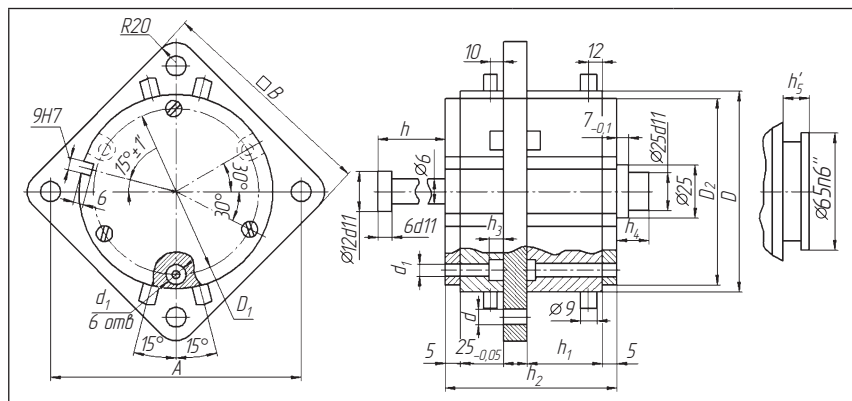
Окончание табл. 6.28

Размеры	Модель термопласт автомата	
	ДЗ127-63; ДЕЗ127-63Ц1	ДЗ130-125; ДЕЗ130-125Ц1; ДЕЗ130-125Ц2
$D_2$	154	235
$B$	210	300
$A$ (предельное отклонение $\pm 0,02$ )	250	360
$d$ (предельное отклонение по $H7$ )	16	20
$h$ (предельное отклонение $\pm 0,2$ )	69	94
$h_1$ (предельное отклонение $\pm 0,02$ )	12	15
$h_2$ (предельное отклонение $- 0,02$ )	95	120
$h_3$	20	25
$h_3$ (предельное отклонение $+0,02$ )	18	23

Таблица 6.29

**Габаритные и присоединительные размеры  
сменного пакета А-2, мм**

Размеры	Модель термопластоавтомата	
	ДЗ127-63; ДЕЗ127-63Ц1	ДЗ130-125; ДЕЗ130-125Ц1; ДЕЗ130-125Ц2
Максимальный объем отливки, см <sup>3</sup>	63	125
$D$ (предельное отклонение по $h6$ )	200	310
$D_1$ (предельное отклонение $\pm 0,4$ )	180	270



Окончание табл. 6.29

Размеры	Модель термопластоавтомата	
	ДЗ127-63; ДЕЗ127-63Ц1	ДЗ130-125; ДЕЗ130-125Ц1; ДЕЗ130-125Ц2
$D_2$	195	305
$B$	210	300
$A$ (предельное отклонение $\pm 0,2$ )	250	360
$d$ (предельное отклонение по $H7$ )	16	20
$d_1$	13	17
$d_2$	19	26
$h$ (предельное отклонение $\pm 0,2$ )	69	94
$h_1$ (предельное отклонение $\pm 0,02$ )	12	15
$h_2$ (предельное отклонение $- 0,02$ )	95	120
$h_3$	12	16
$h_4$	20	25
$h_5$ (предельное отклонение $\pm 0,02$ )	18	20



## 6.8. Системы литьевых форм

### 6.8.1. Литниковая система

**Литниковая система** — это система каналов, предназначенная для подачи материала из сопла литьевой машины в формообразующие гнезда формы.

Затвердевший в литниковых каналах полимер называется **литником**.

Литниковая система включает три основных элемента:

- центральный литниковый канал, по которому расплав из цилиндра литниковой машины поступает в форму;
- разводящий канал, ответвляющийся от центрального литникового;
- впускной канал, по которому расплав непосредственно поступает в форму.

*Центральный литниковый канал* должен иметь достаточно большое сечение, возрастающее с увеличением вязкости расплава



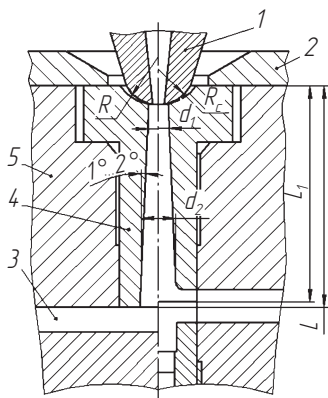


Рис. 6.43. Схемы конструкции центрального литникового канала:  
 1 — сопло; 2 — втулка; 3 — подводящий канал; 4 — кольцо;  
 5 — плита крепления

и толщины стенок изделия для сохранения жидкотекучести расплава и обеспечения подпитки материала, заполнившего оформляющую полость. При этом сечение центрального литникового канала не должно быть слишком большим, так как это увеличивает время охлаждения и может ухудшать внешний вид изделия. Диаметр отверстия  $d_1$  на входе в литниковый канал (рис. 6.43) можно принять по зависимости  $d_1$  от массы  $m$  отливки (заштрихованная зона на рис. 6.44).

Диаметр  $d_1$  рекомендуется выполнять на 0,4...0,6 мм больше диаметра сопла  $d_c$ .

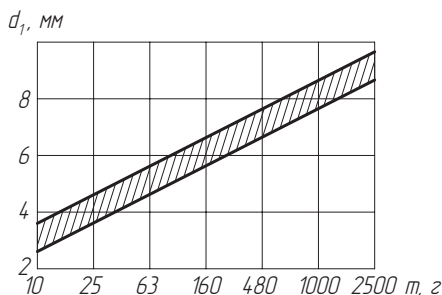


Рис. 6.44. Зависимость диаметра центрального литникового канала от массы изделия

Диаметр на входе в литниковую втулку можно определить аналитически. Расчетный диаметр  $d_p$

$$d_p = 0,2\sqrt{V/\pi v \tau},$$

где  $V$  — объем впрыска,  $\text{см}^3$ ;  $v$  — средняя скорость течения материала в литниковой втулке,  $\text{см/с}$ ;  $\tau$  — продолжительность впрыска, с.

Рекомендуемые значения средней скорости:  $v = 360$   $\text{см/с}$  для отливок объемом от  $100$   $\text{см}^3$ ;  $v = 450$   $\text{см/с}$  для отливок объемом до  $500$   $\text{см}^3$ ;  $v = 550..600$   $\text{см/с}$  для отливок объемом более  $500$   $\text{см}^3$ .

Если диаметр  $d_p$  больше диаметра  $d_c$  сопла машины, то принимают диаметр литника  $d_c = d_p - (0,4..0,6)$ . Если  $d_p < d_c$ , то на практике принимают диаметр литника  $d_1 = d_c + (0,4..0,6)$  мм.

Диаметр  $d_2$  центрального литникового канала на входе и его максимально допустимую длину выбирают по табл. 6.30.

Таблица 6.30

**Значения диаметра  $d_2$  центрального литникового канала на выходе и максимально допустимой длины  $L$  при различных углах  $\alpha$  конуса, мм**

Диаметр $d_1$ центрального литникового канала на входе	$\alpha = 2^\circ$		$\alpha = 3^\circ$		$\alpha = 4^\circ$		$\alpha = 5^\circ$		$\alpha = 6^\circ$	
	$d_2$	$L$	$d_2$	$L$	$d_2$	$L$	$d_2$	$L$	$d_2$	$L$
2,5	4,2	50	5,1	50	6,0	50	6,9	50	7,7	50
3,0	4,7	50	5,6	50	6,5	50	7,4	50	8,2	50
3,5	5,9	70	7,2	70	8,4	70	9,6	70	10,8	70
4,0	6,4	70	7,7	70	8,9	70	10,1	70	11,3	70
4,5	6,9	70	8,2	70	9,4	70	10,6	70	11,8	70
5,0	7,8	80	9,2	80	10,5	80	12,0	80	13,4	80
5,5	8,3	80	9,7	80	11,1	80	12,5	80	13,9	80
6,0	8,8	80	10,2	80	11,6	80	13,0	80	14,4	80
6,5	9,3	80	10,7	80	12,1	80	13,5	80	14,9	80
7,0	10,1	90	11,7	90	13,3	90	14,9	90	16,4	90
7,5	10,6	90	12,2	90	13,8	90	15,4	90	16,9	90
8,0	11,1	90	12,7	90	14,3	90	15,9	90	17,4	90
8,5	12,0	100	13,7	100	15,5	100	17,3	100	19,0	100
9,0	12,5	100	14,2	100	16,0	100	17,8	100	19,5	100

Окончание табл. 6.30

Диаметр $d_1$ центрального литникового канала на входе	$\alpha = 2^\circ$		$\alpha = 3^\circ$		$\alpha = 4^\circ$		$\alpha = 5^\circ$		$\alpha = 6^\circ$	
	$d_2$	$L$	$d_2$	$L$	$d_2$	$L$	$d_2$	$L$	$d_2$	$L$
9,5	13,0	100	14,7	100	16,5	100	18,3	100	20,2	100
10,0	13,5	100	15,2	100	17,0	100	18,8	100	20,5	100
10,5	14,0	100	15,7	100	17,5	100	19,3	100	21,0	100
11,0	14,5	100	16,2	100	18,0	100	19,8	100	21,5	100
11,5	15,0	100	16,7	100	18,5	100	20,3	100	22,0	100
12,0	15,5	100	17,2	100	19,0	100	20,8	100	22,5	100

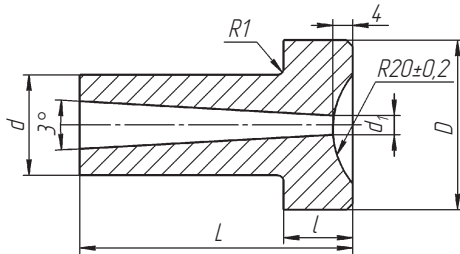
Центральный литниковый канал обязательно выполняют коническим. Угол конуса определяется усадкой полимера и его адгезионными свойствами.

Рекомендуемый угол конуса  $\alpha$  (кроме поликарбоната и стеклонаполненных полимеров) составляет  $3^\circ$ . Для поликарбоната и стеклонаполненных полимеров  $\alpha = 4...6^\circ$ .

Размеры втулок литниковых форм представлены в табл. 6.31.

Таблица 6.31

## Втулки литниковых форм для литья термопластов под давлением

					
$L$ (предельное отклонение + 0,3)	$D$	$d$ (предельное отклонение по h6)	$d_1$	$l$ (предельное отклонение по h9)	Масса, кг, не более
33	32	16	3,6	11	0,096
			4,5		0,095
36	32	16	3,6	11	0,098
			4,5		0,096

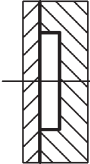

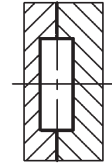
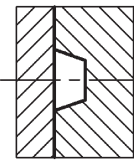
Окончание табл. 6.31

$L$ (предельное отклонение + 0,3)	$D$	$d$ (предельное отклонение по $n6$ )	$d_1$	$l$ (предельное отклонение по $h9$ )	Масса, кг, не более		
42	32	16	3,6	9	0,107		
			4,5		0,104		
45			3,6		0,111		
			4,5		0,109		
53			40	20	3,6	11	0,124
					4,5		0,121
56					3,6	9	0,128
					4,5		0,124
62					3,6	0,133	
					4,5	0,129	
65			3,6	0,137			
			4,5	0,133			
41	40	20	3,6	11	0,159		
			4,5		0,156		
			5,6		0,153		
45			3,6		0,168		
			4,5		0,165		
			5,6		0,161		
52			40	20	3,6	11	0,197
					4,5		0,194
					5,6		0,190
56					3,6	0,208	
					4,5	0,204	
					5,6	0,199	

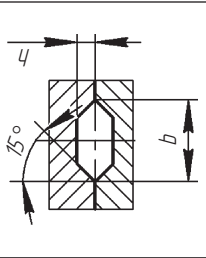
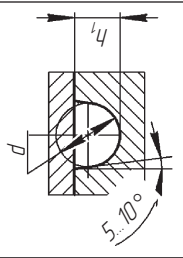
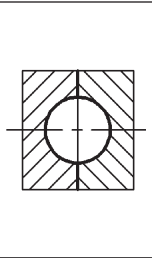
*Примечание.* Пример условного обозначения литниковой втулки размерами  $L = 33$  мм,  $D = 32$  мм и  $d_1 = 3,6$  мм. Втулка 0602-0451 ГОСТ 22077–76. Материал — сталь У8А по ГОСТ 1435–74. Твердость HRC 49,5...53. По требованию потребителя допускаются другие значения радиуса  $R$ . Неуказанные предельные отклонения H14, h14, ± IT14/2. Технические условия по ГОСТ 22082–76.

*Разводящие каналы* являются частью литниковой системы, соединяющей оформляющие полости формы с центральным литником. Формы сечения разводящих каналов и рекомендации по применению даны в табл. 6.32.

Таблица 6.32  
**Рекомендации по применению разводящих каналов с различной формой сечения**

Вариант	Эскиз	Форма сечения разводящего канала	Характеристика канала	Примечание
1		Плоская	Расположены в одной плите. Способствуют быстрому охлаждению расплава. На изделии возможны спаи, утяжины, следы потока и т.д.	Не допускаются
2		Сегментная		
3		Прямоугольная		Нежелательны
4		Трапецидальная	Прямоугольный канал выполнен в двух плитах, трапецидальный — в одной плите. Относительно развитая поверхность. Недостатки предыдущих сечений выражены в меньшей степени	

Окончание табл. 6.32

Вариант	Эскиз	Форма сечения разводящего канала	Характеристика канала	Примечание
5		Трапециевидная	Трапециевидальный канал выполнен в двух плитах, сегментный — в одной плите. Обеспечивают хорошее течение расплава и небольшие потери теплоты	Рекомендуются
6		Сегментна $b = 1,25h$ ; $d = S_{\text{н}} + 1,5 \text{ мм}$ ; $h_1 = (2/3)d$		
7		Круглая	Форма оптимальная	Предпочтительны

При заполнении каналов расплавом материала прилегающий к стенкам материал интенсивно охлаждается и затвердевает. При этом уменьшается эффективное сечение канала. В связи с этим каналы редко изготавливают с площадью поперечного сечения меньше  $7 \text{ мм}^2$ . В то же время площадь поперечного сечения канала не должна быть слишком велика, чтобы не изменялась продолжительность цикла литья. По этой причине нежелательно изготовление канала сечением более  $80 \text{ мм}^2$ .

Попадание в оформляющее гнездо охлажденного переднего фронта расплава может приводить к появлению дефектов на поверхности изделий. Для уменьшения этих явлений разводящий канал перед поворотом следует снабдить специальными сборниками (рис. 6.45).

Необходимо добиваться такого расположения разводящих каналов, которое обеспечивает идеальные условия заполнения оформляющих гнезд расплавом полимера. Задача решается путем одинакового по длине перемещения расплава ко всем гнездам.

На рис. 6.46 рекомендуемые направления перемещения указаны утолщенными линиями.

*Впускные каналы* предназначены для непосредственного подвода материала к оформляющей полости. От их размеров и расположения в значительной степени зависит качество изделий. При определении размеров впускных каналов необходимо учитывать следующее:

- для уменьшения потерь давления при заполнении формы длина впускных каналов должна быть минимальной;
- площадь сечения канала не должна быть слишком мала, так как это приводит к большим потерям давления и затрудняет заполнение формы.

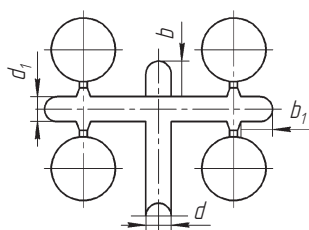


Рис. 6.45. Схема сборников разводящих каналов:  
 $b = (1,0 \dots 1,5)d$ ;  $b_1 = (1,0 \dots 1,5)d_1$

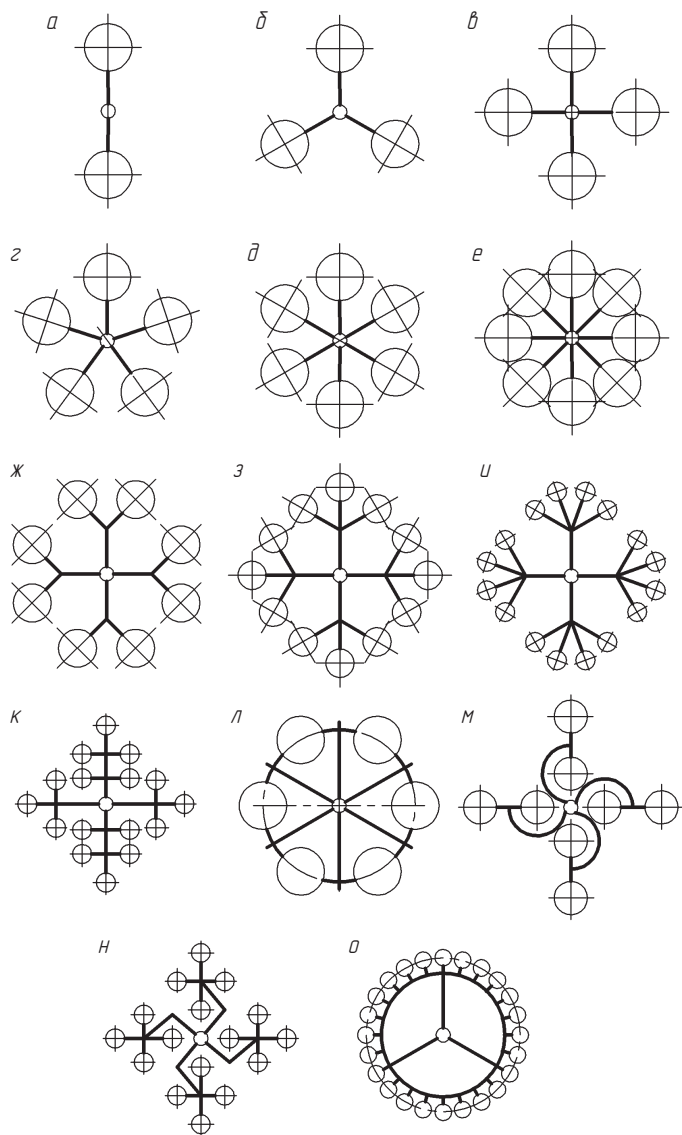


Рис. 6.46. Рекомендуемые направления разводящих каналов:  
*a–e* — прямые; *ж–к* — прямые с разветвлениями; *л* — ломанные с разветвлениями; *м–o* — комбинированные



При литье термопластов наиболее распространены впускные каналы с круглым (точечные) и прямоугольным поперечным сечением (табл. 6.33).

Характерный размер  $H$  (см) для равностенного изделия принимают равным его толщине, в остальных случаях вычисляют по формуле

$$H = 2V_{\text{и}}/S_{\text{и}},$$

где  $V_{\text{и}}$  — объем изделия, см<sup>3</sup>;  $S_{\text{и}}$  — площадь изделия, см<sup>2</sup>.

**Тоннельные литниковые каналы** отличаются тем, что расплав подводится в оформляющую полость не по поверхности разреза формы, а через тоннель, выполненный в стенке матрицы (рис. 6.47). Размеры впускного тоннельного канала приведены в табл. 6.33.

В зависимости от способа поддержания температуры расплава в литниках можно выделить следующие виды систем:

- системы с самоцентрирующимися каналами;
- системы с частично обогреваемыми разводящими каналами;
- системы с горячими каналами.

*Литниковые системы с самоцентрирующимися каналами* являются самыми простыми. Их отличительная особенность — подача расплава через каналы увеличенного диаметра, расположенные в необогреваемых элементах формы. На стенках канала образуется толстая корка, выполняющая функции изолятора и поддерживающая материал в расплавленном состоянии. На рис. 6.48 показана самоизолирующаяся литниковая система многогнездной формы:

$$d = 20 \dots 30 \text{ мм}; \quad d_1 = 0,7d; \quad r = 0,2d; \quad d_{\text{п}} = d_{\text{с}} + 4,$$

где  $d_{\text{с}}$  — диаметр сопла литниковой машины.

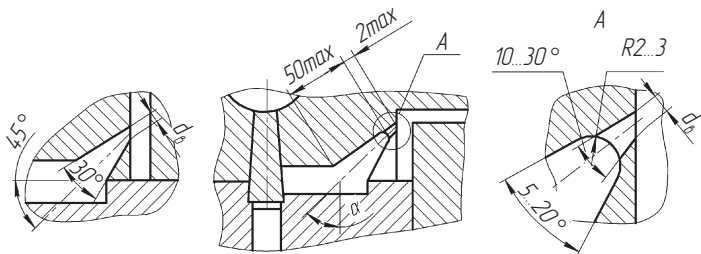
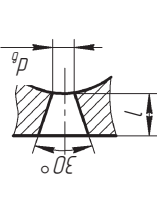
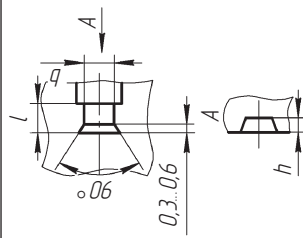
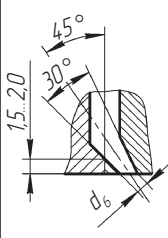


Рис. 6.47. Схемы тоннельных литниковых каналов

Таблица 6.33

## Конструкции и размеры впускных каналов, мм

Исполнение	Конструкция впускного канала	$H$	$d_b$	$H = b$ (предельное отклонение по Н11)	$l$ (предельное отклонение по h14)
1		До 0,6	0,5	—	0,6 при $d_b = 0,5...0,6$
		0,6...3,3	0,85H	—	0,7 при $d_b = 0,6...0,7$
		Более 3,3	2,8		0,8 при $d_b = 0,7...0,8$ 0,9 при $d_b = 0,8...1,0$ 1,0 при $d_b = 0,8...1,0$ 1,2 при $d_b = 1,2...1,5$ 1,3 при $d_b = 1,5...2,0$ 1,4 при $d_b = 2,0...2,8$
2		До 0,6	—	0,5	0,6 при $h = 0,5...0,6$
		0,6...3,3		$\alpha \times H$	0,7 при $h = 0,6...0,7$
		Более 3,3		2,0...3,0 (в зависимости от материала)	0,8 при $h = 0,7...0,8$ 0,9 при $h = 0,8...0,9$ 1,0 при $h = 0,9...1,0$ 1,1 при $h = 1,0...1,2$ 1,2 при $h = 1,2...1,5$ 1,3 при $h = 1,5...2,0$ 1,4 при $h = 2,0...3,0$
3		До 0,6	0,5	—	—
		0,6...2,4	0,85H		
		Более 2,4	2,0		

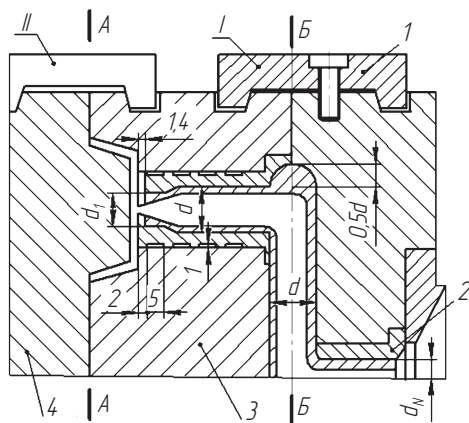


Рис. 6.48. Схема самоизолирующей литниковой системы:  
 1 — захват; 2 — литниковая втулка; 3 — неподвижная полуформа;  
 4 — подвижная полуформа

Для извлечения застывающего литника захваты 1 из позиции I переставляют в позицию II, замыкая формы по плоскости А–А. Затем формы размыкают по плоскости Б–Б и удаляют литник. Захват 1 переставляют в позицию I.

**Литниковые системы с частично обогреваемыми разводящими каналами** являются модификацией систем с самоизолирующимися каналами. Их отличительной особенностью является наличие встроенного во впускное сопло или в центральный литниковый канал сердечника с размещенным в нем тепловым электрическим нагревателем (ТЭНом).

Сердечник поддерживает необходимую температуру расплава в сопле и впускном канале. Благодаря наличию таких нагревателей цикл литья может быть несколько увеличен.

**Литниковые системы с горячими каналами** — самые сложные и трудоемкие, в то же время самые надежные среди систем с неотверждаемыми литниками. Наиболее распространена эта система при литье крупногабаритных изделий, особенно тонкостенных, и в многогнездных формах.

Горячеканальная литниковая система состоит из двух основных частей: обогреваемого коллектора с центральной литниковой втулкой и сопла без индивидуального обогрева (рис. 6.49, а).

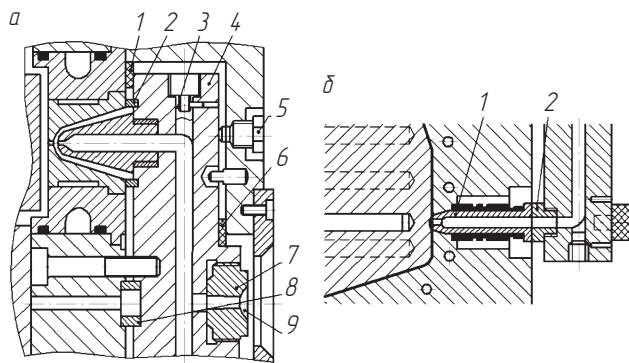


Рис. 6.49. Схемы горячеканальных литниковых систем:

*a* — система «сопло — коллектор» неподвижная (1, 6 — теплоизоляционные прокладки; 2, 5, 8 — опоры; 3 — заглушка; 4 — коллектор; 7 — литниковая втулка; 9 — сопло); *б* — система «сопло — коллектор» подвижная (1 — сопло; 2 — втулка промежуточная)

Коллектор 4 представляет собой теплоизолированную от сопрягаемых деталей плиту, в которой расположены разводящие каналы. Теплоизоляция обеспечивается прокладками 1, 6, а также воздушными зазорами между сопрягаемыми деталями. Для этого коллектор устанавливается на опоры 2, 5, 8. Сопло 9 устанавливают соосно с разводящими каналами и жестко соединяют с коллектором 4.

Применение подвижной системы «сопло — коллектор», показанной на рис. 6.49, б, обеспечивает компенсацию температурных расширений коллектора благодаря установке промежуточной втулки 2, скользящей своим торцом по основанию сопла 1. Система сложна в изготовлении.

*Сопла для термостабильных пластмасс.* На рис. 6.50 представлено термоизоляционное сопло с точечным впуском. Термоизоляцию сопла 1 обеспечивает слой пластмассы 2, которая заполняет свободное пространство между соплом и литниковой втулкой 3. Толщина термоизолирующего слоя между концом сопла и впускным литником составляет 0,4...0,6 мм. Толщина термоизолирующего слоя между боковой поверхностью сопла и литниковой втулкой должна быть не менее 2 мм.

Отношение длины части сопла, выступающей из коллектора, к его среднему диаметру не должно превышать 2:1.

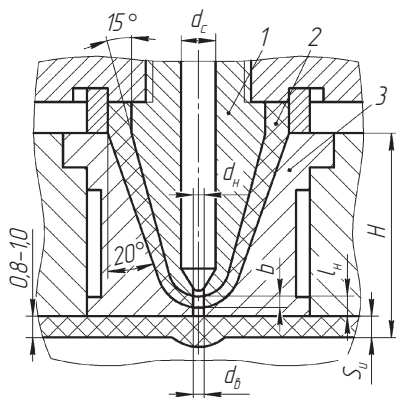


Рис. 6.50. Термоизолированное сопло:  
1 — сопло; 2 — полимер; 3 — втулка

Принимают диаметр канала сопла  $d_c = 5 \dots 8$  мм, диаметр выходного отверстия  $d_h = d_b + (0,5 \dots 0,6)$  мм, длину выходного отверстия  $l_h = 0,6 \dots 1,6$  мм;  $b = 0,4 \dots 0,6$  мм;  $H_{\max} = 40$  мм.

Если по конструктивным соображениям необходимо применять *удлиненное сопло*, то следует устанавливать дополнительные внешние или внутренние обогревательные элементы (рис. 6.51).

Внешний обогревательный элемент (рис. 6.51, а) выполняют в виде ленточного нагревателя 1, внутренний — в виде сердечника 4 (рис. 6.51, б). Сердечник должен иметь центрирующие

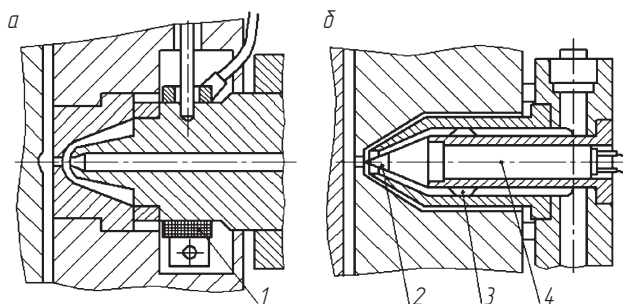


Рис. 6.51. Схемы конструкций внешнего (а) и внутреннего (б) обогревательных сопел:

1 — нагреватель ленточный; 2 — хвостовик; 3 — центрирующий элемент;  
4 — сердечник

элементы 3, равномерно расположенные по боковой поверхности сердечника. Центрирующие элементы удерживают сердечник от возможного смещения потоком расплава. На конце сердечника выполняют специальный иглообразный хвостовик 2, который способствует поддержанию температуры расплава в отверстии литникового канала и одновременно предотвращает вытягивание нитей расплава при размыкании формы.

### 6.8.2. Система термостатирования

Отверждение полимера в форме требует отвода большого количества теплоты, что в значительной мере влияет на продолжительность цикла литья. Кроме того, режим охлаждения существенно влияет на качество изделий. Более высокая температура позволяет получить:

- высокие механические параметры кристаллических полимеров;
- качественную поверхность, блеск изделия, стабильность размеров;
- снижение внутренних напряжений, менее ориентированную структуру.

При быстром охлаждении в изделии возникают большие внутренние напряжения и как следствие — коробление. На переохлажденных участках может конденсироваться влага, отрицательно влияющая на качество поверхности изделия.

Выбор конструктивного режима системы термостатирующих каналов должен быть обеспечен расчетным путем. Прежде всего рассчитывают площадь поперечного сечения каналов, затем — длину каналов.

Время  $\tau_{\text{охл}}$  охлаждения определяют по приближенной формуле

$$\tau_{\text{охл}} = \frac{0,405}{a} \left( \frac{\delta}{2} \right)^2 \left( \ln 1,27 - \ln \frac{t_{\text{к}} - t_{\text{ф}}}{t_{\text{н}} - t_{\text{ф}}} \right),$$

где  $a$  — коэффициент температуропроводности,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $\delta$  — толщина изделия,  $\text{м}$ ;  $t_{\text{к}}$  — температура в середине стенки изделия, при которой раскрывается форма (принимается на  $8...25$  °C выше величины  $t_{\text{ф}}$ );  $t_{\text{ф}}$  — средняя за цикл температура формирующих поверхностей, °C;  $t_{\text{н}}$  — начальная температура изделия, равная температуре впрыскиваемого в форму расплава, °C.

Время цикла

$$\tau_{\text{ц}} = \tau_{\text{охл}} + \tau_{\text{ср}} + \tau_{\text{впр}},$$

где  $\tau_{\text{ср}}$  — время смыкания или размыкания полуформ, с;  $\tau_{\text{впр}}$  — время впрыска, с.

Количество теплоты, поступившей с расплавом и передаваемой изделием,

$$Q_0 = m_0 C_0 (t_{\text{и}} - t_{\text{к}}),$$

где  $m_0 = m_{\text{и}}n + m_{\text{л}}$  — масса отливки ( $m_{\text{и}}$  — масса изделия, кг;  $n$  — число гнезд;  $m_{\text{л}}$  — масса литников, кг);  $C_0$  — удельная теплоемкость материала отливки, Дж/кг, °С;  $t_{\text{и}}$  — средняя (по объему отливки) температура изделия в момент раскрытия формы, °С;  $t_{\text{к}}$  — температура каналов, °С.

Величина  $t_{\text{и}}$

$$t_{\text{и}} = t_{\text{ф}} + 2 \frac{t_{\text{к}} + t_{\text{ф}}}{\pi}.$$

Количество теплоты  $Q_{\text{х}}$ , отводимой хладагентом,

$$Q_{\text{х}} = Q_0 \pm Q_{\text{пот}},$$

где  $Q_{\text{пот}}$  — потери теплоты в окружающую среду или количество теплоты, получаемой формой из окружающей среды.

В тепловых расчетах литьевых форм теплообменом с окружающей средой можно пренебречь.

Тогда

$$Q_{\text{х}} = Q_0.$$

Если хладагент подогревается до высокой температуры, то внешний теплоотвод необходимо учитывать.

При этом

$$Q_{\text{пот}} = Q_{\text{к}} + Q_{\text{т}} + Q_{\text{и}},$$

где  $Q_{\text{к}}$ ,  $Q_{\text{т}}$ ,  $Q_{\text{и}}$  — количество теплоты, передаваемой в окружающую среду, соответственно, через крепежные плиты, толкатели литьевой машины, а также излучением.

Поскольку необходимо предусматривать температуру изоляции формы от плит пресса, то величину  $Q_k$  в расчетах можно не учитывать. При высоких температурах формы  $Q_{и} \approx 0,25Q_k$ , поэтому окончательно можно рассчитать

$$Q_{\text{пот}} = 1,25Q_{и};$$

$$Q_{и} = F_{\sigma} \alpha (t_{п.ф} - t_{в}) \tau_{ц},$$

где  $F_{\sigma}$  — площадь боковых поверхностей формы, м<sup>2</sup>;  $\alpha$  — коэффициент теплоотдачи\*;  $t_{п.ф}$  — температура на поверхности формы, °С;  $t_{в}$  — температура окружающего воздуха °С.

Расчет хладагента, кг:

$$q_x = \frac{Q_x}{C_x \Delta t_x},$$

где  $C_x$  — удельная теплоемкость хладагента, Дж/(кг · °С);  $\Delta t_x$  — разность температур хладагента на выходе и входе в канал.

Расход хладагента через пуансон и матрицу  $q_x^{п(м)}$  принимают пропорционально площади оформляющих их поверхностей:

$$q_x^{п(м)} = \frac{q_x F_{п(м)}}{F_{\text{общ}}},$$

где величина  $F_{п(м)}$  и  $F_{\text{общ}}$  определяют по чертежу пуансона и матрицы или по чертежу изделия, м<sup>2</sup>;  $F_{\text{общ}}$  — суммарная площадь оформляющих поверхностей матрицы и пуансона.

Площадь поперечного сечения каналов

$$f_k = \frac{q_x^{п(м)}}{\rho_x \tau_{ц} \omega},$$

где  $\rho_x$  — плотность хладагента, кг/м<sup>3</sup>;  $\tau_{ц}$  — время цикла, с;  $\omega$  — скорость течения хладагента, м/с (принимают  $\omega = 0,5 \dots 1,0$  м/с).

Диаметр канала или длина стороны сечения (если канал прямоугольный), м:

$$d_k^{п(м)} = 1,13 \sqrt{f_k^{п(м)}}.$$

\* При естественной конвекции в воздухе можно принимать  $\alpha = 8 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3}/\text{°С}$ .



Если расчет дает неприемлемые результаты, например слишком малый (нетехнологичный) диаметр канала, то необходимо увеличить расчетный расход хладагента, уменьшая  $\Delta t_x$  или применить другой хладагент с меньшей теплоемкостью  $C_x$ . Если диаметр, наоборот, получается слишком большим, то расход уменьшают, переходя на хладагент с бóльшим значением  $C_x$  или  $\Delta t_x$ , либо увеличивают скорость  $\omega$  хладагента. При этом следует учитывать, что слишком большое увеличение  $\Delta t_x$  приводит к значительной неравномерности температурного поля формы.

После окончательного выбора  $d_k^{п(м)}$  определяют длину каналов из условия, что эффективная площадь поверхности каналов должна быть не менее охлаждаемой площади оформляющих поверхностей пуансона и матрицы, т.е.

$$F_k^{п(м)} \geq F_{п(м)},$$

где  $F_k^{п(м)}$  — площадь поверхности охлаждающих каналов пуансона (матрицы), м<sup>2</sup>.

Суммарная длина каналов круглого сечения

$$l_k^{п(м)} = F_{п(м)} / \pi d_k^{п(м)}.$$

Необходимые для расчета физические и технологические параметры материалов приведены в табл. 6.34.

При конструировании систем термостатирования необходимо учитывать следующие *основные требования*:

□ расположение каналов, а также направление потока хладагента от более нагретых частей формы к менее нагретым должны обеспечить по возможности равномерное охлаждение оформляющих элементов формы;

□ более интенсивное охлаждение должно быть предусмотрено в месте расположения подвижных элементов формы (выталкивателей, плит съема, подвижных знаков), что позволяет исключить деформацию изделий при их удалении из формы;

□ в системе каналов не должно быть участков с увеличивающимся сечением и особенно застойных зон, где охлаждающая жидкость может играть роль теплоизолятора; по этой причине не рекомендуется использовать полостное охлаждение.

Таблица 6.34

**Некоторые физические и технологические параметры материалов,  
используемые при расчете систем термостагирования**

Материал	Плотность $\rho \cdot 10^{-3}$ , кг/м <sup>3</sup>	Теплопро- водность $\lambda$ , Вт/(м · °С)	Удельная теплоемкость $c \cdot 10^{-8}$ , Дж/(кг · °С)	Темпера- туропро- водность $a \cdot 10^7$ , м <sup>2</sup> /с	Температурный коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^5$ , 1/°С	Темпера- тура форм при литье, °С	Температура расплава в зоне сопла, °С
Полистирол блочный, эмульсионный	1,03...1,07	0,09...0,16	1,33	0,88	8	60-75	200...220
Полистирол ударопроч- ный	1,1...1,15	0,14	1,8	0,75	6...10	50...70	220...250
АВС-пластина	1,05...1,1	0,16...0,21	1,33	1,3	8	50...80	200...240
Полиэтилен низкого давления	0,94...0,96	0,25...0,31	2,9	1,22	20	30...70	240...270
Полиэтилен высокого давления	0,85...0,92	0,3	2,5	1,38	28	30...60	190...220
Полипропилен	0,95	0,14...0,175	1,92	0,86	16	30...90	260...280
Полиметилметокрилат	1,18...1,20	0,187...0,21	1,8...1,97	0,93	8	60...80	200...230
Поликарбонат	1,14...1,15	0,254	2,5	0,9	1...11	—	—
Полиамид	1,1	0,286	1,97...2,5	1,08	11...12	40...60	200...230
Поликарбонат	1,2	0,198	1,25	1,32	6,75	80...130	280...310
Полиформальдегид	1,425	0,31	1,17...1,46	1,5	8,1	—	—
Сополимеры полифор- мальдегида	1,41	0,21	1,25	1,2	8...10	50...110	180...210
Поливинилхлорид	1,35	0,16	1,5	0,8	6...7	20...60	160...310

Охлаждаемые жидкости									
Вода	1,0	0,65	4,18	1,58	—	—	—	—	—
Минеральные масла	0,88...0,92	1,28	1,67...1,88	0,8	—	—	—	—	—
Глицерин	1,26	2,77...2,96	2,42	0,91...0,98	—	—	—	—	—
<i>Металлы</i>									
Сталь низкоуглеродистая	7,8	81	0,46	227	120	—	—	—	—
Сталь 30	7,8	75,5	0,46	212	115	—	—	—	—
Сталь инструментальная	7,8	36	0,46	100	100...120	—	—	—	—
Сталь хромоникелевая (12ХН3А, 30ХН3А)	7,8	33,7	0,46...0,5	87,5	112	—	—	—	—
Сталь коррозионно-стойкая	7,8	19,7	0,46	55	100...115	—	—	—	—
Алюминий 99,75 %	2,7...2,8	20,7	0,9	838	231	—	—	—	—
Латунь (Cu – 90 %, Zn – 10 %)	8,5...5,6	117...133,5	0,368	398	170...220	—	—	—	—
Бронза (Cu – 88 %, Sn – 10 %, Zn – 2 %)	8,8	47,6	0,368	147	170...210	—	—	—	—
Бронза (Cu – 91,7 %, Sn – 8 %, Zn – 0,3 %)	8,8	45,3	0,368	140	170...210	—	—	—	—
Медь-никель (Cu – 90 %, Ni – 10 %)	8,9	58...75	0,397	189	164	—	—	—	—
Бериллий 99,5 %	1,9	180...215	2,17	515	120	—	—	—	—
Медь чистая 99,98 %	8,93	390	0,384	1140	165	—	—	—	—
Бериллиевая бронза БрБ2	8,23	83,5	0,418	244	170	—	—	—	—
Хром	7,9	256	0,437...0,472	716	66...81	—	—	—	—

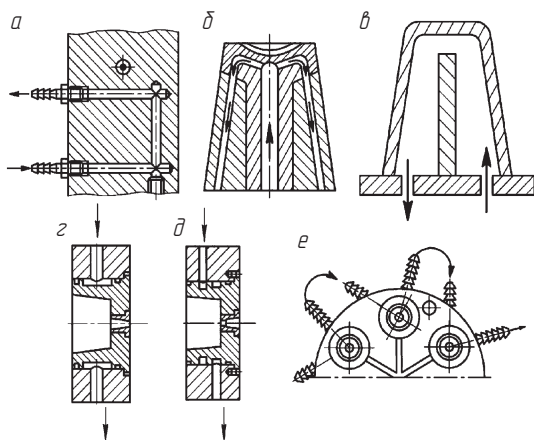


Рис. 6.52. Схемы конструкций систем охлаждения:  
 а — плоских плит; б — пуансонов; в — знаков; г, д, е — матриц

На рис. 6.52 представлены типовые схемы конструкций систем охлаждения.

Систему канального типа с прямыми каналами (рис. 6.52, а) принимают при литье плоских прямоугольных изделий и в многогнездных формах с рядным расположением гнезд. Систему канального типа иногда принимают для охлаждения круглых изделий (рис. 6.52, б). Систему полого типа (рис. 6.52, в) принимают при отношении высоты  $h$  охлаждаемого элемента к его диаметру (ширине)  $d$ :  $h/d \geq 1$ . Для охлаждения многогнездных цилиндрических матриц принимаются кольцевые (рис. 6.52, г) или винтовые (рис. 6.52, д) каналы. Подача жидкости для охлаждения многогнездных цилиндрических матриц осуществляется путем последовательного соединения штуцеров (рис. 6.52, е).

### 6.8.3. Система извлечения изделий из форм

Изделия из формы извлекаются механической, пневматической, комбинированной системой.

**Механическая система** выталкивает и сбрасывает изделие:

- стержневыми выталкивателями;
- съёмными или стягивающими плитами;
- разъёмными матрицами.

*Стержневые выталкиватели* применяются для удаления из подвижной полуформы жестких и прочных изделий, для которых допускается наличие следов выталкивателей. В некоторых случаях стержневые выталкиватели являются одновременно и подвижными гладкими знаками.

Типовая конструкция узла стержневого выталкивателя представлена на рис. 6.53, а. Стержневые выталкиватели 3, 4 устанавливаются в плите выталкивателей 6 с зазором 0,2...0,5 мм, который обеспечивает их самоцентрирование по направляющему отверстию матрицы. Для предотвращения затекания материала в зазор между поверхностью выталкивателя и направляющим отверстием матрицы соединение выполняется по посадке  $H7/f7$ , а для размеров менее 6 мм — по посадке  $H9/f9$ . Отношение длины  $l$  направляющей части выталкивателя к диаметру  $d$  необходимо принимать следующим:

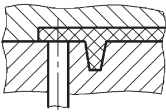
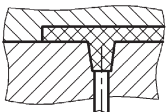
- при  $d < 3$  мм  $l/d = 8,0...4,0$ ;
- при  $d = 3...5$  мм  $l/d = 4,0...3,0$ ;
- при  $d = 5...10$  мм  $l/d = 3,0...2,5$ ;
- при  $d > 10$  мм  $l/d = 2,5...2,0$ .

В процессе раскрытия формы выталкиватели перемещаются в направлении съема изделий упором литьевой машины через хвостовик 8, закрепленный в плите 7. При смыкании формы система возвращается в исходное положение контртолкателями 5. Выталкивающие системы с небольшим числом толкателей или с одним сбрасывателем литника могут возвращаться в исходное положение пружиной 9, размещаемой в хвостовике.

Расположение выталкивателей относительно изделий и рекомендации по применению приведены в табл. 6.35 и 6.36.

Таблица 6.35

#### Расположение выталкивателей относительно изделия

Вариант		Рекомендации
Нерекомендуемый	Рекомендуемый	
		Лучше воздействовать непосредственно на ребро. Диаметр (толщина) выталкивателя должен быть меньше сопряженного размера ребра изделия

Окончание табл. 6.35

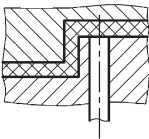
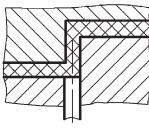
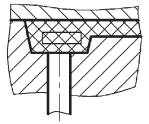
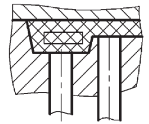
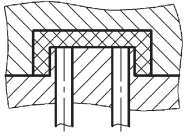
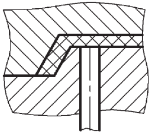
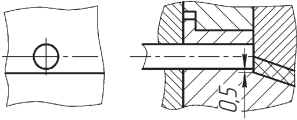
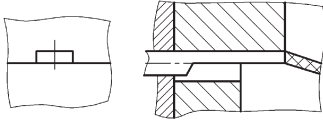
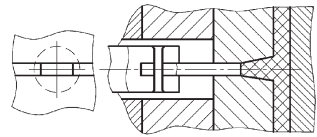
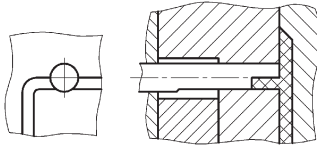
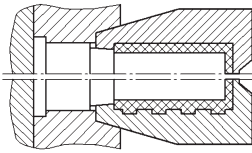
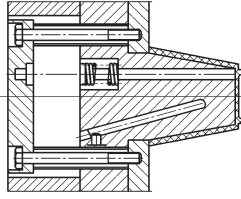
Вариант		Рекомендации
Нерекомендуемый	Рекомендуемый	
		Для предотвращения прорыва дна изделия или деформации отбортовки выталкиватель необходимо располагать как можно ближе к месту действия наибольших сил трения (под вертикальной стенкой)
		Центр утолщения отливки отверждается позже края. Во избежание появления вмятин на изделии выталкиватель следует располагать у края утолщения
		Расположение выталкивателя по внутренней (данной) поверхности изделия допускается для плоских изделий типа пластин, П- и Г-образных изделий с вертикальным расположением боковой стенки в форме, неглубоких изделий типа кюветы с наклонной замкнутой боковой стенкой. При расположении выталкивателей внутри глубокого изделия возможно его заклинивание, поэтому необходимо снимать его вручную или использовать специальные системы для съема изделий с выталкивателей (например, пневматические системы, системы возврата выталкивателей, манипуляторы)

Таблица 6.36

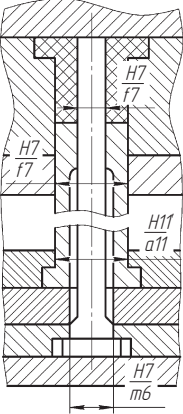
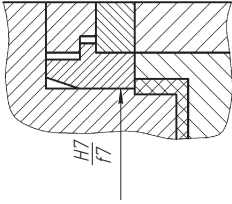
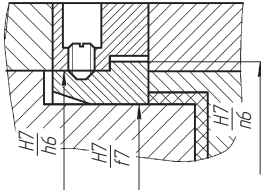
## Примеры использования выталкивателей

Вариант конструкции	Рекомендации по применению
	Цилиндрические выталкиватели. Для цельных пуансонов (матриц). Можно использовать одновременно как контролкаталь. Если выталкиватель воздействует на торец тонкой боковой стенки, то для увеличения поверхности контакта с изделием диаметр его следует максимально увеличить

Продолжение табл. 6.36

Вариант конструкции	Рекомендации по применению
	<p>Цилиндрические срезанные и прямоугольные выталкиватели. Для вставных пуансонов (матриц), когда выталкиватель проходит через поверхность двух сопрягаемых оформляющих деталей, применение цилиндрических выталкивателей неконструктивно</p>
	<p>Плоские выталкиватели. Для вставных пуансонов (матрац), как правило, при контакте с тонкими ребрами, стенками. Можно выполнять цельными и сборными</p>
	<p>Выталкиватели с круглыми и прямоугольными оформляющими элементами. Для выталкивания изделий с невысокими стенками и ребрами, с поднутряющими выступами и впадинами как с наружной, так и с внутренней стороны, выполняются цельными и сборными. Можно устанавливать под углом к направлению выталкивания</p>
	<p>Грибковые выталкиватели применяют в основном при необходимости увеличить площадь поверхности контакта выталкивателя с изделием для предотвращения пластических деформаций и разрушения тонкостенных изделий из материалов с малым модулем упругости (поливинилхлорид, полиэтилен и др.). Выполняют в основном подвесными</p>
	<p>Можно использовать как клапаны в комбинированных системах выталкивания и для разгерметизации при сталкивании глубоких изделий</p>
	<p>Трубчатые выталкиватели. Для извлечения изделий с глубокими сквозными или глухими отверстиями (катушек, трубок, панелей с несколькими отверстиями и др.), когда на оформляющих знаках возникают большие силы сцепления и применение других выталкивателей может привести к разрушению изделия</p>

Продолжение табл. 6.36

Вариант конструкции	Рекомендации по применению
<p style="text-align: center;">Вариант 1</p>  <p style="text-align: center;">Вариант 2</p> 	<p>Для выталкивания тонкостенных и глубоких изделий (вариант 1) из эластичных материалов (полиэтилен высокого давления и его композиции, поливинилхлорид, пластифицированный и пр.) используют разъемные матрицы, которые предотвращают деформацию и разрушение, препятствуя выпучиванию изделий под действием осевых сил. Для сталкивания изделий с очень тонкими стенками на их наружной поверхности необходимо предусмотреть кольцеобразные выступы (вариант 2)</p>
	<p>Сталкивающие кольца, рамки, плиты сталкивают изделия одновременно по всему контуру. Это позволяет достичь равномерного распределения усилия выталкивания по всей опорной поверхности изделия, минимального давления и, следовательно, минимального коробления и деформации изделия. Плиты особенно часто применяют, когда при выталкивании требуется преодолеть значительные усилия, для недостаточно жестких изделий из эластичных материалов (например, полиэтилена высокого давления), с поднутрениями на внутренней поверхности. Другие преимущества — возможность свободного размещения охлаждающих каналов в пуансонах, одновременного выталкивания плитой и выталкивателями объемных изделий с большой</p>



Окончание табл. 6.36

Вариант конструкции	Рекомендации по применению
	<p>площадью литья для предотвращения прогиба основания, а также для двойного сталкивания. Сталкивающие плиты используют также для размещения на них перемещающихся деталей, которые предназначены для извлечения знаков, оформляющих различного рода поднутрения как на внутренней, так и на наружной поверхности изделий. Для упрощения пригонки многогнездных плит и увеличения срока службы их выполняют сборными. Вставки, охватывающие пуансон, закаливают. Посадка плиты на пуансон по конической поверхности увеличивает срок службы (по сравнению со значением при установке на цилиндрическую поверхность), исключает «подлив» материала и рекомендуется для крупносерийного и массового производства</p>

*Плиты съема* (рис. 6.53, б) применяются для выталкивания тонкостенных крупногабаритных изделий. Плита позволяет равномерно распределить усилие съема на поверхность и тем самым обеспечить минимальное давление на единицу поверхности. Съем плит осуществляется методом сталкивания и методом стягивания.

Применение метода *сталкивания* предусматривает задерживание изделия в подвижной полуформе на знаке 11. Перемещение плиты выталкивателей 6 и плиты съема 12 производится до упора литьевой машины через опорную плиту и хвостовик формы.

Использование метода *стягивания* предусматривает задерживание изделия в неподвижной полуформе (рис. 6.53, в) и съем (стягивание) плитой 14, которая приводится в движение после того, как торец А тяги 15 соприкоснется с торцом Б втулки 16.

Механические рычажные системы применяются при литье глубоких изделий, при сталкивании изделий по сложной траектории, а также для привода подвижных полуматриц.

На рис. 6.54 приведена схема рычажной конструкции с равноплечными рычагами.

Пуансон 1 расположен в полости разъема полуформ и закреплен в траверсе 2. При раскрытии форм через систему рычагов 3

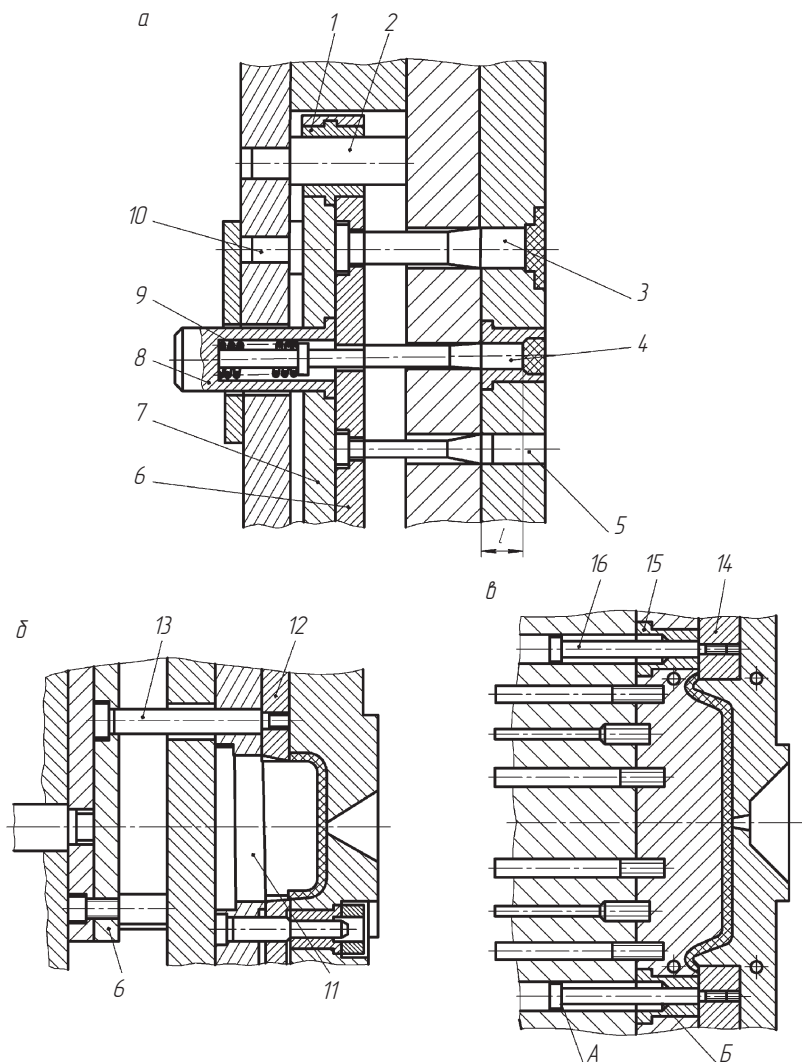


Рис. 6.53. Конструкции механических систем выталкивания:  
*a* – толкающая стержневая; *б* – съемная плитами; *в* – стягивающая плитами;  
 1 – втулка; 2 – колонка; 3, 4 – стержневые выталкиватели; 5 – контрол-  
 тель; 6 – плита выталкивателей; 7 – плита опорная; 8 – хвостовик; 9 – пружина; 10 – упор; 11 – знак; 12 – плита съема; 13 – винт; 14 – плита стяги-  
 вания; 15 – тяга; 16 – втулка

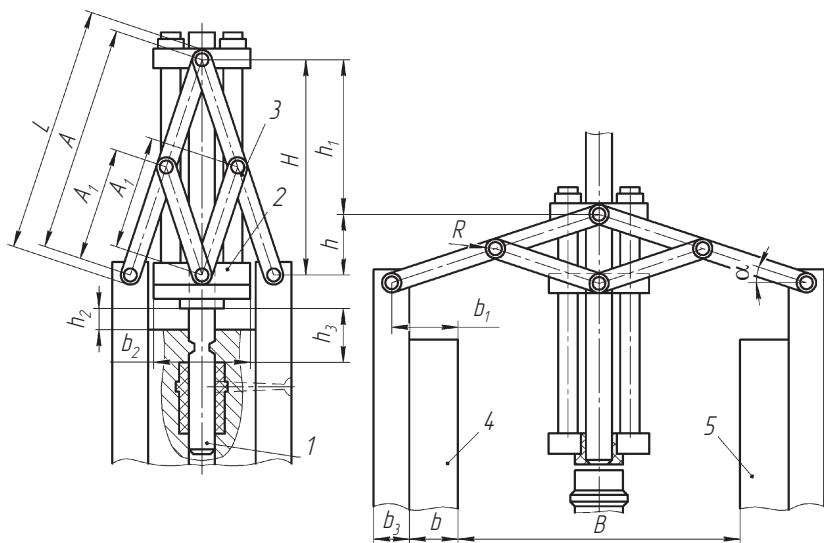


Рис. 6.54. Схема рычажной конструкции с равноплечными рычагами: 1 – пуансон; 2 – траверса; 3 – система рычагов; 4, 5 – соответственно, подвижная и неподвижная полуматрицы

траверсе 2 и пуансону 1 сообщается движение со скоростью, в два раза меньшей скорости подвижной полуматрицы.

Для расчета исполнительных размеров рычагов необходимо задаться размером  $B$  закрытия формы, высотой  $b$  полуматрицы, расстоянием  $b_1$  от плоскости разъема до оси крепления рычага, ходом  $S$  выталкивания и углом  $\alpha$  (оптимальные значения  $\alpha = 10...15^\circ$ ).

Тогда

$$A = (b_1 + 0,5B)\cos\alpha;$$

$$h = (b_1 + 0,5b_2)\operatorname{tg}\alpha;$$

$$b_{2\max} = 2b - \sqrt{A^2 - (b_1 - 0,5b_2)^2} + (3...4).$$

Исполнительные размеры ряда рычагов применительно к некоторым моделям оборудования приведены в табл. 6.37.

**Пневматические и комбинированные системы выталкивания** (рис. 6.55) применяются для снятия с пуансона (матрицы) крупногабаритных изделий.

Таблица 6.37

## Основные размеры узла рычажной системы литьевых форм, мм

Модель машины	Объем впрыска, см <sup>3</sup>	$B$	$b$	$b_2$	$A$	$A_1$	$b_{2\max}$	$H$	$h_1$	$h_2$	$R$	$S$
ДЗ127	63	250	40	30	186	93	78	178	129,8	20	15	216
ДАЗ127			60		207	103,5	118	193	139,3	37		237
ДБЗ127			80		228	114	158	207	148,1	62		258
ДВЗ127П			95		243	121,5	188	218	154,8	88		273
ДЗ130	125	320	45	35	230	115	88	221,7	162,1	21		260
ДБЗ231			60		246	123	118	233	169,6	31		276
ДВЗ130			80		266	133	158	248	179,1	51		296
			100		287	143,5	198	262,2	187,8	76		317
			125		313	156,5	248	278,9	197,8	117		343
ДЗ132	250	400	60	40	290	145	118	278,6	203,6	27	20	330
			85		316	158	168	297,8	216,0	47		356
			110		342	171	218	315,9	227,4	75		382
			135		367	183,5	268	333,2	238,1	109		407
			160		393	196,5	318	349,8	248,0	153		433
ДЗ134	500	500	80	45	364	182,2	158	350,2	255,8	36	25	415
			110		396	198	218	373,2	270,7	63		446
			125		411	205,5	248	384,2	277,7	78		461
			150		437	218,5	298	401,9	288,8	108		487
			175		463	231,5	348	419,1	299,2	145		513
			200		494	247	408	438,9	311,0	199		544
ДЗ136	1000	630	100	60	461	230,5	198	442	322,8	45	45	551
			125		486	243	248	461	335,3	65		576
			150		512	256	298	480	347,2	89		602
			175		538	269	348	498	358,5	18		628
			200		564	282	398	515	369,2	151		654
			225		590	295	448	532	379,5	190		680
			255		621	315,5	508	552,5	391,7	246		711

Примечание.  $\alpha = 15^\circ$ ;  $h_s = h_1 - S$ , где  $S$  — необходимый ход выталкивателя.

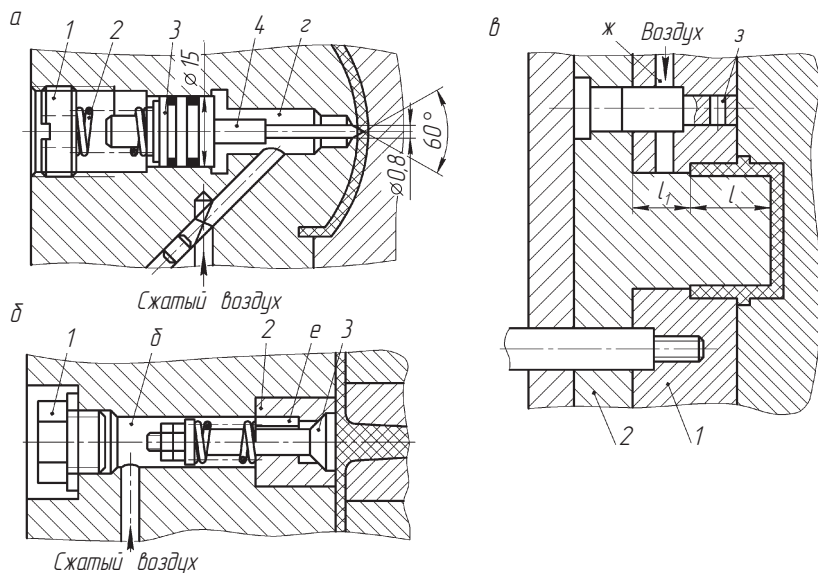


Рис. 6.55. Системы выталкивания:

*а* — пневматическая: 1 — резьбовая пробка; 2 — пружина; 3 — поршень; 4 — игла; *б* — пневматическая: 1 — резьбовая пробка; 2 — седло; 3 — грибовый клапан; *в* — комбинированная: 1 — плита сталкивания; 2 — пуансон

В системе, представленной на рис. 6.55, *а*, сжатый воздух подводится в полость под игольчатый клапан 4. Поршень 3 под действием давления воздуха отводится влево. При этом открывается отверстие клапана, и давление воздуха передается по поверхности изделия, которое сбрасывается с пуансона. Для подведения воздуха достаточно отверстия диаметром 0,8...1,0 мм. Для надежной работы игла клапана должна быть термически обработана и притерта. Достоинство такой конструкции заключается в том, что на поверхности изделия остается незначительный след от иглы.

Грибовый клапан (рис. 6.55, *б*) — наиболее прост в конструктивном и технологическом отношении и широко применяется для изделий с простой поверхностью. Сжатый воздух проводится в полость  $\delta$  и через каналы *е* воздействует на грибок, а через него и на изделие, которое удаляется.

Седло 2 и грибовый клапан 3 должны быть притерты.

На рис. 6.55, в приведен пример комбинированного съема изделия с пуансона 2 сталкивающей плитой 1 и выталкивание его из плиты сжатым воздухом, который поступает в пространство между пуансоном и изделием при совмещении отверстий ж и з.

#### 6.8.4. Система перемещения оформляющих элементов

**Механические приводы.** Механизм привода *наклонной колонкой* (рис. 6.56, а) получил наибольшее распространение.

Ползун 2 может быть непосредственно оформляющим элементом (знаком) или являться секцией разъемной матрицы. Перемещение ползуна осуществляется в процессах раскрытия и закрытия формы наклонной колонкой 1. Диаметр отверстия в ползуне на 1 мм больше диаметра колонки. Зазор между ползуном и колонкой необходим для того, чтобы разгрузить ползун и закрепленные

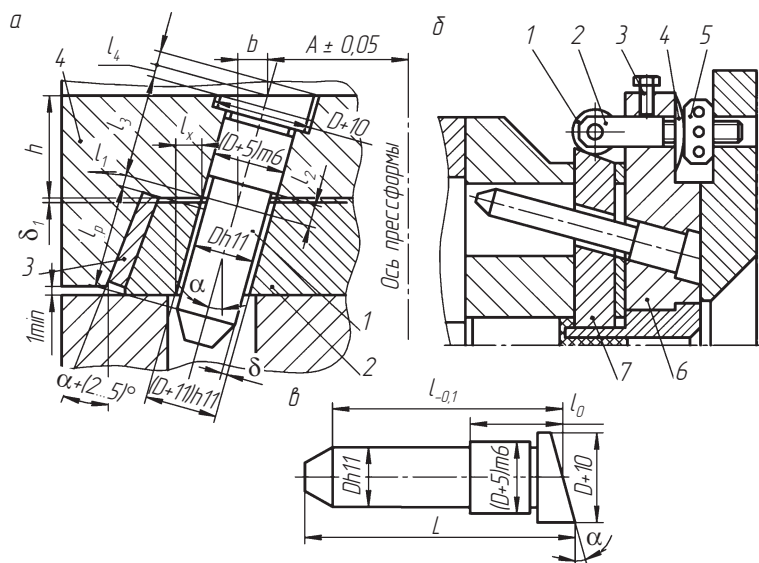


Рис. 6.56. Механизм привода наклонной колонкой:

а — с компенсационной планкой: 1 — колонка; 2 — ползун; 3 — планка компенсационная; 4 — плита; б — с компенсационным роликом; 1 — ролик; 2 — вилка; 3 — болт стопорный; 4 — шайба пружинная; 5 — гайка специальная; 6 — плита; 7 — ползун; в — колонка

на нем оформляющие элементы от сил, возникающих при раскрытии и закрытии формы, и предотвратить возможные заклинивания формы, когда компенсационная планка 3 зажимает ползун.

Для знаков малого сечения в качестве нажимного и компенсирующего износ элемента ползуна 7 можно использовать ролики 1 (рис. 6.56, б), установленные в специальной вилке 2. Вилка прямоугольного сечения закреплена в плите 6 с возможностью установочного осевого перемещения с гайки 5. Для фиксации положения вилки предназначен болт 3. Тарельчатая пружинная шайба 4 создает осевой натяг гайки при уменьшении затяжки болта 3.

Исходными данными для расчета исполнительных размеров колонки (рис. 6.56, в) являются: ход ползуна  $l_x$ , угол наклона колонки  $\alpha$ , диаметр колонки  $D$  и толщина  $h$  плиты 4 (см. рис. 6.56, а). С достаточной точностью для практических целей колонку рассчитывают по формулам:

$$l_0 = l_3 + l_4 - l_2,$$

где  $l_3 = h' \cos \alpha$ ;  $l_4 = 0,5(d + 10) \operatorname{tg} \alpha$ ;  $l_2 = 2 + (D + 5) \operatorname{tg} \alpha$ ;

$$l = l_p + l_1 + l_3 + l_4,$$

где  $l_p = l_x / \sin \alpha + 0,5 / \operatorname{tg} \alpha$ ;

$$l_1 = (D + \delta) \cos \alpha,$$

где  $\delta = 0,5(D_1 - D)$ ;  $L = l + l_4 - 8$ ;  $D$  — диаметр отверстия в ползуне.

Исполнительные размеры колонок для наиболее широко используемых значений исходных данных приведены в табл. 6.38.

Таблица 6.38

Исполнительные и расчетные размеры лекальных колонок, мм

$D$	$h$	$l_x$	$\alpha$	$L$	$l$	$l_0$	$B$	$l_p$	$l_2$	$l_3$	$l_4$
15	20	3	15	51,5	40,2	16,6	5,5	13,5	7,4	20,7	3,3
		5		59,2	47,9			21,2			
		10		78,5	67,2			40,5			
		25		134,4	125,1			98,5			
	25	3	56,7	45,4	21,8	6,8	13,5	25,9			
		5	64,6	53,1			21,2				
		10	83,7	72,4			40,5				
		25	141,6	130,3			98,5				

Продолжение табл. 6.38

$D$	$h$	$l_x$	$\alpha$	$L$	$l$	$l_0$	$B$	$l_p$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	
15	30	3	15	61,8	50,5	27,0	8,2	13,5	7,4	31,1	3,3	
		5		69,5	58,2			21,2				
		10		88,9	77,5			40,5				
		25		146,9	135,4			98,5				
	35	3	66,9	55,6	32,1	9,5	13,5	36,2				
		5	75,8	64,4			21,2					
		10	94,1	82,7			40,5					
		25	151,9	140,6			98,5					
	20	30	3	18	51	38,9	16,6	6,7	11,2	8,4	21,0	4,1
			5		57,5	45,4			17,7			
			10		73,8	61,7			34,0			
			25		122,3	110,2			82,5			
		25	3	56,4	44,3	21,9	8,3	11,2	26,3			
			5	62,8	50,7			17,7				
			10	79,0	66,9			34,0				
			25	127,6	115,5			82,5				
30		3	61,6	49,5	27,1	9,9	11,2	31,5				
		5	68,0	55,9			17,7					
		10	84,3	72,2			34,0					
		25	132,8	120,7			82,5					
35	3	66,8	54,7	32,4	11,5	11,2	36,8					
	5	73,8	61,2			17,7						
	10	89,6	77,5			34,0						
	25	138,1	126,0			82,5						
25	20	3	20	51,1	38,6	16,5	7,5	10,2	9,3	21,3	4,5	
		5		56,9	44,4			16,0				
		10		71,5	59,0			30,6				
		25		115,4	102,9			74,5				
	25	3	56,4	43,9	21,8	9,3	10,2	26,2				
		5	62,2	49,7			16,0					
		10	76,8	64,3			30,6					
		25	120,7	108,2			74,5					



Окончание табл. 6.38

$D$	$h$	$l_x$	$\alpha$	$L$	$l$	$l_0$	$B$	$l_p$	$l_2$	$l_3$	$l_4$
	30	3		61,7	49,2	27,1	11,1	10,2		31,9	
		5		67,5	55,0			16,0			
		10		82,1	69,6			30,6			
		25		126,0	113,5			74,5			
	35	3		67,0	54,5	32,5	12,9	10,2		37,3	
		5		72,8	60,3			16,0			
		10		87,8	75,0			30,6			
		25		131,3	118,8			74,5			

*Примечание.* Величина  $\alpha$  приводится в градусах, остальные величины — в миллиметрах.

Для предотвращения смещения ползуна после раскрытия формы необходимы *фиксирующие устройства* (рис. 6.57).

Наиболее надежным и удобным является устройство, представленное на рис. 6.57, *а*. Пружины 2 и винт 3 удерживают ползун от возможного смещения. Расстояние  $a$  между упором 1 и ползуном 5 должно превышать на 0,5...1,0 длину хода ползуна. Это необходимо для компенсации погрешностей расчета и изготовления. Если по каким-либо причинам эту конструкцию нельзя разместить в форме, то используются другие варианты. Вариант конструкции (рис. 6.57, *б*) выполнен в виде сменного узла, отличается простотой регулирования силы сжатия пружины и может быть заменен без разборки формы.

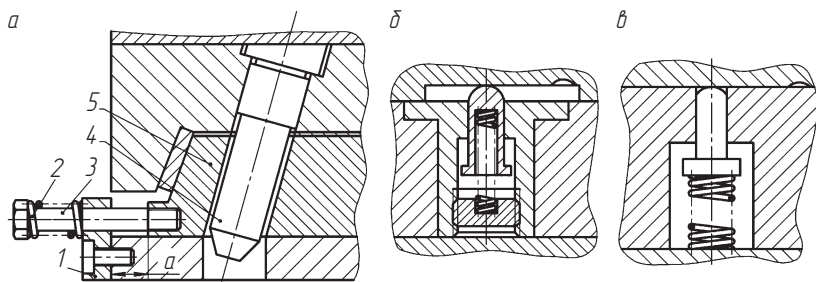


Рис. 6.57. Фиксирующие устройства с фиксацией неподвижным упором (*а*) и утопающим стержнем (*б, в*):

1 — упор неподвижный; 2 — пружина; 3 — винт; 4 — колонка; 5 — ползун

Вариант, представленный на рис. 6.57, *в*, достаточно прост и не требует дополнительных пояснений.

*Пружинные механизмы* привода применяются для перемещения ползунов и оформляющих элементов при небольшом ходе.

На рис. 6.58, *а* представлен пример использования пружины для непосредственного перемещения оформляющего знака 1 и возвращения в рабочее положение клином 2.

Механизм, изображенный на рис. 6.58, *б*, можно использовать для перемещения оформляющей стенки 3 или длинных ползунов с несколькими оформляющими знаками. В этом случае устанавливают не менее двух пружин. В исходное положение оформляющие элементы возвращаются клином 2. Для оформляющего выступа

$$b < a < c.$$

На рис. 6.58, *в* показана конструкция узла, в котором оформляющий элемент 1 извлекается из изделия подпружиненным стержнем 4, установленным под углом  $\alpha$ .

Ход ползуна

$$a = (b + 1) \sin \alpha.$$

В исходное положение оформляющие элементы возвращаются плитой 5. В таких конструкциях должно быть не менее двух пальцев.

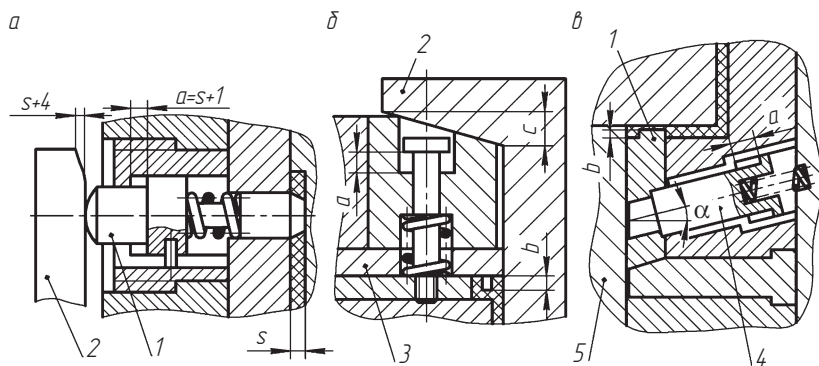


Рис. 6.58. Пружинные механизмы для прямого перемещения одного знака (*а*), нескольких знаков (*б*) и косвенного перемещения (*в*): 1 — знак; 2 — клин; 3 — оформляющая стенка; 4 — палец; 5 — плита

*Реечно-зубчатые механизмы* привода применяются при большом ходе удаления формообразующего знака (до 30 мм) или при наклонном его расположении по отношению к оси изделия (рис. 6.59, а). Наклонные знаки перемещаются с помощью зубчатой рейки, нарезанной непосредственно на знаке 3. Поступательное движение наклонному знаку сообщается от подвижной полуформы при вращательном движении зубчатого колеса 2 в процессе его перекачивания по неподвижной рейке 1.

Резбовые знаки удаляются из изделия путем вывертывания (рис. 6.59, б). Рейка 1 закрепляется на подвижной полуформе, а резьбовой знак 4 — на неподвижной. При этом резьбовой знак выполняется соосно с зубчатым колесом, а при сборке входит в резьбовое сопряжение с плитой 5. В зависимости от направления движения полуформы резьбовой знак вводится в полость или вывинчивается из изделия.

В ряде случаев реечные механизмы могут оказаться удобными для извлечения сложных криволинейных знаков большой длины (рис. 6.59, в). Для вывода таких знаков используют криволинейную рейку 6, выполненную как одно целое со знаком. Криволинейная рейка приводится в движение прямолинейной рейкой 1 через зубчатое колесо 2.

**Гидравлический привод** применяют для извлечения из отливки крупных, тяжелых, длинных оформляющих знаков, когда необходимо большое усилие. Для этого используют гидроцилиндры

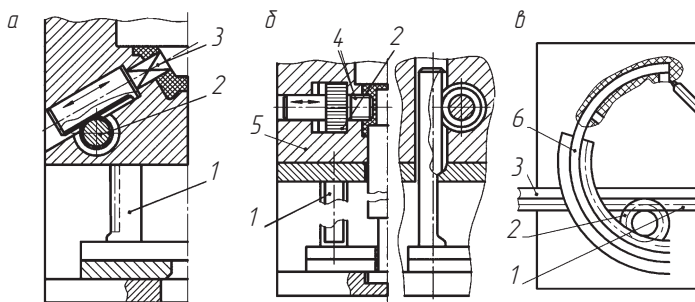


Рис. 6.59. Реечно-зубчатые механизмы перемещения наклонных (а), резьбовых (б), криволинейных (в) знаков:

1 — рейка; 2 — зубчатое колесо; 3 — наклонный знак; 4 — резьбовой знак; 5 — плита; 6 — криволинейная рейка

двойного действия. Применение гидропривода целесообразно в случае возможности его подключения к гидроприводу машины.

**Пневматический привод** применяют в основном для перемещения длинных, небольшого диаметра оформляющих знаков с небольшим усилием сцепления с материалом.

Гидропневмоцилиндры следует монтировать в форме так, чтобы их штоки не выполняли функций направляющих тяжело нагруженных формующих элементов. Из-за сложности синхронизации работы двух параллельных цилиндров не рекомендуется на один ползун устанавливать более одного цилиндра. Для обеспечения стабильной работы цилиндры должны быть теплоизолированы от горячих частей формы.

### 6.8.5. Система привода плит

В литьевых формах с несколькими плоскостями разъема перемещение плит должно происходить в заданной последовательности и обеспечивать отделение литника от изделия, образование свободного пространства между соответствующими плитами для сбрасывания изделия, перемещение съемных плит и выталкивающей системы. Наибольшее распространение в качестве элементов привода плит получили тяги и скобы.

**Тяги** бывают жесткими и гибкими. *Жесткие тяги* более точны и применяются чаще. К достоинствам жестких тяг следует отнести простоту их изготовления, к недостаткам — замкнутость кинематической системы формы, требующей повышенной точности настройки хода раскрытия.

На рис. 6.60 приведены различные типы жестких тяг. Простейший тип тяг (рис. 6.60, а, исполнение 1) обеспечивает раскрытие формы последовательно по плоскости I–I и II–II. Одновременно тяга 1 выполняет функцию направляющей колонки для плиты 2. При большом ходе раскрытия может появиться необходимость в установке втулки 3 (исполнение 2), увеличивающей рабочую длину раскрытия по плоскости I–I на величину  $l_1$ . В этом случае тяга 1 предназначена только для перемещения плиты 2.

Телескопическая тяга (рис. 6.60, б) позволяет значительно увеличить ход плит. При раскрытии по плоскости I–I в начальный момент должно быть сохранено замыкание плит по плоскости II–II

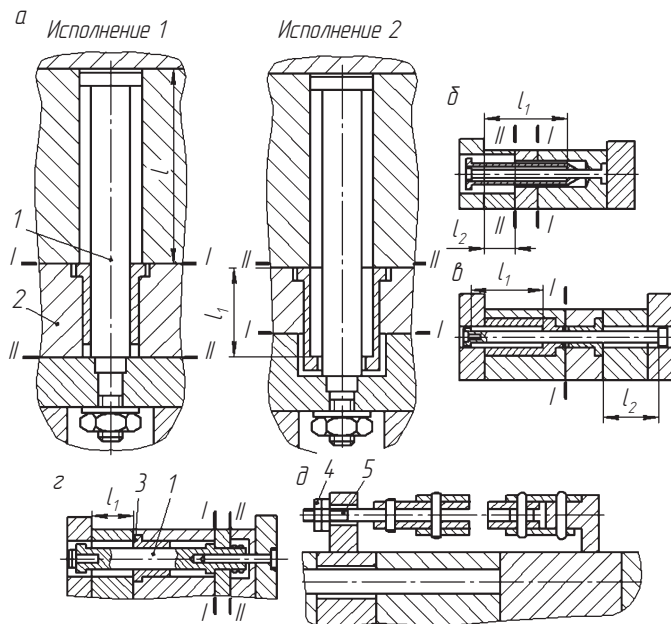


Рис. 6.60. Механические приводы плит тягами: односторонними колонками (а); втулками телескопическими (б); двусторонними колонками (в); направляющими колонками-втулками (г); гибкими цепями или тросами (д); 1 — тяга; 2 — плита; 3 — втулка; 4, 5 — регулировочные гайка и винт

(это требование относится ко всем формам с несколькими плоскостями разъема). В этом случае ход равен  $s = l_1 + l_2$ .

Тяга, представленная на рис. 6.60, в, свободно устанавливается со всех сторон формы. Раскрытие начинается по плоскости I–I, а ход составляет  $s = l_1 + l_2$ .

Тяга (рис. 6.60, г) выполняет функции направляющей колонки и втулки. Сначала форма раскрывается по плоскости I–I на расстояние  $s = l_1$ , а затем по плоскости II–II.

Если в формах из-за недостаточной высоты или по другим причинам нет возможности разместить жесткие тяги, то можно использовать *гибкие тяги* (цепи, тросы), размещаемые сбоку (рис. 6.60, д). При установке гибких тяг используют регулировочный винт 5 и гайку 4, позволяющие изменять длину тяг.

**Скобы** имеют следующие достоинства: их можно разъединить; они не создают замкнутой кинематической цепи; скобы могут размыкать промежуточные плиты в заданной плоскости в момент начала движения подвижной плиты после заданного хода раскрытия формы; скобы крепятся в форме сбоку, поэтому они не занимают свободного пространства. Для надежной работы скоб необходимо обеспечивать одновременность их действия (размыкающих кулачков, зацепов).

Механизм привода плит одной скобой, представленный на рис. 6.61, *а*, обеспечивает разъем формы по плоскости I–I скобой 2. Скоба установлена в корпусе 10 на оси 6 с возможностью поворота вокруг оси. Корпус закреплен на плите 9. При раскрытии формы по плоскости II–II на расстояние  $l$  скоба зацепом  $\delta$  действует на планку 5 плиты 11 и перемещает ее на заданное расстояние. После этого палец 1 наезжает на кулачок 3, закрепленный на плите 4, скоба откидывается, выходя из зацепления с плитой 11 и происходит окончательный разъем форм по плоскости II–II. Возврат и удержание скобы в исходном положении обеспечивают штифт 7 и пружина 8.

Механизм привода плит с двумя скобами 1, 2 и кулачком 3 представлен на рис. 6.61, *б*. В первой фазе раскрытия формы по плоскости I–I скоба 1 свободно проходит заданное расстояние  $l$ ; при этом между плитами 7 и 8 образуется зазор  $l$ , необходимый

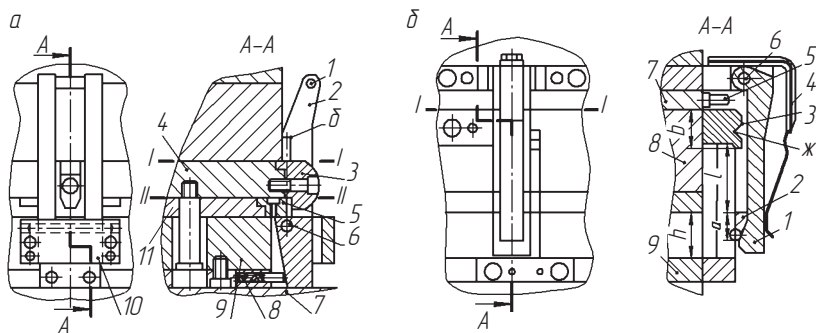


Рис. 6.61. Механизмы привода плит:

*а* — одной скобой (1 — палец; 2 — скоба; 3 — кулачок; 4, 9, 11 — плиты; 5 — планка; 6 — ось; 7 — штифт; 8 — пружина; 10 — корпус); *б* — двумя скобами (1, 2 — скобы; 3 — кулачок; 4 — пружина; 5 — упор; 6 — ось; 7, 8, 9 — плиты)

для извлечения изделия. Как только скоба 1 зацепится со скобой 2, приводится в движение выталкивающая плита 9. При воздействии скоса  $ж$  кулачка 3 на поверхность  $l$  происходит разъединение скоб.

Рабочий ход выталкивания

$$a + b = h - (2...3) \text{ мм.}$$

## 6.9. Материалы и шероховатость деталей форм



Для формообразующих деталей назначаются материалы, обеспечивающие необходимую стойкость, долговечность форм и минимальную стоимость изделия. При этом используют цементируемые, азотируемые и объемно-закаливаемые стали.

*Цементируемые стали* обладают высокими поверхностной твердостью и износостойкостью. Изготовленные из них детали толщиной менее 4 мм прокаливаются насквозь, что при больших нагрузках приводит к сколам, а местами — к деформации поверхности и разрушению цементированного слоя. Для формообразующих деталей наиболее часто применяются стали 10, 20, 20Х, 12ХНЗА, 18ХГТ. Толщина цементированного слоя должна составлять от 0,5 до 1,2 мм.

*Азотируемые стали* отличаются тем, что имеют весьма высокую твердость поверхностного слоя, достигаемую без специальной термообработки. В отличие от цементации азотированию подвергаются детали форм окончательно обработанные — прошедшие термообработку и доведенные до окончательных размеров. Толщина азотированного слоя должна составлять 0,15...0,20 мм. Как правило, для формообразующих деталей применяются стали 5ХГМ, 4ХМФС.

Из числа *объемно-закаливаемых сталей* наиболее широко применяются У8А, Х12М, 4Х5МФС, а для изготовления деталей форм сложной конфигурации — Х12Ф1, Х12М, отличающиеся высокой прокаливаемостью и незначительной деформацией в процессе закалки.

В табл. 6.39 и 6.40 приведены рекомендации по применению сталей для изготовления пресс-форм и литьевых форм.

Таблица 6.39

**Стали, рекомендуемые для изготовления формообразующих деталей**

Характеристика деталей	Сталь	Термическая и химико-термическая обработка	Механические свойства	
			$\sigma_b$ , МПа	HRC <sub>3</sub>
<i>Матрицы и пуансоны форм для литья под давлением</i>				
Простая конфигурация, размеры сечения до 60	У8А	З + О	1200...1400	46,5...51,5
	20Х	Ц (0,8...1,2 мм) + + З + О	600...800	51,5...56,0 (HV 770)
Конфигурация средней сложности; для работы при давлениях более 20 МПа	20Х, 10	Ц (0,8...1,2 мм) +	600...800	46,5...53,0
	18ХГТ 12ХНЗА, 40Х	+ З + О	1000...1200 1200...1400	51,5...56,0 46,5...51,5
Сложная форма, глубокие пазы, узкие перемычки, значительная разнотолщинность, высокая точность	12ХНЗМ, 18ГТ, 25Х2Н4МА, 5ХГМ, 4ХМФС, 4Х5МФС	Ц(0,8...1,2 мм) + + З + О	1000...1200	46,5...53,0
		У + А(0,15...0,2 мм)	900...1000	30,0...34,0 (в сердцевине); HV900
Средние и крупные размеры	12ХНЗА, 18ХГТ, 5ХГМ, 4ХМФС, 4Х5МФС	Ц(0,8...1,2 мм) + + З + О	800...900	46,5...58,0
		У + + А(0,15...0,2 мм)	900...1000	30...34 (в сердцевине); HV900

*Примечание.* З – закалка; О – отпуск; Ц – цементация; У – улучшение; А – азотирование.

Таблица 6.40

**Стали для изготовления конструкционных деталей**

Деталь	Марка стали	HRC <sub>3</sub>
Втулки: литниковые направляющие резьбовые	У8А 45	51,5...55,0
Штоки разъемные (к выталкивающей системе)	45	42...47
Хвостовики	45	42...47



Окончание табл. 6.40

Деталь	Марка стали	HRC <sub>9</sub>
Выталкиватели	У8А	49,5...53,0
Рассекатели	У8А	49,5...53,0
Гайки (к выталкивающей системе)	Ст4	—
Заглушки (к системе охлаждения)	Ст3	—
Знакодержатели цанговые	У8А 65Г	51,0...56,0 43,0...50,0
Камеры загрузочные:		
открытые	У8А	51,0...57,0
заключенные в обойму	12ХН3А	51,0...56,0
Клинья, пальцы разъемных приспособлений	45	34,0...38,0
Плиты, скобы для разъема съемных форм	Ст3	
Колонки направляющие	У8А	49,5...58,0
Тяги, захваты, копиры, колонки лекальные	20Х	51,5...55,0
Рычаги	45	—
Ползуны, направляющие ползунов	45	—
Ниппели, трубки для каналов охлаждения (к системе охлаждения)	35	—
Обоймы клиновых матриц, матриц и пуансонов универсальных блоков	У8А	49,5...53,0
Оси	20	—
Опоры	45	—
Плиты:		
верхние, нижние, передняя, задняя, обогрева знаков, толкателей, опорные, литниковые	45	45,5...49,5
Планки опорные для пресс-форм	45	—
Прихваты	45	34...38
Пробки под штифты и к системе охлаждения	Ст3	—
Пружины	65Г	—
Ручки	Ст3	—

*Шероховатость поверхностей деталей* пресс-форм и форм для литья под давлением устанавливается в зависимости от их назначения.

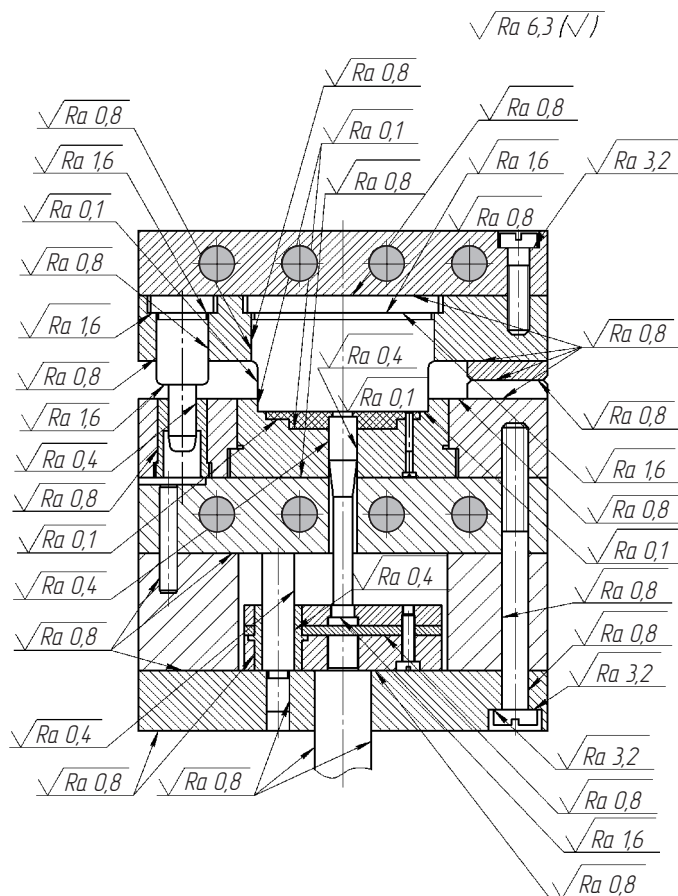


Рис. 6.62. Шероховатость основных деталей пресс-формы

Поверхности формообразующих деталей с особой тщательностью обрабатываются, хромируются и дважды полируются (до и после хромирования). Рекомендуемая толщина слоя хромирования 0,010...0,015 мм, а параметр  $Ra$  после полирования хромированных деталей составляет 0,025 мкм.

Шероховатость поверхности других деталей форм и пресс-форм, соприкасающихся с пластмассой в процессе формования изделий, определяется в основном конструктивными требованиями точности их взаимного сопряжения. На рис. 6.62 и 6.63 приведены рекомен-

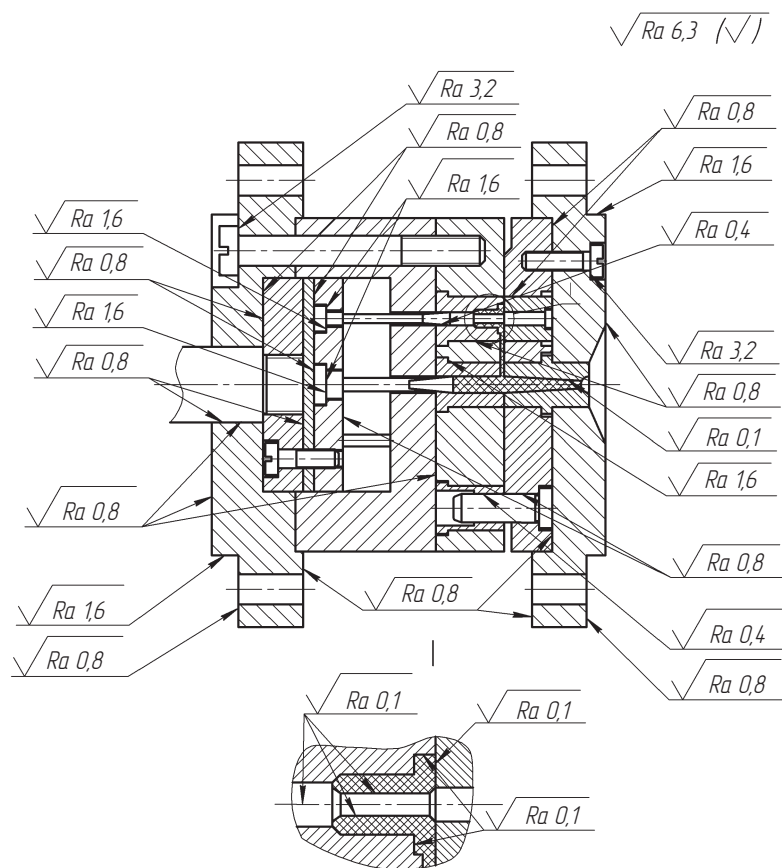


Рис. 6.63. Параметры шероховатости основных деталей формы для литья под давлением

двумя значениями шероховатостей поверхности основных деталей пресс-форм и форм для литья под давлением, обеспечивающие их работоспособность и технологичность.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## 1. Выбор материала рабочих деталей штампа

Штампующие материалы	Рабочие элементы штампа	Марки материалов для изготовления рабочих элементов штампов	HRC после термообработки стальных деталей	
			матриц (пуансон-матриц)	пуансонов, ножей
<i>Штампы для разделительных операций</i>				
Низкоуглеродистые стали, цветные металлы и их сплавы, неметаллические материалы:				
толщиной до 3 мм	Пуансоны, матрицы, пуансон-матрицы	У8А; У10А; 7Х3; 9ХС	57...61	55...59
толщиной свыше 3 мм	матрицы и их секции простой формы, ножи для резки отходов и шаговые ножи	Х12М; Х12Ф; 9ХВГ; 5ХВ2С	57...61	55...59
толщиной 3...8 мм	Пуансоны, матрицы, пуансон-матрицы и их секции сложной формы	Х12М; Х12Ф; 9ХВГ; 5ХВ2С; Х12Ф4М	57...61	55...59
толщиной 8...12 мм	Пуансоны, матрицы, пуансон-матрицы для чистовой вырубki-пробивки	7ХГ2ВМ; Х6ВФ; Х12М; Х12Ф1; Р18	59...63	57...61
Труднодеформируемые материалы, в том числе сталь 45 толщиной до 3 мм	Пуансоны, матрицы, пуансон-матрицы любой формы	Х12Ф1; 6Х6В3МФС; ВК20; ВК25	57...61	55...59

Продолжение прил. 1

Штампуемые материалы	Рабочие элементы штампа	Марки материалов для изготовления рабочих элементов штампов	HRC после термообработки стальных деталей	
			матриц (пуансон-матриц)	пуансонов, ножей
Электротехническая сталь (и другие материалы — в массовом производстве) толщиной до 0,5 мм	Пуансоны простой формы;	ВК11;	—	—
	матрицы простой формы;	ВК15;	—	—
	пуансоны сложной формы;	ВК20;	—	—
	матрицы сложной формы	ВК25	—	—
<i>Штампы для формоизменяющих операций</i>				
Низкоуглеродистые стали, цветные металлы и сплавы толщиной до 1 мм	Пуансоны, матрицы, прижимы простой формы с габаритными размерами, не превышающими имеющегося листового (полосового) проката	У8А; Х12М; 8ХФ; ВК8–ВК30	55...59	53...57
	То же, сложной формы	У10А; ШХ15; 9ХС; Х12Ф1; ВК11–ВК30	55...59	53...57
	То же, любой формы с габаритными размерами, превышающими имеющийся листовой (полосовой) прокат	Специальный никелевый чугун	—	—
Конструкционная сталь 45 и аналогичные марки толщиной до 8 мм	То же, любой формы и размеров	Х12М; Х12ВМ; Х12ВФ1; 7ХГ2ВМ	59...63	57...61
Коррозионно-стойкая сталь толщиной до 6 мм		Модифицированный чугун	—	—

Окончание прил. 1

Штампуемые материалы	Рабочие элементы штампа	Марки материалов для изготовления рабочих элементов штампов	HRC после термообработки стальных деталей	
			матриц (пуансон-матриц)	пуансонов, ножей
Титановые сплавы	То же, любой формы и размеров	Чугун МН: Сч 35; Сч 32; БрНАЖ10-4-4; БрАНЖ6Н6	—	—
То же, при вытяжке с нагревом		5ХГМ; 3Х2В8Ф; 4ХС	51,8...47,5	51,8...47,5
		ХН70ВМТЮ	—	—

## 2. Выбор материалов деталей общего назначения

Детали штампов	Рекомендуемые марки металлов	HRC после термической обработки
<i>Детали технологического назначения</i>		
Упоры:		
к шаговым ножам	У10А	59...63
цилиндрические, грибовые, со скосом	45	42...46,5
Г-образные, утопающие, шаговые и др.	Проволока классов I, II или ПА	—
проволочные	45	30...34,5
Стержни упоров	45	34...38
Рычаги упоров	35	—
Шпильки упоров	45	38,5...42,5
Прижимы боковые (цельный и составные с роликом)	45	42...46,5
Ролики к составным боковым прижимам	У8А	55...59
Прижимы боковые пружинные, в том числе пластинчатые	65Г	46,5...51,5
Ползушки:		
пружинных прижимов	40Х	49,5...54
боковых клиновых прижимов	45	42...46,5

Продолжение прил. 2

Детали штампов	Рекомендуемые марки сталей	HRC после термической обработки
Клинья клиновых прижимов	У8А	55...59
Прижимы колодочные	45	42...46,5
Трафареты	20, 45	42...46,5
Планки направляющие для направления полосы (ленты)	45	34...36
Вставки к направляющим планкам	ВК15, ВК20	—
Перетяжные ребра	X12М, 9ХС	57...61
Отлипатели	У8А	43,5...49,5
Фиксаторы всех видов	У8А	54,5...55
Сбрасыватели	45	34...38
Съемники неподвижные:		
ненаправляющие	Ст3	—
направляющие	45, 45Х	42...46,5
простой формы (в твердосплавных штампах)	У8А	42...45,5
сложной формы	9ХС, 9ХВГ	42...46,5
Выталкиватели:		
не являющиеся составными элементами матриц (пуансонов)	45	42...46,5
являющиеся составными элементами матриц (пуансонов)	У8А, У10А, 7Х3, 9ХС, X12М, X12Ф1, 9ХВГ	57...61
Прижимы и опоры штампов для чистовой вырубki-пробивки	X12М	55,5...59
Прижимы и выталкиватели крупные с относительно тонкими стенками, воспринимающие ударные нагрузки	5ХНВ, 5ХНВ	54...58
<i>Детали конструктивного назначения</i>		
Плиты верхние и нижние штампов:		
с направляющими скольжения	Ст3, Ст4, 30Л, СЧ45	—
с направляющими качения	45, 40Л, СЧ24	32...36
Плиты промежуточные	СЧ25, 45Л, 45	—
Планки поддерживающие	Ст3	—

Продолжение прил. 2

Детали штампов	Рекомендуемые марки металлов	HRC после термической обработки
Плитки подкладные	45	43...46,5
Матрицедержатели	Ст3	—
Пуансонодержатели	Ст3	—
Державки:		
для быстросменных пуансонов и матриц	45	42...46,5
с шариковым креплением пуансонов и матриц	20	59...63
Шпонки для фиксации положения пуансонов и матриц	45	41,5...46,5
Пуансонодержатели штампов для чистовой вырубki-пробивки	X12M	55...59
Детали направляющих узлов:		
колонки направляющих скольжения	20	59...63
втулки направляющих скольжения	20	55...59
колонки направляющих качения	ШХ15	61...65
втулки направляющих качения	ШХ15	59...63
сепараторы	45, 20	35,5...39,5
плитки направляющие всех видов	У10А	57...61
Детали направляющих узлов:		
призмы направляющие всех видов	40Х	49,5...53,5
планки направляющие кареток и ползушек	20	55...59
<i>Детали кинематического назначения</i>		
Клинья	45	42...46,5
Ползушки	45, 20	42...46,5
Рычаги	45	32...35,5
Оси рычагов	45, Ст6	42...46,5
Кронштейны рычагов	45, 35	32...35,5
Тяги	35	—
<i>Вспомогательные детали</i>		
Хвостовики неподвижные	35, Ст4, Ст5	42...46,5
Хвостовики плавающие	45	42...46,5

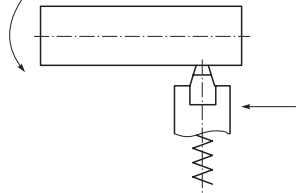
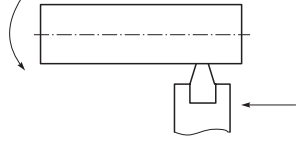
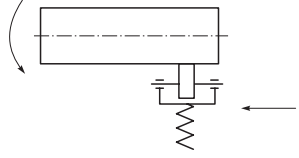
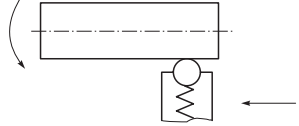
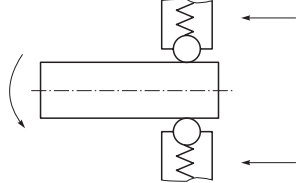


Окончание прил. 2

Детали штампов	Рекомендуемые марки металлов	HRC после термической обработки
Фланцы и подпятники плавающих хвостовиков	45	42...46,5
Толкатели всех видов	45	37...41,5
Траверы всех видов	45	42...46,5
Пробки для установки штифтов в закаленных деталях	20	—
Противоотжимы	45	41,5...46,5
Ограничители хода всех видов	45	36,5...39,5
Втулка направляющая для толкателя	У8А	51,5...56
Гайка отлипателей	45	36,5...42
Шайбы буферных устройств	45	42...46,5
Штоки (шпильки) буферных устройств	40Х	—
Пружины: сжатия, растяжения, кручения из проволоки круглого сечения тарельчатые пластинчатые резиновые полиуретановые	Проволока классов I, II и IIIА  60С2А, 50ХФА, 70С3А, 65Г  Резина маслобензостойкая подгруппы 4,8  Полиуретан СХУ — 7А	46...52  45,5...51,5 44,5...49,5  Твердость 50...70 по А. Шору  Твердость 76...86 по А. Шору
Втулки, штыри и гайки для установки пружин	35	—
Корпусы держателей буфера	СЧ25, 40Х	—
Кожухи ограничительные, щитки	Ст3	—
Штыри транспортные: резьбовые накладные для заливки	45 30 20	— — —
Брусья подкладные	45Л, 45	—

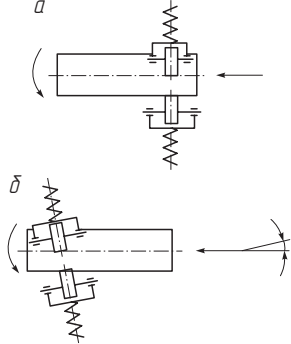
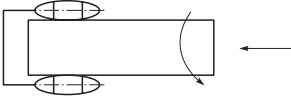
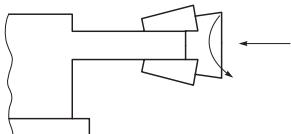
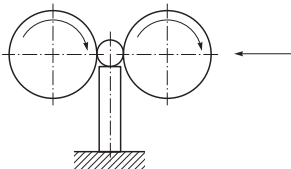
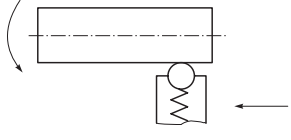
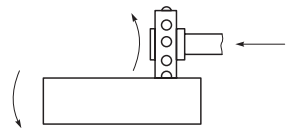
## 3. Классификация способов чистовой обработки давлением

Способ обработки, используемый инструмент	Назначение	Обрабатываемые детали и их предельные размеры
<i>Обработка наружных</i>		
Выглаживание гладилкой с твердосплавной пластиной	Отделка, упрочнение	Оси, валики гладкие, ступенчатые, жесткие; $d > 20$ мм; $l$ – не ограничивается
Выглаживание гладилкой с алмазным наконечником	Отделка, упрочнение	Оси, валики; $5 \text{ мм} < d < 20 \text{ мм}$ ; $l$ – не ограничивается
Обкатывание однорольковым обкатником упругого действия	Отделка, упрочнение	Оси, валы: гладкие, ступенчатые, жесткие; $d > 50$ мм; $l < 500$ мм
Обкатывание одношариковым обкатником ( $d_{\text{ш}} < 10$ мм) упругого действия	Отделка, упрочнение	Оси, валы: гладкие, мало-жесткие; $d > 10$ мм; $l < 50$ мм
Обкатывание многошариковыми обкатниками упругого действия	Отделка, упрочнение	Оси, валы гладкие; $d > 8$ мм; $l$ – не ограничивается

Принципиальная схема	Достигаемая точность IT	Шероховатость поверхности $Ra$ , мкм	Степень наклепа, % к исходной	Глубина наклепа $Ra$ , мкм
<i>цилиндрических поверхностей</i>				
	Способ неразмерный	0,63...0,16	50...60	До 600
	5...6	0,080...0,020	20...25	До 1 000
	Способ неразмерный	0,63...0,040	20...40	До 5 000
	Способ неразмерный	0,63...0,040	20...50	До 5 000
	Способ неразмерный	0,63...0,040	20...50	До 5 000

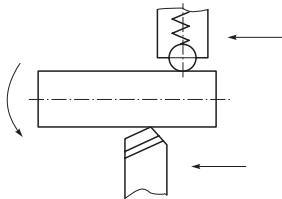
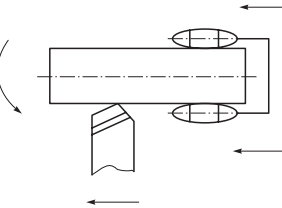
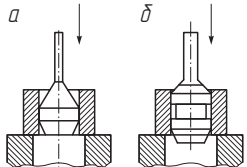
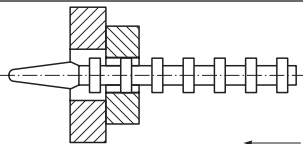
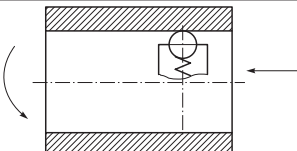
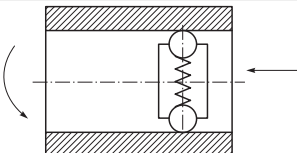
Способ обработки, используемый инструмент	Назначение	Обрабатываемые детали и их предельные размеры
Обкатывание трехролик- вым обкатником упругого действия: с принудительной подачей заготовки ( <i>a</i> ); с са- моподачей заготовки ( <i>b</i> )	Отделка, упроч- нение	Оси, валы, трубы: гладкие, ступенчатые, маложесткие; $d > 20$ мм; $l$ — не ограничи- вается
Обкатывание жесткими многороликовыми обкатни- ками	Калибрование, отделка	Оси, валы: гладкие, ступен- чатые, радиально уравни- вешенные; $d > 20$ мм; $l$ — не ограничивается
Обкатывание жестким мно- гороликовым обкатником	Калибрование, отделка	Оси, валы гладкие, ступен- чатые, радиально неуравни- вешенные; $d > 20$ мм; $l$ — не ограничивается
Обкатывание между роликами	Рихтование, кали- брование, отдел- ка, упрочнение	Оси, валы: гладкие, ступен- чатые, конические радиаль- но уравновешенные; $d = 1...5$ мм; $l < 50$ мм
Вибрационное обкатывание одношариковым обкатником упругого действия	Отделка, упроч- нение	Оси, валы: гладкие, мало- жесткие; $d > 10$ мм; $l < 50$ мм
Ударная обработка шарико- выми головками инерцион- ного действия	Отделка, упроч- нение	Оси, валы; $d > 10$ мм; $l$ — не ограничивается

Продолжение прил. 3

Принципиальная схема	Достигаемая точность IT	Шероховатость поверхности $Ra$ , мкм	Степень наклепа, % к исходной	Глубина наклепа $Ra$ , мкм
 <p><i>a</i></p>	Способ неразмерный	0,63...0,040	20...50	До 15 000
 <p><i>b</i></p>	7...8	0,63...0,020	20...50	До 15 000
	7...8	0,63...0,020	20...50	До 15 000
	Способ неразмерный	0,32...0,020	20...50	До 100
	Способ неразмерный	2,5...0,020	20...50	До 5 000
	Способ неразмерный	0,63...0,080	15...30	До 500

Способ обработки, используемый инструмент	Назначение	Обрабатываемые детали и их предельные размеры
Одновременное точение и обкатывание шаром	Калибрование, отделка, упрочнение	Оси, валы гладкие; $d < 500$ мм; $l$ — не ограничивается
Одновременное точение и обкатывание роликовым обкатником	Калибрование, отделка, упрочнение	Оси, валы гладкие; $d > 200$ мм; $l$ — не ограничивается
<i>Обработка</i>		
Дорнование: цельными (а) наборными дорнами (б)	Калибрование, отделка	Детали со сквозными отверстиями; $d < 100$ мм; $l < 50$ мм
Протягивание выглаживающими протяжками	Калибрование, отделка	Детали типа втулок со сквозными отверстиями; $d < 100$ мм; $l$ — не ограничивается
Раскатывание одношариковым раскатником упругого действия	Отделка, упрочнение	Детали со сквозными отверстиями; $d > 20$ мм; $l < 100$ мм
Раскатывание многошариковыми регулируемым раскатниками упругого действия	Отделка, упрочнение	Детали со сквозными отверстиями, маложесткие неосесимметричные; $d > 40$ мм; $l$ — не ограничивается

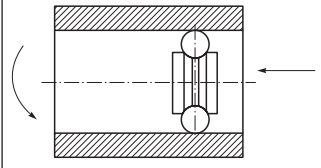
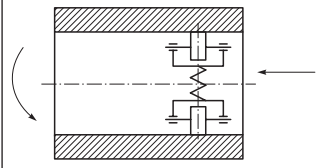
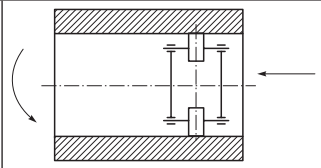
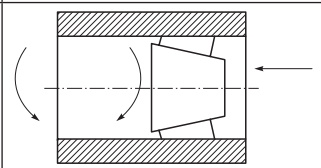
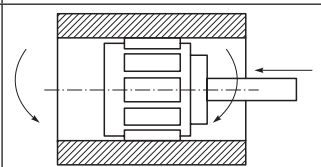
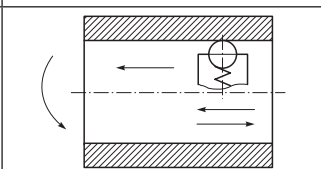
Продолжение прил. 3

Принципиальная схема	Достигаемая точность IT	Шероховатость поверхности $Ra$ , мкм	Степень наклепа, % к исходной	Глубина наклепа $Ra$ , мкм
	6...8	0,63...0,16	30...40	До 1 000
	6...8	0,63...0,080	20...50	До 15 000
<i>отверстий</i>				
	6...7	0,63...0,16	40...50	До 5 000
	6...7	0,32...0,080	20...40	До 5 000
	Способ неразмерный	0,32...0,040	20...50	До 2 000
	Способ неразмерный	0,32...0,040	20...40	До 2 000

Способ обработки, используемый инструмент	Назначение	Обрабатываемые детали и их предельные размеры
Раскатывание жесткими регулируемыми многошариковыми раскатниками	Калибрование, отделка	Детали со сквозными отверстиями; $d > 20$ мм; $l$ — не ограничивается
Раскатывание многороликовыми раскатниками упругого действия	Отделка, упрочнение	Детали со сквозными отверстиями, среднежесткие; $d > 60$ мм; $l$ — не ограничивается
Раскатывание многороликовыми жесткими нерегулируемыми раскатниками с цилиндрическими роликами	Калибрование, отделка	Детали со сквозными и глухими отверстиями; $d > 6..8$ мм; $l < 30$ мм
Раскатывание жесткими регулируемыми многороликовыми раскатниками с цилиндрическими и коническими роликами	Калибрование, отделка	Детали со сквозными отверстиями, жесткие; $d > 20$ мм; $l$ — не ограничивается
Раскатывание жесткими нерегулируемыми многороликовыми раскатниками ударного действия	Калибрование, отделка	Детали со сквозными отверстиями; $d > 20$ мм; $l$ — не ограничивается
Раскатывание вибрирующим раскатником упругого действия	Отделка, упрочнение	Детали со сквозными отверстиями, маложесткие; $d > 20$ мм; $l$ — не ограничивается

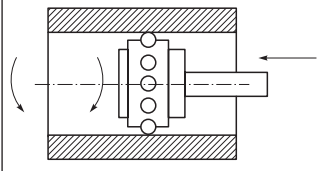
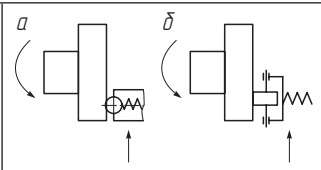
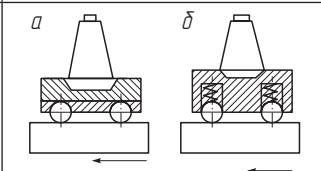
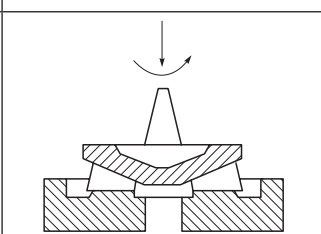
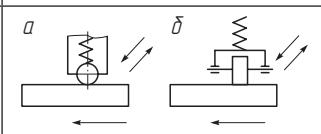
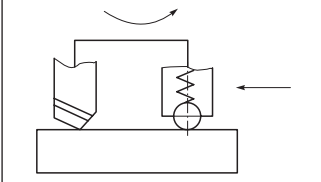


Продолжение прил. 3

Принципиальная схема	Достигаемая точность IT	Шероховатость поверхности $Ra$ , мкм	Степень наклепа, % к исходной	Глубина наклепа $Ra$ , мкм
	7...8	0,32...0,040	20...50	До 5 000
	Способ нераз- мерный	0,32...0,040	20...40	До 5 000
	6...7	0,16...0,040	20...40	До 5 000
	7...8	0,32...0,040	20...50	До 15 000
	7...8	0,32...0,040	20...50	До 5 000
	Способ нераз- мерный	0,32...0,040	20...40	До 2 000

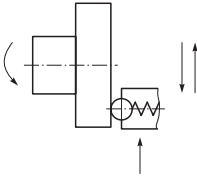
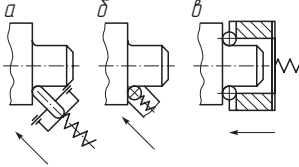
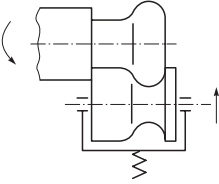
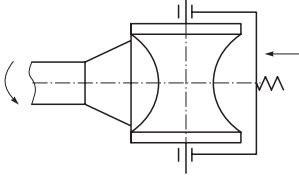
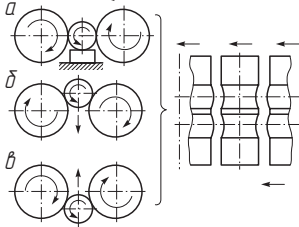
Способ обработки, используемый инструмент	Назначение	Обрабатываемые детали и их предельные размеры
Ударная обработка шариковыми головками инерционного действия	Упрочнение, отделка	Детали со сквозными отверстиями; $d > 70$ мм; $l$ — не ограничивается
<i>Обработка плоских</i>		
Обкатывание одношариковым ( $a$ ), однороликовым ( $b$ ) обкатниками упругого действия	Отделка, упрочнение	Детали — тела вращения с торцевыми поверхностями; $d$ — не ограничивается
Обкатывание многошариковым обкатником: жестким ( $a$ ); упругого действия ( $b$ )	Калибрование, отделка, упрочнение ( $a$ ); отделка, упрочнение ( $b$ )	Детали типа плат и плит. Габариты не ограничены
Обкатывание многороликовым обкатником «вдавливанием»	Калибрование, отделка, упрочнение	Детали с кольцевыми торцевыми поверхностями; $d < 300$ мм
Обкатывание: шаром на поперечнострогальном станке ( $a$ ); роликом на продольнострогальном станке ( $b$ )	Отделка, упрочнение	Детали с плоскими поверхностями большой длины. Габариты не ограничены
Одновременное торцовое фрезерование и обкатывание шаром	Калибрование, отделка упрочнение	Детали с плоскими поверхностями. Габариты не ограничены

Продолжение прил. 3

Принципиальная схема	Достижимая точность IT	Шероховатость поверхности $Ra$ , мкм	Степень наклепа, % к исходной	Глубина наклепа $Ra$ , мкм
	Способ неразмерный	0,63...0,080	15...30	До 500
<i>поверхностей</i>				
	Способ неразмерный	0,32...0,020	20...40	До 5 000
	Способ неразмерный	0,32...0,040	20...40	До 5 000
	Способ неразмерный	0,16...0,020	20...40	До 8 000
	Способ неразмерный	0,32...0,040	20...40	До 5 000
	Способ неразмерный	1,25...0,16	20...40	До 1 000

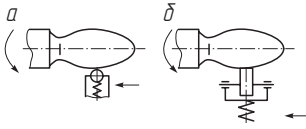
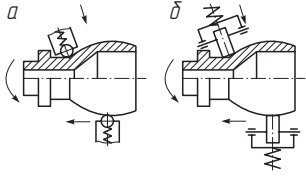
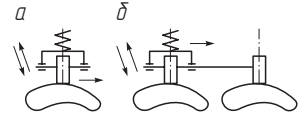
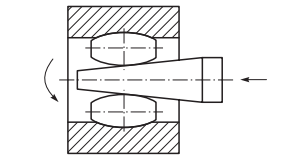
Способ обработки, используемый инструмент	Назначение	Обрабатываемые детали и их предельные размеры
Виброобкатывание торцовых поверхностей	Отделка, упрочнение	Диски, подпятники; $d$ и $l$ — не ограничивается
Обкатывание радиусных галтелей: роликом ( $a$ ); шаром ( $b$ ); шарами ( $b$ )	Отделка, упрочнение	Детали с галтелями и сферическими канавками; $r < 50$ мм
<i>Обработка профильных</i>		
Обкатывание профильных поверхностей роликом «вдавливанием»	Отделка	Детали — тела вращения, жесткие; $d < 50$ мм; $l < 30$ мм
Обкатывание сферических поверхностей двумя роликами «вдавливанием»	Отделка	Детали со сферическими поверхностями; $r$ — не ограничивается
Обкатывание между роликами по трем схемам ( $a$ , $b$ , $b$ )	Калибрование, отделка	Профильные валики; $d < 50$ мм; $l < 80$ мм

Продолжение прил. 3

Принципиальная схема	Достижимая точность IT	Шероховатость поверхности $Ra$ , мкм	Степень наклепа, % к исходной	Глубина наклепа $Ra$ , мкм
	Способ неразмерный	0,63...0,080	20...50	До 2 000
	Способ неразмерный	0,63...0,080 (а) 0,32...0,040 (б, в)	20...50	До 5 000
<i>поверхностей</i>				
	Способ неразмерный	0,63...0,16	15...20	До 200
	Способ неразмерный	0,63...0,080	15...20	До 300
	6...8	0,32...0,080	30...40	До 1 500

Способ обработки, используемый инструмент	Назначение	Обрабатываемые детали и их предельные размеры
Обкатывание профильных поверхностей «обводом»: шаром ( <i>a</i> ); роликом ( <i>b</i> )	Отделка, упрочнение	Детали — тела вращения, жесткие; $d - 50$ мм; $l$ — не ограничивается
Обкатывание шарообразных поверхностей «обводом»: шарами ( <i>a</i> ); роликом ( <i>b</i> )	Отделка	Детали с шарообразными поверхностями
Обкатывание профильных линейчатых поверхностей сферическим роликом: без копира ( <i>a</i> ); по копиру ( <i>b</i> )	Отделка, упрочнение	Детали типа пластин, лопаток; $l$ — не ограничивается
Обкатывание внутренних профильных поверхностей жестким многороликовым обкатником «вдавливанием»	Калибрование, отделка	Детали типа втулок; $d < 200$ мм; $l < 100$ мм

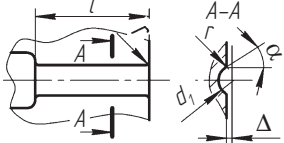
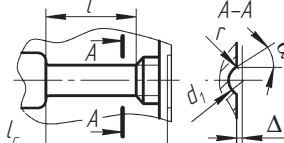
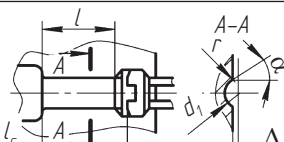
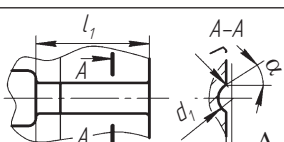
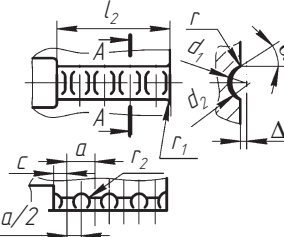
Окончание прил. 3

Принципиальная схема	Достигаемая точность IT	Шероховатость поверхности $Ra$ , мкм	Степень наклепа, % к исходной	Глубина наклепа $Ra$ , мкм
	7...8	0,63...0,16	20...40 (a) 15...20 (б)	До 500 (a) До 200 (a)
	Способ неразмерный	0,63...0,16	15...20	До 300
	Способ неразмерный	1,25...0,32	10...20	До 300
	9...11	1,25...0,32	15...20	До 200

## 4. Схема конструкции и размеры ручьев штампа

Таблица П4.1

## Схемы конструкций и размеры зажимной части ручья

Способ штамповки	Конструкция зажимной части ручья	Основные расчетные размеры, мм
<i>Гладкий ручей</i>		
С передним упором без пережима прутка		$d_1$ — номинальный диаметр прутка с учетом усадки с точностью до 0,1 мм. При штамповке с задним упором в штампе с задним упором в клещах $\Delta = 0$ , если установлен жесткий допуск на стержневую часть. При штамповке с задним упором размер $l$ принимают в зависимости от длины стержня $l_c$
С задним упором без пережима прутка		
С упор-клещами без пережима прутка		
С передним упором и пережимом прутка		
<i>Рифленый ручей</i>		
С передним упором без пережима прутка		$d_2 = d_1 - 2,5$ . В многоручьевом штампе зажимные пояски располагают в шахматном порядке, чтобы расстояния от оси первого пояска до переднего конца зажимной части ручья равнялись: в первом ручье $c$ ; во втором $c + a/2$ ; в третьем $c$ и т.д.



Окончание табл. П4.1

Способ штамповки	Конструкция зажимной части ручья	Основные расчетные размеры, мм
С передним упором и пережимом прутка		
С передним упором и поворотом заготовки, рассчитанной на изготовление двух поковок		

Размеры зажимной части ручья, мм

Диаметр прутка $d$	$\Delta$	$\alpha^\circ$	$r$	$r_r$	$l$	$l_2$	$l_3$	$a$	$b$	$c$
До 10	0,1		1,0	2	60	50	40	8	3	6
10...20	0,2	20	1,5	3	100	80	60	10	4	8
20...30	0,3	15	1,5	5	120	100	80	16	5	10
30...40	0,4		160		120	100	20	6	12	
40...50	0,5		2,5	200	160	25	8	16		
50...60	0,6	10	3,0	6	250	200	120	32	10	20
60...70	0,7				160	12	25			
70...80	0,8		3,5	10	320	250	36			

*Примечание:* 1. Размеры (кроме угла  $\alpha$ ) зажимной части ручья приведены в миллиметрах; угол  $\alpha$  — в градусах;  $l > l_1 \geq 0,7l$ ;  $b$  — ширина выступа рифления.

Таблица П4.2

## Схемы конструкций и размеры пережимной части ручья

Пережим	Конструкция пережимной части ручья	Основные расчетные размеры, мм
Первый		$d_1$ — номинальный диаметр прутка с учетом усадки; $d_0$ — номинальный диаметр отверстия поковки с учетом усадки или диаметр окончательного пережима заготовки (перед отделением от нее поковки боковым срезом). При $d_1/d_0 < 1,8$ применяют один предварительный пережим (второй); $h = d_0/2 - 0,3$ . При $d_1/d_0 < 1,8 \div 2,2$ применяют два предварительных прижима. При первом пережиме $h_1 = (d_1 + d_0)/4 - 0,3$ ; при втором пережиме $h = d_0/2 - 0,3$ $d_2 = d_0 - 0,5$
Второй (на отвал)		
Окончательный (на круг)		

Размеры пережимной части ручья, мм							
Диаметр прутка $d$	$D$	$B$	$a$	$b$	$\alpha$	$r$	$r_1$
До 20	60	25	3	20	20	4	1,5
Свыше 20 до 30	70	32	4	25	50	5	
Свыше 30 до 40	80	40	5	32	50	6	2,0
Свыше 40 до 50	100					8	2,5
Свыше 50 до 60	110	50	5	40	50	10	3,0
Свыше 60 до 70	120					12	
Свыше 70 до 80	140					16	

Примечание. Размеры (кроме угла  $\alpha$ ) пережимной части ручья приведены в миллиметрах, угол  $\alpha$  — в градусах.

Таблица П4.3

## Схемы конструкций и размеры подъемной части ручья

Конструкция подъемной части ручья	Основные расчетные размеры, мм
Без вставки 	$d_1$ — номинальный диаметр прутка с учетом усадки; $d_0$ — номинальный диаметр отверстия поковки с учетом усадки; $d_2 = d_0 - 0,5$ ; $D$ — диаметр вставки

Размеры подъемной части ручья, мм							
$d_2$	$D$	$B$	$a$	$b$	$r_1$	$r_2$	$\alpha^\circ$
До 20	$d_2 + (20...30)$	25	5	16	1,5	1,5	20
Свыше 20 до 30	с округлением до ближайшего диаметра по МН 1278–60	32	6	20		2,0	15
Свыше 30 до 40					2,0		
Свыше 40 до 50					2,5		
Свыше 50 до 60					3,0		
Свыше 60 до 80		50	8	32		2,5	

*Примечание.* Размеры (кроме угла  $\alpha$ ) подъемной части ручья приведены в миллиметрах, угол  $\alpha$  — в градусах.

Таблица П4.4

## Схемы конструкций и размеры наборной части ручья

Условия применения	Конструкция наборной части ручья	Основные расчетные размеры, мм
<i>Ручей в матрице</i>		
При внутреннем переднем упоре ( $d$ — диаметр прутка)		$l_B < (l_M + 10)$ ; $l_M = l_B + (5...10)$ ; $m = l_M - (l_B - 0,1d)$ ; $n = m + (10...20)$

Продолжение табл. П4.4

Условия применения	Конструкция наборной части ручья	Основные расчетные размеры, мм
При наружном переднем упоре		$D_n, l_n$ — размеры требуемого наборного перехода с учетом усадки; $l_b$ — высаживаемая длина прутка; $l_b > (l_m + 10)$ ; $D_m = D_n$ ; $D_n = D_m - 2\delta$ , $l_m = l_b - f$ , где $f \leq d$ , но не менее 5 мм; $l_n = l_z - (l_p + l_n)$
При заднем упоре		$l_m = l_b + (10 \dots 15)$
<i>Ручей в пуансоне</i>		
При направлении пуансона в матрице		$D_k, d_k$ и $l_k$ — размеры требуемого наборного перехода с учетом усадки; $D_n \geq D_k + 0,2(D_k + l_k) + 5$ применяют в трех случаях: при наборе металла в пуансоне с направлением пуансона в матрице; при условии, что наружный диаметр наборного пуансона значителен; при наборе металла в пуансоне и в матрице; $D_n \geq D_k + 0,1(D_k + l_k) + 5$ . При наборе металла в пуансоне, закрепленном в обойме; $D_m = D_n + 2\delta_1$ — при наборе металла в пуансоне с направлением

Продолжение табл. П4.4

Условия применения	Конструкция наборной части ручья	Основные расчетные размеры, мм
При значительном наружном диаметре		<p>пуансона в матрице и при наборе в пуансоне и матрице; <math>l_M \geq (l_B + 0,5d) - l_K</math> при направлении пуансона в матрице;</p> <p><math>l_M \geq (l_B + 0,5d) - (l_K + l_{1K})</math> при наборе в пуансоне и матрице; <math>a = 0,4 l_M</math>; если <math>0,4 l_M &lt; 15</math> мм, то <math>a = l_M</math></p> <p><math>l_{II} = l_z - (l_p + l_K + \delta_2)</math> при наборе в матрице и пуансоне</p>
При закреплении пуансона в обойме для обеспечения строгой соосности между частями ручья и матрицы		
<i>Ручей в пуансоне и матрице</i>		
При закреплении пуансона в обойме для обеспечения строгой соосности между частями ручья и матрицы		<p>Те же, что и для набора металла в пуансоне (кольцевой зазор между пуансоном и матрицей — <math>\delta_1</math>)</p>

Окончание табл. П4.4

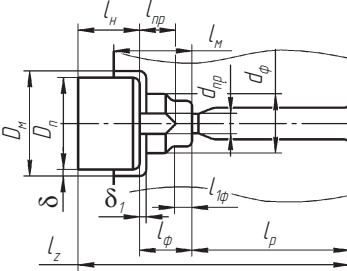
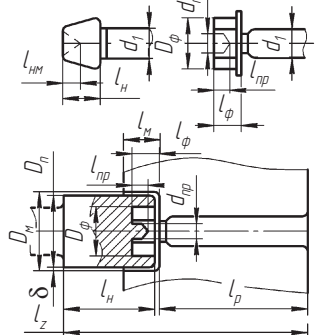
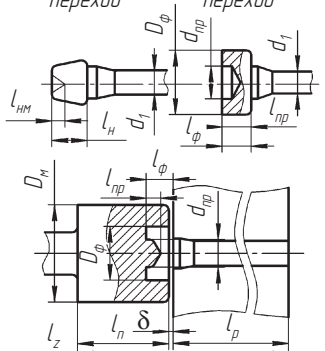
Размеры наборной части ручья, мм								
$D_n$ или $D_k$	$\delta$	$\delta_1$	$\delta_2$	$r$	$r_1$	$r_2$	$c$	$d_2$
До 50	0,3	0,6	2,5	3	2	2	2	3
Свыше 50 до 80	0,35	0,7	3,0	4	2	3	3	3
Свыше 80 до 100	0,4	0,8	3,5	5	3	3	3	4
Свыше 100 до 120	0,5	1,0	4,0	6	3	4	4	4
Свыше 120 до 160	0,6	1,2	5,0	8	4	5	5	5

Таблица П4.5

## Схемы конструкций и размеры формовочной части ручья

Условия применения	Конструкция формовочной части ручья	Основные расчетные размеры
<i>Формовочный ручей в матрице или в пуансоне</i>		
В закрытом ручье	<p><i>Наборный переход</i>      <i>Формовочный переход</i></p>	<p><math>l_n; l_{нм}</math> — размеры наборного перехода; <math>D_\phi; l_\phi; d_{пp}; l_{пp}</math> — размеры требуемого формовочного перехода;</p> <p><math>D_M = D_\phi; D_{II} = D_M - 2\delta;</math></p> <p><math>l_{II} = l_z - (l_p + l_\phi);</math></p> <p><math>l_M = (l_n + l_{пp} + 0,5d_1) - l_{нм}</math></p>
В открытом ручье	<p><i>Наборный переход</i>      <i>Формовочный переход</i></p>	<p><math>D_{II} = D_\phi + 2b;</math></p> <p><math>D_M = D_{II} + 2\delta;</math></p> <p><math>l_{II} = l_z - (l_p + l_\phi);</math></p> <p><math>l_M = (l_n + l_{пp} + 0,5d_1) - l_{нм}</math></p>

Продолжение табл. П4.5

Условия применения	Конструкция формовочной части ручья	Основные расчетные размеры
		
<i>Формовочный ручей в пуансоне</i>		
С направлением в матрице	<p style="text-align: center;"><i>Наборный переход</i>      <i>Формовочный переход</i></p> 	$D_{п} \geq D_{ф} + 0,4(D_{ф} + l_{ф}) + 10;$ $D_{м} = D_{п} + 2\delta;$ $l_{м} = (l_{н} + l_{пр} + 0,5d_1) - l_{нм};$ $l_{н} = (l_z - (l_p + \delta_1))$ <p>(<math>\delta_1</math> – торцевой зазор между пуансоном и матрицей)</p>
Без направления в матрице	<p style="text-align: center;"><i>Наборный переход</i>      <i>Формовочный переход</i></p> 	$D_{п} \geq D_{ф} + 0,4(D_{ф} + l_{ф}) + 10;$ $D_{м} = D_{п} + 2\delta;$ $l_{м} = (l_{н} + l_{пр} + 0,5d_1) - l_{нм};$ $l_{н} = (l_z - (l_p + \delta_1))$ <p>(<math>\delta_1</math> – торцевой зазор между пуансоном и матрицей)</p>

*Окончание табл. П4.5*

Размеры формовочной части ручья, мм					
$D_{\text{ф}}$	$\delta$	$\delta_1$	$c$	$b$	$r$
До 20	0,25	1,0	2	5	2
Свыше 20 до 50	0,3	1,2	2	7	3
Свыше 50 до 80	0,35	1,5	3	8	4
Свыше 80 до 100	0,4	1,7	3	10	5
Свыше 100 до 120	0,5	2,0	4	12	6
Свыше 120 до 160	0,6	2,5	5	14	8



Таблица П4.6

## Схемы конструкций и размеры пробивной части ручья

Способ изготовления поковки	Конструкция пробивной части ручья	Основные расчетные размеры
В открытом ручье с переходом жимом прутка		<p> <math>d_0, d_n; h_{1n}</math> — размеры поковки (формовочного перехода с учетом усадки); <math>t, b</math> — размеры заусенца;  <math>d_2 = d_0 + (1...2);</math>  <math>d_3 = d_n + es,</math>  где <math>es</math> — верхнее отклонение допуска на размер <math>d_{1n}</math>;  <math>d_4 = d_{1n} + es; d_5 = d_0;</math>  <math>d_6 = 1,01d_0 + 0,1;</math>  <math>d_7 = 1,02d_1 + 1;</math>  <math>d_8 = d_6 + 0,17b;</math>  <math>d_k = d_n + 3b + 5;</math>  <math>h_1 = h_{1n} + ei,</math>  где <math>ei</math> — нижнее отклонение допуска на размер <math>h_{1n}</math>;  <math>h_2 = h_{2n} - (5...10);</math>  <math>h_k = 10...15;</math>  <math>h_3 = 25...35;</math>  <math>l_1 = 0,3h_n + (10...20);</math>  <math>l_2 = (l_{np} - b_1) + 20;</math>  <math>l_n = (l_z - l_p) + (10...15);</math>  <math>r_1 = r_{1n} + (2...3);</math>  <math>r_2 = r_{2n} - (0,5...1);</math>  <math>r_3 = r_{3n} - 1;</math>  <math>r_4 = 2...3;</math>  <math>r_5 = 0,2h_3;</math>  <math>r_6 = 0,2h_k</math> </p>

Продолжение табл. П4.6

Способ изготовления поковки В открытом ручье с подъемом прутка	Конструкция пробивной части ручья	Основные расчетные размеры



Окончание табл. П4.6

Способ изготовления поковки	Конструкция пробивной части ручья	Основные расчетные размеры																																				
В закрытом ручье с подъемом прутка		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Размеры пробивной части ручья, мм</th> </tr> <tr> <th><math>d_0</math></th> <th><math>D</math></th> <th><math>B</math></th> <th><math>a</math></th> <th><math>a_1</math></th> <th><math>b_1</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>До 20</td> <td></td> <td>25</td> <td>3</td> <td>5</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Свыше 20 до 40</td> <td></td> <td>32</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>Свыше 40 до 60</td> <td></td> <td>40</td> <td>4</td> <td>7</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>Свыше 60 до 80</td> <td></td> <td>50</td> <td>5</td> <td>8</td> <td>40</td> </tr> </tbody> </table>	Размеры пробивной части ручья, мм						$d_0$	$D$	$B$	$a$	$a_1$	$b_1$	До 20		25	3	5	20	Свыше 20 до 40		32	4	6	25	Свыше 40 до 60		40	4	7	32	Свыше 60 до 80		50	5	8	40
Размеры пробивной части ручья, мм																																						
$d_0$	$D$	$B$	$a$	$a_1$	$b_1$																																	
До 20		25	3	5	20																																	
Свыше 20 до 40		32	4	6	25																																	
Свыше 40 до 60		40	4	7	32																																	
Свыше 60 до 80		50	5	8	40																																	

Таблица П4.7

## Схемы конструкций и размеры обрезной части ручья

Расположение заусенца на поковке На переднем торце	Конструкция обрезной части ручья	Основные расчетные размеры
		<p> <math>d_n, h_n, l_c</math> — размеры окончательного формовочного перепада с учетом усадки; <math>t, b</math> — размеры заусенца;  <math>d_2 = d_n + 0,5es</math>,  где <math>es</math> — верхнее отклонение допуска на размер <math>d_n</math>;  <math>d_3 = d_2 - 2\delta</math>,  где <math>\delta - d_4 = d_n + 3b + 5</math>; <math>d_5 = 1,01d_2</math> — округлять в большую сторону до 0,1;  <math>d_6 = d_2 + 0,17(B-a)</math>,  где <math>B</math> и <math>a</math> — размеры пробивной части ручья (см. выше);  <math>d_7 = 1,02d + 1</math>; <math>h = 0,1d_n + 10</math>; <math>h_1 = 5t</math>;  <math>h_2 = h_n + 20 - B</math>, но <math>h_2</math> должно быть менее 10; <math>l \geq d</math>;  <math>l_p = l + 0,5(d_6 - d_7) + h_2 + B</math>;  <math>l_n = (l_z - l_p) + (10 \dots 15)</math>  (<math>d_7</math> — диаметр направляющего отверстия) </p>



			<p> <math>d_2 = d_5 = d_{\text{ш}} + 0,5e_5</math>;  <math>h_1 = 5t</math>, но не более <math>0,5h_{\text{ш}}</math>;  <math>h = (h_{\text{ш}} - h_1) + 10</math>.          Значения зазора <math>\delta</math> для обрезающей части ручки в зависимости от диаметра поковки <math>d_{\text{ш}}</math>, мм:          До 20 — 0,3 мм;          Свыше 20 до 80 — 0,5 мм;          Свыше 80 до 160 — 0,8 мм;          Свыше 160 — 1,0 мм.       </p>
<p>На заднем торце*</p>			<p>Остальные параметры обрезающей части ручьев определяют так же, как и для случая расположения заусенца на переднем торце поковки.</p>

Таблица П4.8

**Размеры элементов отрезных ручьев для отрезки  
со сдвигом прутка за два перехода**

Подвижная матрица (гнездо под нож)		Неподвижная матрица (гнездо под нож)										
Диаметр заготовки с учетом усадки, мм	$D$	$B$	$a$	$b$	$h; d_2$	$h_1$	$h_3$	$d_3$	$d_4$	$r$		
	Поле допуска $h8$											
До 20	$(2,2...3,0)d_1$	$(1,0...1,4)d_1$	2	4	11	$r_1 + 6$	6	16	M10	3		
Свыше 20 до 40	$(2,2...3,0)d_1$	$(1,0...1,4)d_1$	3	5	13	$r_1 + 8$	8	19	M12	4		
Свыше 40 до 60	$(1,8...2,2)d_1$	$(0,7...1,0)d_1$	4	6	17	$r_1 + 10$	10	25	M16	5		

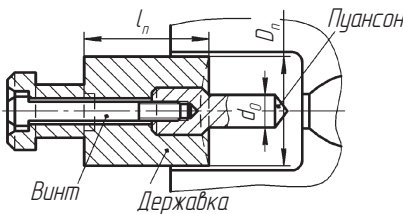
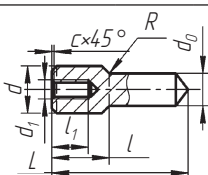
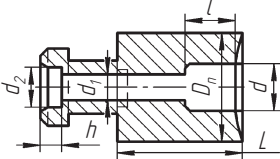
*Примечания:* 1.  $r_1 = 0,5d_1 + (1...2)$  мм,  $r_2 = r_1 + a$ . 2. Ручьи используют при отрезке прутков диаметром 30 мм. На первом переходе пруток надрезают, на втором — отрезают окончательно.



## 5. Схемы конструкций и размеры пуансонов

Таблица П5.1

Схемы конструкций сборных формовочных пуансонов  
и размеры конструктивных элементов

										
Пуансон		Державка								
										
Поле допуска $d_0 h6$		Поле допуска $d H7$								
Диаметр прошиваемого отверстия $d_0$ , мм	$d$	Пуансон				Державка				
		$d_1$	$l$	$l_1$	$c$	$R$	$d_1$	$d_2$	$l$	$h$
До 32	$d_0 + 3$	M16	40	25	1,5	$(d - d_0)/2$	17	26	42	16
Свыше 32 до 40	$d_0 + 4$	M20	50	32	2		21	32	52	20
Свыше 40 до 50	$d_0 + 5$						25	38		
Свыше 50 до 60	$d_0 + 6$	M24	80	36			25	38	63	85
Свыше 60 до 80	$d_0 + 8$									

Окончание табл. П5.1

Пуансоны			Державка							
Исполнение I			Исполнение II							
Поле допуска $d_0 h6$			Поле допуска $d H7$							
Диаметр пуансона $D_n$ , мм	$d$	А (дополнительное отклонение $\pm 0,1$ )	Пуансон				Державка			
			$d_1$	$l$	$l_1$	$c$	$d_1$	$d_2$	$l$	$h$
Свыше 80 до 100	50	32	M20	19	32	2	21	32	20	20
Свыше 100 до 120	60	40	M24	24	36	2	25	38	25	24
Свыше 120 до 160	80	50	M30	30	40	2,5	31	44	32	30

Примечание. а, б — сборные формовочные пуансоны, соответственно, для размеров  $D_n < 80$  мм,  $D_n = 80 \dots 160$  мм.

Таблица П5.2

**Схемы конструкций сборного пробивного пуансона  
и размеры (мм) конструктивных элементов**

			Поле допуска $D$ h8; $h^*$ — высота прошиваемой поковки; размер $l_n$ выбирают конструктивно											
Диаметр прошивочного отверстия $d_0$	$D$	$D_1$	$l$	$l_1$	$c$	$R$								
До 20	32	40	10	16	0,4	$(D - d_1)/2$								
Свыше 30 до 38	40	50	12	20										
Свыше 38 до 48	50	65	16	20	0,6									
Свыше 48 до 68	70	85												
Свыше 68 до 78	80	100	20											
Державка			Гайка											
Поле допуска $D$ H8														
Диаметр прошивочного отверстия $d_0$	$d$	Державка		Гайка					$t$	$b$	$b_1$	$c$		
		$d_1$	$l$	$d_1$	$D_1$	$D_2$	$L$	$l$					$l_1$	$l_2$
До 30	M48×3	43,5	55	48,6	80	60	70	45	14	60	8	20	6	2
Свыше 30 до 38	M60×4	54	65	60,8	90	70	80	50	18	65			8	3
Свыше 38 до 48	M76×4	70	75	76,8	110	90	100	60	22	80				3
Свыше 48 до 68	M95×4	89	85	95,8	130	110	110	70		90	10	25		
Свыше 68 до 78	M115×4	109	100	115,8	150	130	125	85	26	100				

Таблица П5.3

Схемы конструкций сборного обрезающего пуансона  
и размеры (мм) конструктивных элементов

Пуансон			Державка								
Поле допуска $d_0 h6$			Поле допуска $d H7$								
Диаметр пуансона $D_n$	$d$	$A$ (дополнительное отклонение $\pm 0,1$ )	Пуансон			Державка					
			$d_1$	$L$	$l$	$l_1$	$c$	$d_1$	$d_2$	$l$	$h$
Свыше 80 до 100	50	32	M20	54	19	32	2	21	32	20	22
Свыше 100 до 120	60	40	M24	58	24	36	2	25	38	25	26
Свыше 120 до 160	80	50	M30	62	30	40	2,5	31	44	32	32

# Литература

## Глава 1, 2

*Аверкиев, Ю.А.* Технология холодной штамповки / Ю.А. Аверкиев, А.Ю. Аверкиев. М. : Машиностроение, 1989.

*Богоявленский, К.Н.* Гидропластическая обработка металлов / К.Н. Богоявленский. Л. : Машиностроение, 1988.

*Гейнц, Д.* Холодное выдавливание стальных деталей / Д. Гейнц. М. : Машиностроение, 1963.

*Глазков, В.И.* Совершенствование формоизменяющих операций листовой штамповки / В.И. Глазков, М.Ф. Каширин. М. : Машиностроение, 1990.

*Горбунов, М.Н.* Технологии заготовительно-штамповочных работ в производстве самолетов / М.Н. Горбунов. М. : Машиностроение, 1981.

*Горловский, М.Б.* Справочник волочильщика проволоки / М.Б. Горловский. М. : Металлургия, 1970.

*Гредитор, М.А.* Давильные работы и ротационное выдавливание / М.А. Гредитор. М. : Машиностроение, 1971.

*Евстратов, В.А.* Основы технологии выдавливания и конструирования штампов / В.А. Евстратов. Харьков : Вища шк., 1987.

*Зубцов, М.Е.* Листовая штамповка / М.Е. Зубцов. Л. : Машиностроение, 1980.

*Ильин, Л.Н.* Технология листовой штамповки / Л.Н. Ильин, И.Е. Семенов, Дрофа, 2009.

*Клименков, С.С.* Обработывающий инструмент в машиностроении / С.С. Клименков. Минск : Новое знание; М. : ИНФРА-М, 2013.

*Ковалев, В.Г.* Технология листовой штамповки / В.Г. Ковалев, С.В. Ковалев. М. : Кнорус, 2010.

*Колташников, А.И.* Гидропрессование металлов / А.И. Колташников. М. : Металлургия, 1973.

*Король, В.К.* Основы технологии производства многослойных металлов / В.К. Король, М.С. Гильденгорн. М. : Металлургия, 1970.

*Короткевич, В.Г.* Проектирование инструмента для пластического деформирования / В.Г. Короткевич. Минск : Вышэйш. шк., 2000.

*Любченко, А.А.* Конструирование штампов и горячая листовая штамповка / А.А. Любченко. Л. : Машиностроение, 1974.

*Мещерин, В.Т.* Листовая штамповка. Атлас схем / В.Т. Мещерин. М. : Машиностроение, 1975.

*Мошкин, Е.Н.* Гибка, обтяжка и правка на прессах / Е.Н. Мошкин. М. : Машиностроение, 1959.

*Навроцкий, Г.А.* Холодная объемная штамповка : справочник / Г.А. Навроцкий. М. : Машиностроение, 1973.

*Нефедов, А.П.* Конструирование и изготовление штампов / А.П. Нефедов. М. : Машиностроение, 1973.

*Попов, Е.А.* Технология и автоматизация листовой штамповки / Е.А. Попов, В.Г. Ковалев, И.Н. Шубин. М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000.

Производство и применение гнутых профилей : справочник. М. : Металлургия, 1982.

Производство металлических слоистых композиционных материалов / А.Г. Кобелев [и др.]. М. : Интермет инжиниринг, 2002.

*Равин, А.Н.* Формообразующий инструмент для прессования и волочения профилей / А.Н. Равин. Минск : Наука и техника, 1988.

*Романовский, В.П.* Листовая штамповка : справочник / В.П. Романовский. М. : Машиностроение, 1987.

*Рудман, Л.И.* Наладка прессов для листовой штамповки : справочник / Л.И. Рудман. М. : Машиностроение, 1980.

*Рудман, Л.И.* Справочник конструктора штампов / Л.И. Рудман. М. : Машиностроение, 1988.

*Семенов, Е.И.* Холодная объемная штамповка : справочник / Е.И. Семенов. М. : Машиностроение, 1987.

Твердосплавные штампы / С.М. Хморя [и др.]. Харьков : Прапор, 1971.

Технологическая оснастка для холодной штамповки : каталог-справочник, 1967.

Технология холодной штамповки выдавливанием / В.А. Головин [и др.]. М. : Машиностроение, 1970.

*Шишков, Б.И.* Точная штамповка в приборостроении / Б.И. Шишков. Свердловск : Машиностроение, 1960.

*Шнейдер, Ю.Г.* Инструмент для чистовой обработки металлов давлением / Ю.Г. Шнейдер. Л. : Машиностроение, 1970.

### Глава 3

*Атрощенко, А.П.* Горячая штамповка труднодеформируемых материалов / А.П. Атрощенко. Л. : Машиностроение, 1979.

*Атрощенко, А.П.* Металлосберегающие технологии кузнечно-штамповочного производства / А.П. Атрощенко. Л. : Машиностроение, 1990.

*Бабенко, В.А.* Объемная штамповка. Атлас схем и типовых конструкций штампов / В.А. Бабенко. М. : Машиностроение, 1982.

*Белов, А.Ф.* Объемная штамповка тна гидравлических прессах / А.Ф. Белов. М. : Машиностроение, 1971.

*Бережной, В.Л.* Прессование с активным действием сил трения / В.Л. Бережной. М. : Металлургия, 1988.

*Береснев, Е.И.* Физические основы и практическое применение гидроэкструзии / Е.И. Береснев, К.И. Езерский, Е.В. Трушкин. М. : Наука, 1981.

*Богоявленский, К.Н.* Изготовление сложных полых деталей / К.Н. Богоявленский. Л. : Машиностроение, 1979.

*Выдрин, В.Н.* Производство фасонных профилей высокой точности / В.Н. Выдрин. М. : Машиностроение, 1977.

Горячее прессование труб и профилей / Ю.В. Манечин [и др.]. М. : Металлургия, 1980.

*Ерманок, М.З.* Прессование профилей из алюминиевых сплавов / М.З. Ерманок. М. : Металлургия, 1987.

*Жолобов, В.В.* Прессование металлов / В.В. Жолобов. М. : Металлургия, 1971.

*Зарапин, Ю.Л.* Производство композиционных материалов обработкой давлением : справочник / Ю.Л. Зарапин, Н.А. Чигенов, Н.Г. Чернилевская. М. : Металлургия, 1999.

*Клименков, С.С.* Проектирование и производство заготовок в машиностроении / С.С. Клименков. Минск : Техноперспектива, 2008.

*Клушин, В.А.* Совершенствование поперечно-клиновой прокатки / В.А. Клушин. Минск : Наука и техника, 1980.

*Колпашников, А.И.* Горячее гидропрессование металлических материалов / А.И. Колпашников. М. : Машиностроение, 1977.

*Любченко, А.А.* Конструирование штампов и горячая листовая штамповка / А.А. Любченко. Л. : Машиностроение, 1974.

*Медведев, М.И.* Совершенствование процесса прессования труб / М.И. Медведев. М. : Металлургия, 1988.

Новые процессы деформации металлов и сплавов / А.П. Коликов [и др.]. М. : Высш. шк., 1986.

*Охрименко, Я.М.* Технологии кузнечно-штамповочного производства / Я.М. Охрименко. М. : Машиностроение, 1966.

*Пейтон, Н.Е.* Сверх-пластическая формовка конструкционных сплавов / Н.Е. Пейтон. М. : Металлургия, 1985.

Прессование тяжелых цветных сплавов / Ю.Ф. Шевакин [и др.]. М. : Машиностроение, 1983.

*Семендий, В.И.* Прогрессивные технологии, оборудование и автоматизация кузнечно-штамповочного производства КамАЗа / В.И. Семендий. М. : Машиностроение, 1989.

*Скрябин, Р.А.* Профилирование заготовок на ковочных вальцах / Р.А. Скрябин. М. : Машиностроение, 1988.

*Смирнов, В.К.* Горячая вальцовка заготовок / В.К. Смирнов. М. : Машиностроение, 1980.

*Соловцов, С.С.* Безотходная разрезка сортового проката в штампах / С.С. Соловцов. М. : Машиностроение, 1985.

*Сторожев, М.В.* Ковка и объемная штамповка стали : справочник / М.В. Сторожев. М. : Машиностроение, 1968.

*Тылкин, М.А.* Штампы для горячего деформирования металлов / М.А. Тылкин. М. : Высш. шк., 1977.

*Эдуардов, М.С.* Штамповка в закрытых штампах / М.С. Эдуардов. Л. : Машиностроение, 1971.

#### Глава 4

*Бакуль, В.Н.* Основы проектирования и технология изготовления абразивного инструмента / В.Н. Бакуль. М. : Машиностроение, 1975.

*Белов, С.В.* Пористые проницаемые материалы : справочник / С.В. Белов. М. : Машиностроение, 1981.

*Джеймс, П.Д.* Процессы изостатического прессования / П.Д. Джеймс. М. : Metallurgia, 1990.

*Дмитриев, А.М.* Прогрессивные технологические процессы штамповки деталей из порошков и оборудование / А.М. Дмитриев. М. : Машиностроение, 1991.

*Дорофеев, Ю.Г.* Конструкционные порошковые материалы и изделия / Ю.Г. Дорофеев, Л.Г. Мариненко, В.И. Устименко. М. : Metallurgia, 1986.

*Кипарисов, С.С.* Оборудование предприятий порошковых металлургии / С.С. Кипарисов. М. : Metallurgia, 1988.

*Либейсон, Г.А.* Основы порошковой металлургии / Г.А. Либейсон. М. : Metallurgia, 1987.

*Мошков, А.Д.* Пористые антифрикционные материалы / А.Д. Мошков. М. : Машиностроение, 1968.

Оборудование и оснастка для формирования порошковых материалов, Л.И. Клячко [и др.]. М. : Metallurgia, 1986.

Порошковая металлургия и напыление покрытий / В.Н. Анциферов [и др.]. Л. : Metallurgia, 1987.

Порошковая металлургия : справочник / И.М. Федорченко [и др.]. Киев : Наук. думка, 1985.

*Реут, О.П.* Сухое изостатическое прессование уплотняемых материалов / О.П. Реут. Минск : Вышэйш. шк., 1998.

*Роман, О.В.* Порошковая металлургия — безотходная энергосберегающая технология / О.В. Роман. Минск : Беларусь, 1986.

*Степанчук, Л.Н.* Технология порошковой металлургии / Л.Н. Степанчук. Киев : Выща шк., 1989.

*Шатт, В.* Порошковая металлургия / В. Шатт. М. : Metallurgia, 1983.

#### Глава 5

*Белопухов, А.К.* Технологические режимы литья под давлением / А.К. Белопухов. М. : Машиностроение, 1985.



*Виноградов, В.М.* Литейные формы для цветных сплавов / В.М. Виноградов. М. : Машиностроение, 1981.

*Гиршович, Н.Г.* Справочник по чугунному литью / Н.Г. Гиршович. Л. : Машиностроение, 1978.

*Горюнов, И.И.* Пресс-форма для литья под давлением / И.И. Горюнов. Л. : Машиностроение, 1973.

*Ефимов, В.Л.* Специальные способы литья : справочник / В.Л. Ефимов. М. : Машиностроение, 1991.

*Курдюмов, А.В.* Производство отливок из сплавов цветных металлов / А.В. Курдюмов. М. : МИСИС, 1966.

*Липницкий, А.М.* Литье в металлические формы / А.М. Липницкий. М. : Машиностроение, 1969.

Литье под давлением / М.Б. Беккер [и др.]. М. : Машиностроение, 1990.

*Паращенко, В.М.* Технология литья под давлением / В.М. Паращенко. М. : Металлургия, 1987.

*Сосненко, К.Н.* Современные литейные формы / К.Н. Сосненко. М. : Машиностроение, 1967.

Цветное литье : справочник / Н.Н. Галдин [и др.]. М. : Машиностроение, 1989.

## Глава 6

*Видгоф, Н.Б.* Основы конструирования литьевых форм для термопластов / Н.Б. Видгоф. М. : Машиностроение, 1979.

*Гастров, Д.* Конструирование литьевых форм / Д. Гастров. СПб. : Профессия, 2006.

*Глухов, Е.Е.* Конструирование пластмассовых изделий и формирующего инструмента / Е.Е. Глухов. М. : Машиностроение, 1977.

*Демин, Е.Н.* Справочник по пресс-формам / Е.Н. Демин. Л. : Лениздат, 1967.

*Дубов, К.Х.* Литьевые формы для деталей из термопластов : каталог-справочник / К.Х. Дубов. М. : Машиностроение, 1978.

*Завгородний, В.К.* Оборудование предприятий по переработке пластмасс / В.К. Завгородний. Л. : Химия, 1972.

Как делать литьевые формы / Г.И. Менгес [и др.]. СПб. : Профессия, 2006.

*Калинчев, Э.Л.* Оборудование для литья пластмасс под давлением / Э.Л. Калинчев. М. : Машиностроение, 1985.

*Лапшин, В.В.* Основы переработки термопластов литьем под давлением / В.В. Лапшин. М. : Химия, 1974.

Литье пластмасс под давлением / Т. Освальд [и др.]. СПб. : Профессия, 2006.

*Микаэли, В.* Экструзионные головки для пластмасс и резины / В. Микаэли. СПб. : Профессия, 2007.

*Пантелеев, А.П.* Справочник по проектированию оснастки для переработки пластмасс / А.П. Пантелеев, Ю.М. Шемцов, И.А. Горячев. М. : Машиностроение, 1986.

Расчет и конструирование формующего инструмента для изделий из полимерных материалов / Н.И. Басов [и др.]. М. :Химия, 1991.

*Филатов, В.И.* Технологическая подготовка процессов формирования изделий из пластмасс / В.И. Филатов, В.Д. Корсаков. Л. : Политехника, 1991.

*Учебное издание*

*Высшее образование*

**Клименков** Степан Степанович

# **ФОРМООБРАЗУЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ В МАШИНОСТРОЕНИИ. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ**

Учебное пособие

Ведущий редактор	С.В. Исаенко
Редактор	Т.Р. Джум
Художник обложки	С.В. Ковалевский
Компьютерная верстка	С.И. Лученок
Корректоры	Г.М. Климович, Ю. Кириллова

Оригинал-макет подготовлен ООО «Новое знание»

Формат 60×90 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Гарнитура Петербург.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 42. Уч.-изд. л. 36,72.

Общество с ограниченной ответственностью «Новое знание».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/276 от 04.04.2014.

Пр. Пушкина, д. 15, ком. 16, Минск, Республика Беларусь.

Почтовый адрес: а/я 79, 220050, Минск, Республика Беларусь.

Телефон/факс: (10-375-17) 211-50-38

E-mail: nk@wnk.biz

<http://wnk.biz>