

115 Т. 53-64-39 1/15 25.03.94

ЛИСТОК СРОКА ВОЗВРАТА

КНИГА ДОЛЖНА БЫТЬ
ВОЗВРАЩЕНА НЕ ПОЗЖЕ
УКАЗАННОГО ЗДЕСЬ СРОКА

Копия пред. выдан

24/04-333 2 502-1090

13/11/94 13
1503-5155 204 645

14.01.94

паспорт
раньше
перепл

11.02.94

5.03.94

Ю. Л. Поляков

✓

ЛИСТОВАЯ
ШТАМПОВКА
ЛЕГИРОВАННЫХ
СПЛАВОВ

296.137

БИБЛИОТЕКА
ВАВКОМА
Камаза 1



ББК 34.62
П54
УДК 621.98.043:669.15-194

Поляков Ю. Л.

П54 Листовая штамповка легированных сплавов. — М.: Машиностроение, 1980. — 96 с., ил.

35 к.

В книге описан производственный опыт листовой штамповки деталей из различных легированных сталей и сплавов, даны рекомендации по конструированию штампов и подбору материалов для их изготовления, приведены типовые конструкции штампов и технологических процессов. Рассмотрено применение полуретана и пластических масс в конструкциях штампов.

Книга предназначена для инженерно-технических работников, занятых в области холодной листовой штамповки.

П 31205-092 92-80 2704030000
038(01)-80

ББК 34.62
6П4.2

ИБ № 832

Поляков Юлий Львович

ЛИСТОВАЯ ШТАМПОВКА ЛЕГИРОВАННЫХ СПЛАВОВ

Редактор *Г. Н. Соболева*
Художественный редактор *С. С. Водчиц*
Технический редактор *Н. М. Михайлова*
Корректор *Л. А. Ягупьева*
Обложка художника *Л. С. Вендрова*

Сдано в набор 21.04.80. Подписано к печати 24.06.80. Т-13301. Формат 60×90¹/₁₆.
Бумага типографская № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 6.
Уч.-изд. л. 6,1. Тираж 6000 экз. Заказ 1415. Цена 35 к.

Издательство «Машиностроение». 107076, Москва, Б-76, Стромьинский пер., 4.

Московская типография № 6 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 109088, Москва, Ж-88,
Южнопортовая ул., 24.

© Издательство «Машиностроение», 1980 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Листовая штамповка является широко распространенным и наиболее прогрессивным способом обработки металлов. Применяя в качестве исходной заготовки лист, полосу, ленту, штамповкой изготавливают различные заготовки и детали.

Листовую штамповку легированных сплавов используют в автомобильной, авиационной, приборостроительной и других отраслях промышленности.

Применение листовой штамповки в промышленности имеет следующие преимущества: минимальную металлоемкость; высокую производительность; возможность получения сложных по форме деталей; хорошее качество и высокую точность штампуемых изделий, что исключает или сводит к минимуму обработку резанием; не требуется рабочая сила высокой квалификации; низкую себестоимость изделий.

Прогресс в области холодной листовой штамповки достигнут благодаря работам советских и зарубежных ученых А. Н. Малова, В. Т. Мещерина, В. П. Романовского, Л. А. Шофмана, Б. П. Звороно, Е. И. Исаченкова, М. Н. Горбунова, Г. Зака, Э. Зибеля и др. В этих работах рассмотрены технологические процессы и конструкции штампов применительно к штамповке углеродистых и некоторых алюминиевых сплавов.

В связи с развитием техники в различных отраслях промышленности начинают применять детали, изготовленные из листовых высокопрочных конструкционных материалов — высоколегированных сталей, коррозионно-стойких, жаростойких, жаропрочных и титановых сплавов. Штамповка этих материалов в отличие от штамповки углеродистых сталей и алюминиевых сплавов имеет следующие особенности:

- 1) повышенное усилие деформирования;
- 2) более высокую допустимую степень деформации;
- 3) увеличенный угол упругой отдачи;
- 4) необходимость межоперационной термической обработки;
- 5) налипание штампуемого материала на рабочие поверхности штампа и, как следствие, появление рисок и надиров на поверхности штампуемых деталей;
- 6) необходимость защитных покрытий штампуемого материала во избежание рисок и надиров при штамповке;

7) нагрев заготовок при штамповке титановых и некоторых других марок сплавов;

8) недостаточную стойкость штампов.

В то же время большинство легированных сталей и сплавов обладает по сравнению с углеродистыми сталями и алюминиевыми сплавами более высокими технологическими и физико-механическими свойствами, что позволяет изготавливать из них детали сложной формы из листа минимальной толщины.

В технической литературе недостаточно освещены вопросы штамповки легированных сталей и сплавов. Немногочисленные работы в этой области в основном посвящены теоретическим разработкам и почти не касаются практической стороны вопроса.

В связи с этим технологи и конструкторы вынуждены при разработке технологических процессов и конструировании штампов для листовой штамповки легированных сталей и сплавов полагаться на личный производственный опыт, что часто приводит к ошибочным решениям. Это задерживает освоение и выпуск новых изделий, увеличивает их трудоемкость и стоимость.

В предлагаемой работе сделана попытка обобщить производственный опыт листовой штамповки конкретных деталей из различных легированных сталей и сплавов.

1. ВЫРУБКА И ПРОБИВКА

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА

Процесс вырубки и пробивки состоит из нескольких последовательных деформаций: изгиба, сжатия и скалывания. Последняя является определяющей. Эти деформации происходят под действием усилия пресса, которое вызывает неравномерное распределение напряжений. Максимальные напряжения располагаются у режущих кромок. Когда пластические деформации — изгиб и сжатие достигают определенной величины, образуется зона скалывания с макро- и микротрещинами, направленными от режущих кромок пуансона и матрицы. При правильно выбранном зазоре направление трещин совпадает, в результате образуется мгновенная зона излома, что приводит к разделению материала. При малом зазоре направление трещин не совпадает. Качество поверхности среза резко ухудшается.

После вырубки и пробивки листовая деталь имеет неправильную геометрическую форму.

Изгиб приводит к неплоскостности, сжатие — к скруглению по контуру или отверстию детали и ее утолщению. В результате скалывания контур детали принимает коническую форму.

При вырубке и пробивке деталей из легированных сплавов, особенно из хромоникелевых, усилие должно быть на 20—40% больше по сравнению с усилием, потребным для вырубки деталей из углеродистых сталей. Это объясняется повышенными пределом прочности при растяжении легированных сталей (табл. 1) и сопротивлением срезу, равным $\sim 0,8 \sigma_{\text{в}}$.

Повышенное сопротивление срезу требует особого подхода к проектированию разделительных штампов для легированных сплавов.

Рекомендации по проектированию. При проектировании разделительных штампов для вырубки и пробивки легированных сплавов рекомендуется обращать внимание на следующие обстоятельства.

1. Для уменьшения усилия вырубки и пробивки применять штампы со скошенными режущими кромками или разновысокими пуансонами; при вырубке контура скос выполнять на матрице, при пробивке отверстия — на пуансоне.

2. Матрицы и пуансоны средних и крупногабаритных штампов выполнять секционными; небольшой размер секций обеспечивает их хорошую проковку и минимальную деформацию при

Таблица 1. Механические свойства коррозионно-стойких, окалиностойких, кислотоупорных и жаропрочных сталей и сплавов [4]

Материал	Состояние	σ_B	$\sigma_{0,2}$	$\frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_B}$	δ_{10}	ψ
		кгс/мм ²				
Хромистые стали Стали и сплавы на никелевой и хромо- никелевой основе (за исключением X15H9Ю и X17H5M3)	Мягкие	40—80	18—45	0,5—0,6	15—35	45—65
	»	60—90	25—45	0,45—0,48	36—65	50—75
Стали X15H9Ю и X17H5M3	Нагартован- ные на 15—20%	80—110	50—75	0,65—0,7	15—30	40—50
	Мягкие	90—110	≤40	0,25—0,35	25—35	45—65
Титановые сплавы	Нагартован- ные на 20—30%	110—138	70—80	0,55—0,65	10—20	25—40
	Мягкие	45—110	38—110	0,8—0,9	—	20—55

термической обработке; секционные пуансоны и матрицы облегчают ремонт штампа, который сводится к замене вышедших из строя секций.

3. Штампы, устанавливаемые на прессы без выталкивающих устройств, снабжать клиновыми выталкивателями.

4. В штампах для пробивки отверстий, в которых усилие съема изделия с пуансонов достаточно велико, применять полужесткий съемник.

5. В штампах для пробивки отверстий, устанавливаемых на прессы, подштамповые плиты которых не имеют отверстия или размер его недостаточен, применять способ «смятия» отхода.

6. В штампах для пробивки отверстий между пуансоном и плитой устанавливать подкладную пластину, предотвращающую вдавливание закаленной головки пуансона в более мягкую плиту. Необходимость подкладной пластины определяют по напряжению сжатия, которому подвергается пуансон:

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{F},$$

где P — усилие пробивки, кгс; F — площадь поперечного сечения головки пуансона, мм².

Для круглых пуансонов напряжение сжатия определяют по формуле

$$\sigma_{сж} = \frac{4S\sigma_{ср}}{d},$$

где S — толщина материала, мм; d — диаметр головки пуансона, мм.

Подкладную пластину применяют в том случае, когда напряжение сжатия >18 кгс/мм², а также если диаметр головки пуансона меньше четырех толщин штампуемого материала. Оптимальные результаты получаются при изготовлении подкладной пластины из металла с пределом прочности при растяжении ~ 65 кгс/мм² в состоянии поставки. Толщина подкладной пластины обусловлена толщиной штампуемого материала. При толщине материала <2 мм толщина подкладной пластины 3—4 мм, а при толщине материала >2 мм — 6—8 мм. Из этих же соображений подкладные пластины применяют и для втулочных матриц.

7. При пробивке отверстий толщина пуансонодержателя должна быть 1,5 диаметра посадочной части пуансона.

8. Диаметр болтов для крепления жесткого съемника и пуансонодержателя рассчитывают, исходя из усилия съема изделия с пуансона, которое составляет 0,05—0,1 усилия пробивки. Диаметр штифтов выбирают равным наружному диаметру винтов.

Зазоры между пуансоном и матрицей при вырубке и пробивке.

Правильное назначение зазоров между пуансоном и матрицей при вырубке и пробивке обеспечивает получение качественной поверхности среза штампуемой детали. Двусторонние зазоры при вырубке и пробивке приведены в табл. 2.

Таблица 2. Допустимые зазоры (в мм) между пуансоном и матрицей в вырубных и дыропробивных штампах для металлов [4]

Толщина штампуемого металла, мм	Коррозионно-стойкие стали аустенитного класса	Хромоникелевые стали	Титановые сплавы
0,1—0,25	0,005—0,02	0,006—0,014	0,006—0,01
0,25—0,5	0,04—0,1	0,015—0,035	0,015—0,025
0,5—1,0	0,04—0,1	0,030—0,070	0,030—0,050
1,0—1,8	0,04—0,11	0,06—0,140	0,060—0,10
1,8—3,0	0,03—0,10	0,108—0,250	0,108—0,18
3,0—5,0	0,03—0,12	0,30—0,70	0,30—0,50

Детали толщиной $<0,2$ мм получают на штампах, не имеющих зазора, что достигается прошивкой незакаленного пуансона через закаленную матрицу или наоборот. При вырубке детали по контуру зазор назначают за счет уменьшения размеров пуансона. При этом размеры матрицы принимают равными наименьшим предельным размерам детали. При пробивке отверстия зазор получают благодаря увеличению размеров матрицы.

КОНСТРУКЦИИ ШТАМПОВ

Штамп вырубной с секционной матрицей. Штамп предназначен для вырубки детали толщиной 3 мм из сплава ХН60В (рис. 1).

В нижней плите 9 предусмотрено углубление для установки секционной матрицы 8. Его глубина равна $\frac{2}{3}$ высоты матрицы. Две взаимно перпендикулярные стенки углубления выполнены под углом 90° к основанию плиты, две другие — под углом 15° . Собранный в замок секционную матрицу устанавливают в углубление. Две ее боковые плоскости опираются на вертикальные стенки плиты, две другие поджимаются клиньями 7 с помощью болтов, которые на рис. 1 условно не показаны. После центрирования матрицы и проверки равномерности зазора между пуансоном и матрицей секции матрицы штифтуяют и закрепляют к нижней плите болтами с внутренним шестигранником. Режущая поверхность пуансона также выполнена из секций 10. Каждую секцию крепят к корпусу 5 двумя винтами и штифтами. Корпус пуансона запрессован в державку 4, установленную на верхней плите 1. Полоса с пуансона снимается съемником 6 с помощью резинового буфера 11. Штамп имеет направляющие втулки 2 и колонки 3.

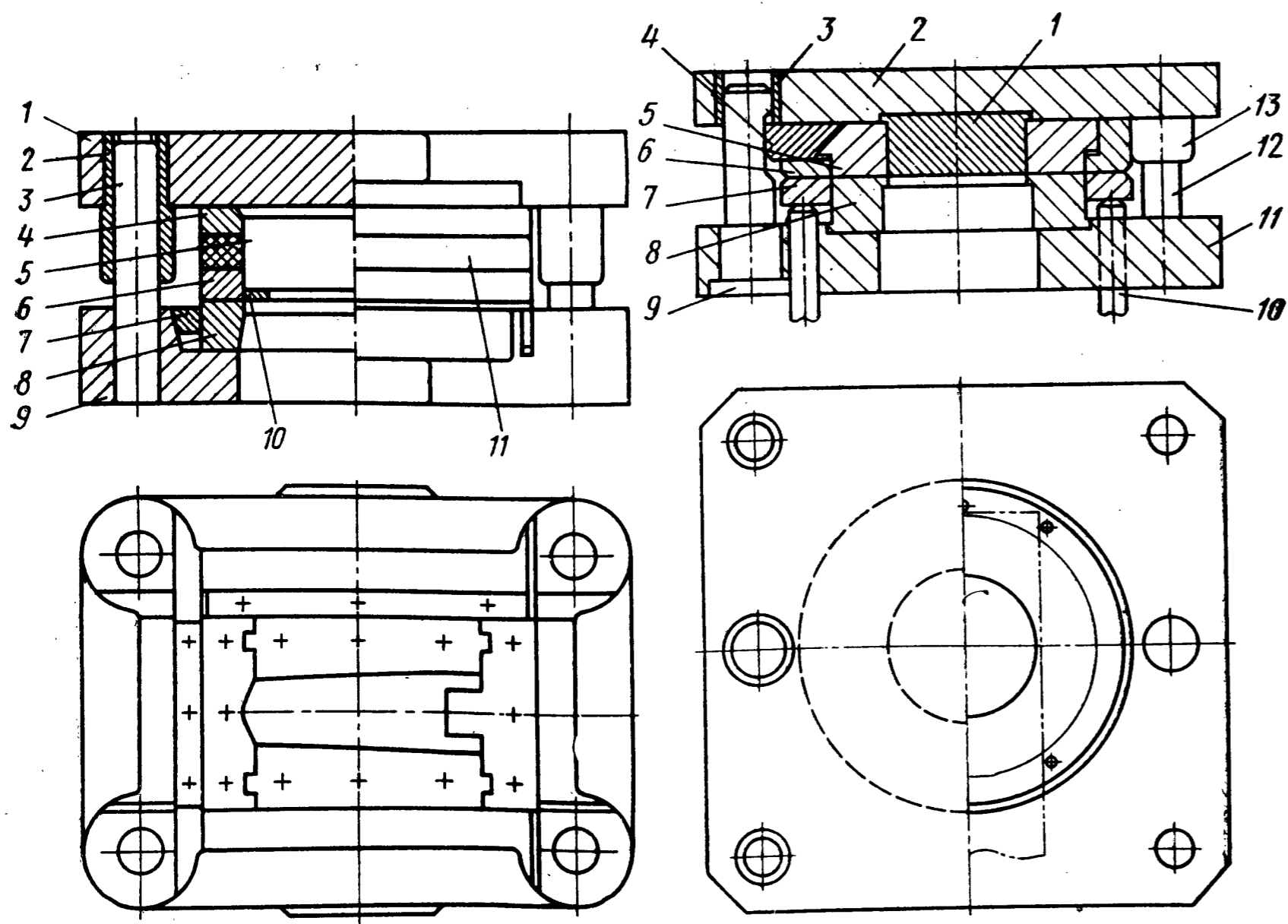


Рис. 1. Штамп вырубной с секционной матрицей

Рис. 2. Штамп совмещенного действия с клиновым выталкивателем

Штамп совмещенного действия с клиновым выталкивателем. При вырубке деталей из толстолистовых и высокопрочных материалов или их пробивке выталкивающие устройства пресов и штампов не всегда обеспечивают надежное выталкивание детали из матрицы, что снижает производительность труда и уменьшает стойкость штампов. Штамп с клиновым выталкивателем, показавший при эксплуатации надежную работу, приведен на рис. 2.

На штампе вырубает заготовки диаметром 350 мм, толщиной 3 мм из сплава 14Х17Н2.

Узел клинового выталкивателя состоит из собственно выталкивателя 5 и клиньев 4, расположенных в пазах матрицы 6. Одна сторона клина со скосом под углом 45° опирается на скос выталкивателя, а вторая — на вертикальные площадки специальных колонок 9, установленных в плите 11. Колонки направляются втулками 3, запрессованными в верхнюю плиту 2. Это направление создает дополнительную опору и обеспечивает минимальный прогиб колонок во время работы выталкивателя. Диаметр колонок рассчитывают как балку, жестко закрепленную на двух опорах, а их длину выбирают такой, чтобы колонки не выходили из втулок 3 до окончания процесса выталкивания.

При ходе ползуна пресса вверх клинья 4, двигаясь по скосам колонок 9, создают на скосе выталкивателя 5 усилие, под действием которого выталкивается деталь из матрицы. Штампующая полоса снимается с пуансон-матрицы 8 съемником 7, работающим от шпилек 10, установленных на прижимном устройстве пресса. Штамп имеет пуансон 1, а также направляющие колонки 12 и втулки 13.

Специальные колонки 9, клинья 4 и выталкиватель 5 изготовляют из стали 9ХС и закалывают до $HRC\ 56-60$. Для правильной ориентации колонок относительно клиньев в нижнюю плиту их устанавливают по посадке G или T и крепят винтами.

Дыропробивной штамп с полужестким съемником. При пробивке семи отверстий в детали толщиной 1,5 мм из сплава ХН75МБТЮ требуется большое усилие для съема ее с пуансонов, поэтому применяют штамп с полужестким съемником (рис. 3).

Полужесткий съемник состоит из плиты съемника 8, в которую запрессованы втулки 7. Съемник направляется колонками 12, установленными в нижнюю плиту 11. В открытом положении штампа съемник удерживается пружинами 10, что создает возможность укладки заготовки на матрицу 9. Расстояние между матрицей и съемником регулируют гайками 13. При рабочем ходе ползуна пресса пуансоны 2 и 3 пробивают отверстия, а плита съемника 8, прижимаясь к поверхности детали, выравнивает ее поверхность. При обратном ходе ползуна пресса съемник возвращается в исходное положение. Деталь вместе с пуансонами поднимается вверх и, дойдя до

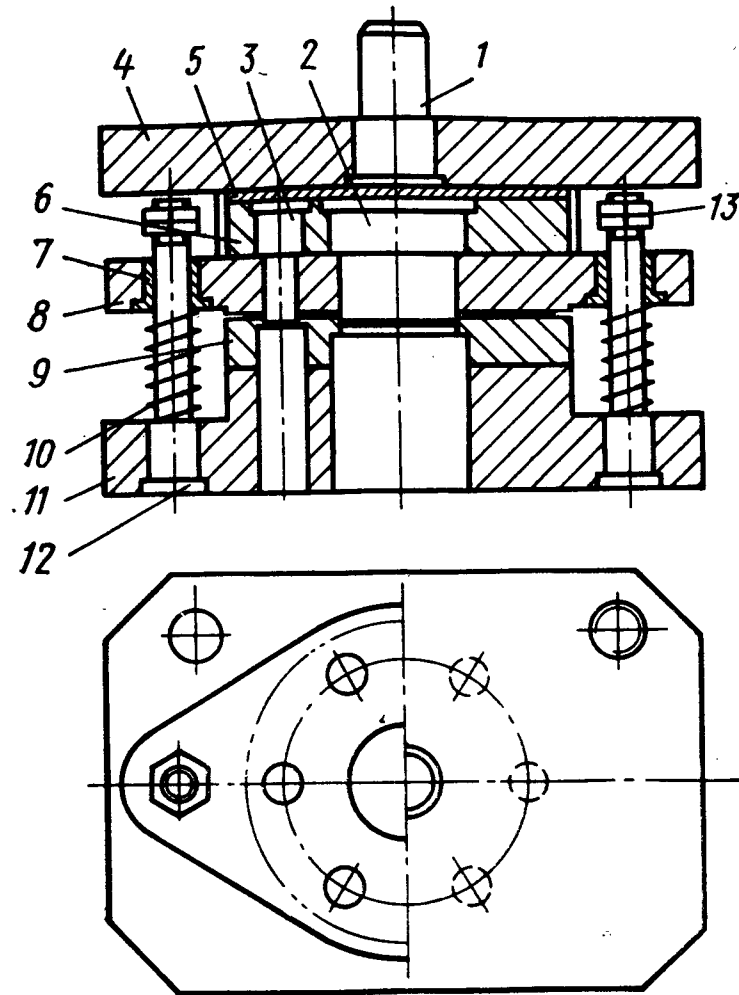


Рис. 3. Штамп дыропробивной с полужестким съемником

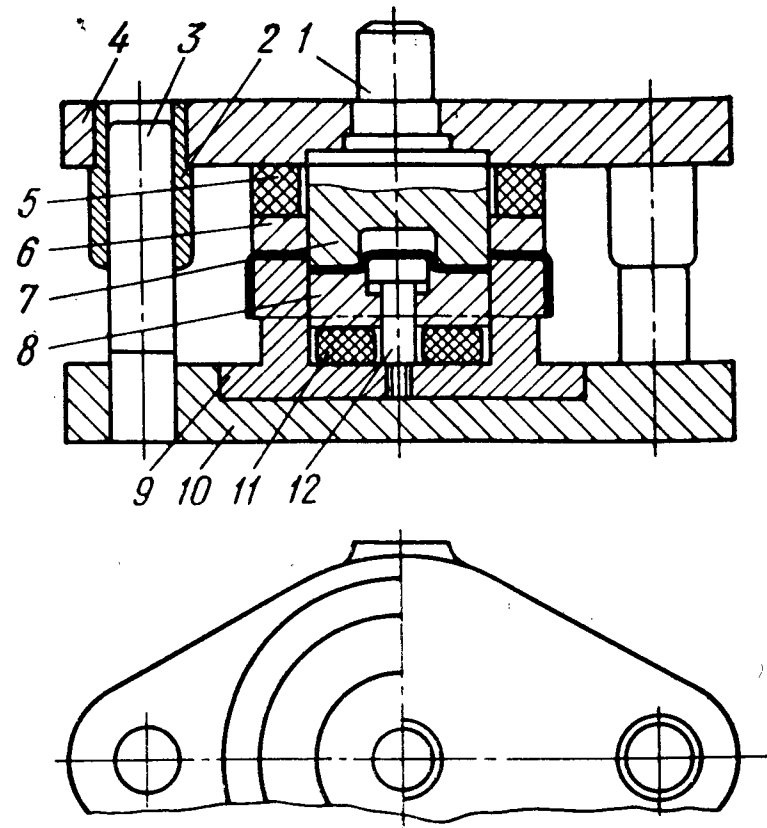


Рис. 4. Штамп для пробивки отверстия в чашке

плоскости плиты съемника 8, снимается с пуансонов. Пуансоны 2 и 3 запрессованы в пуансонодержатель 6, смонтированный на верхней плите 4. Прокладка 5 предотвращает смятие верхней плиты. К ползуну пресса штамп крепится хвостовиком 1. При заточке пуансонов плиту съемника 8 шлифуют на ту же величину.

Штамп для пробивки отверстия в чашке. Конструкция штампа обеспечивает уменьшение усилия выталкивания отхода из матрицы путем уменьшения диаметра отхода после пробивки отверстия. Штамп такой конструкции применяют в тех случаях, когда в подштамповой плите пресса нет провального отверстия, размер провального отверстия меньше, чем диаметр отхода, закрытая высота пресса не позволяет увеличить толщину нижней плиты штампа и сделать в ней паз для извлечения отхода.

В основу конструкции штампа (рис. 4) положен стандартный блок, состоящий из верхней 4 и нижней 10 плит, направляющих колонок 3, втулок 2 и хвостовика 1. Пуансон-матрица 7, съемник 6 с буфером 5 установлены на верхней плите. На нижней плите смонтированы матрица 9, выталкиватель 8, буфер 11 и пуансон 12.

После пробивки отверстия отход падает на пуансон 12, верхняя плоскость которого находится на 3—5 мм ниже зеркала вырубной матрицы. При дальнейшем ходе ползуна пресса вниз пуансон 12 совместно с пуансоном-матрицей 7 вытягивает в центре отхода цилиндрическое углубление, вследствие чего диа-

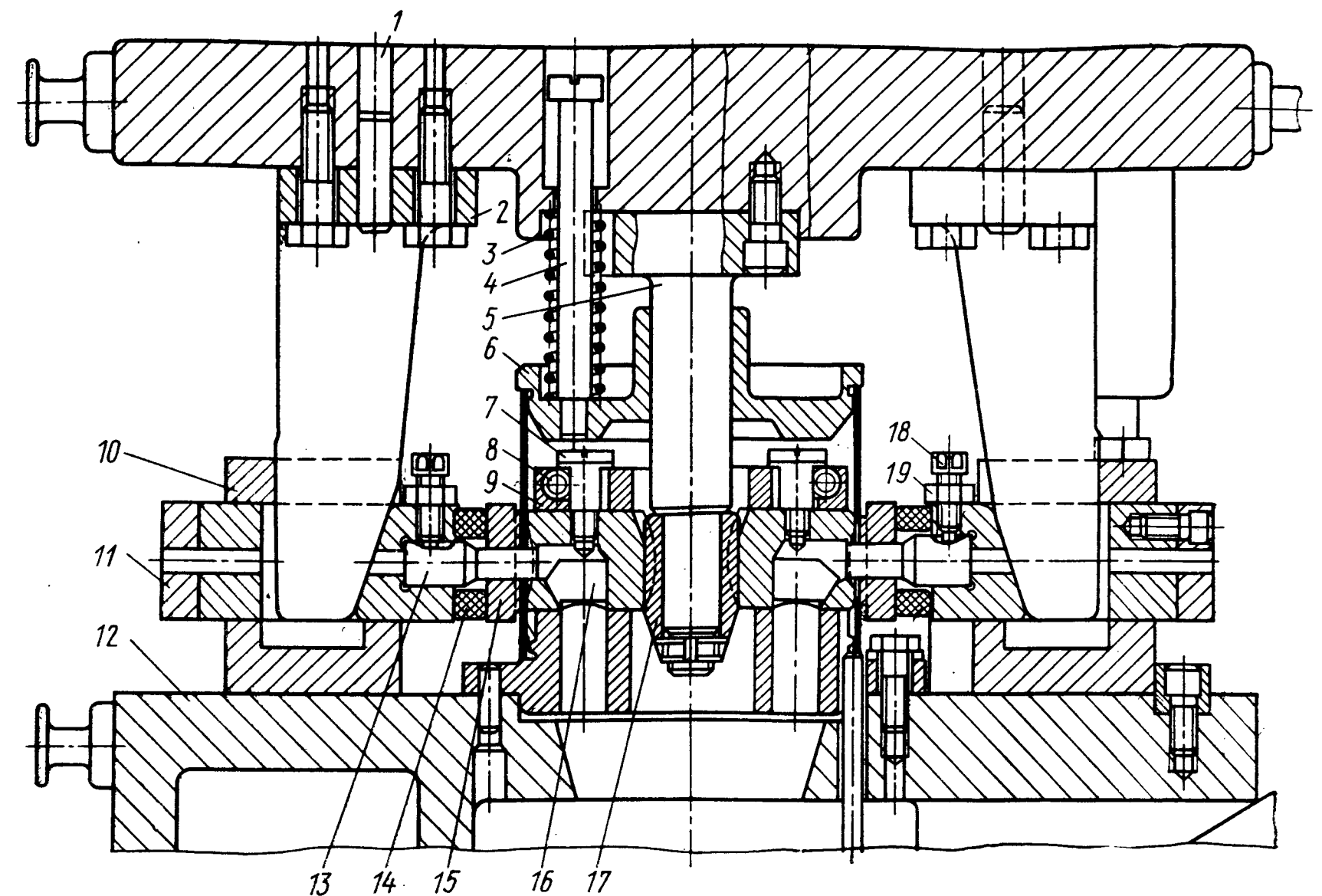


Рис. 5. Штамп с раздвижными матрицами для пробивки отверстий в обечайке

метр отхода значительно уменьшается и он легко извлекается из матрицы выталкивателем 8, работающим от буфера 11.

Штамп с раздвижными матрицами для пробивки отверстий в обечайке. Штамп для пробивки четырех отверстий в цилиндрической обечайке из сплава ХН78Т толщиной 1,2 мм, обеспечивающий равномерность их расположения до 0,5 мм, показан на рис. 5. Это достигается разжимом обечайки до номинального диаметра перед пробивкой отверстий с помощью раздвижных матриц 16,двигающихся от скалки 5 с конической втулкой 17. В нижней плите 12 установлена державка 9 для раздвижных матриц 16. Пружина 8, надетая на винты 7, служит для сближения матриц при открытом положении штампа. В направляющих 10 движутся ползушки 11, на которых смонтированы быстросменные пуансоны 13, закрепленные винтами 18 и контргайками 19, съемники 15 и резиновые буфера 14. К верхней плите 1 прикреплены клинья 2 и скалка 5, на которую надета коническая втулка 17. Прижим 6 центрируется скалкой 5 и закреплен винтами 4. Пружины 3 обеспечивают поджим изделия к торцу корпуса 9. Ползушки 11 возвращаются в исходное положение пружинами (условно не показаны).

Изделие устанавливают на опорный торец корпуса 9. При опускании ползуна пресса прижим 6 посредством пружин 3 поджимает изделие к опорному торцу. При дальнейшем опускании ползуна пресса коническая втулка 17 раздвигает мат-

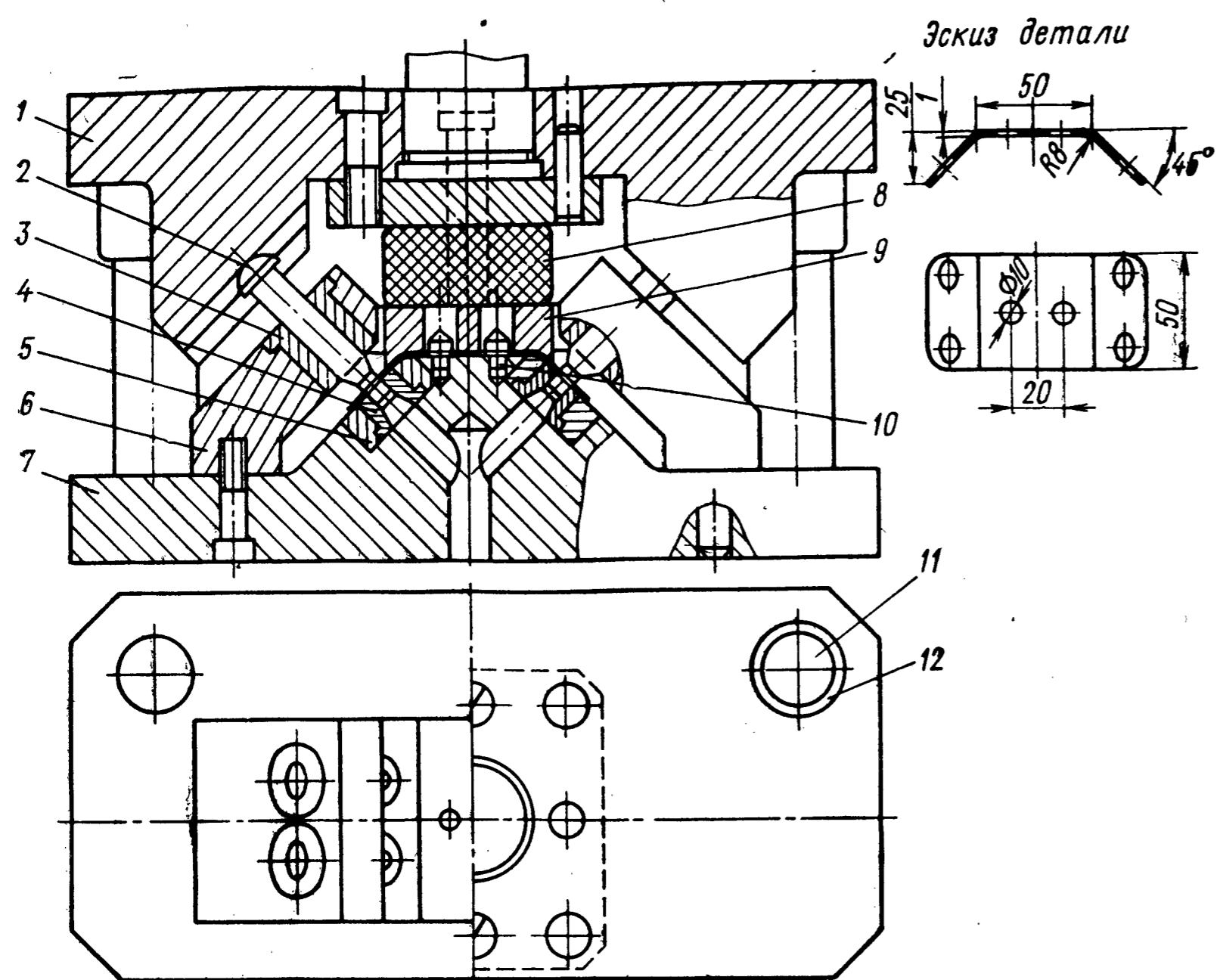


Рис. 6. Штамп для пробивки отверстий, расположенных под углом друг к другу

рицы до номинального диаметра. Затем клинья 2 подают ползушки 11 с пуансонами 13 и отверстия пробиваются.

Штамп для одновременной пробивки отверстий, расположенных под углом. В деталях типа кронштейнов, угольников и др. отверстия, расположенные под углом, пробивают обычно в отдельных штампах, что не обеспечивает требуемой точности расположения отверстий.

На рис. 6 показан штамп для одновременной пробивки четырех отверстий в кронштейне из стали 12Х18Н9Т. Отверстия расположены под углом друг к другу.

В углублении нижней плиты 7 установлены державки 5 с матрицами 4. Расположение державок соответствует форме штампуемой детали. По направляющим втулкам 3, запрессованным в кронштейне 6, передвигаются пуансоны 2, заплечики которых находятся в пазах верхней плиты 1. Прижим 9 с помощью буфера 8 прижимает деталь к державкам 5. Штыри 10 фиксируют деталь. Штамп имеет направляющие колонки 11 и втулки 12.

При рабочем ходе пресса прижим 9 прижимает деталь к державкам 5. Пуансоны 2, скользя по наклонным пазам верхней плиты 1, перемещаются по втулкам 3 перпендикулярно

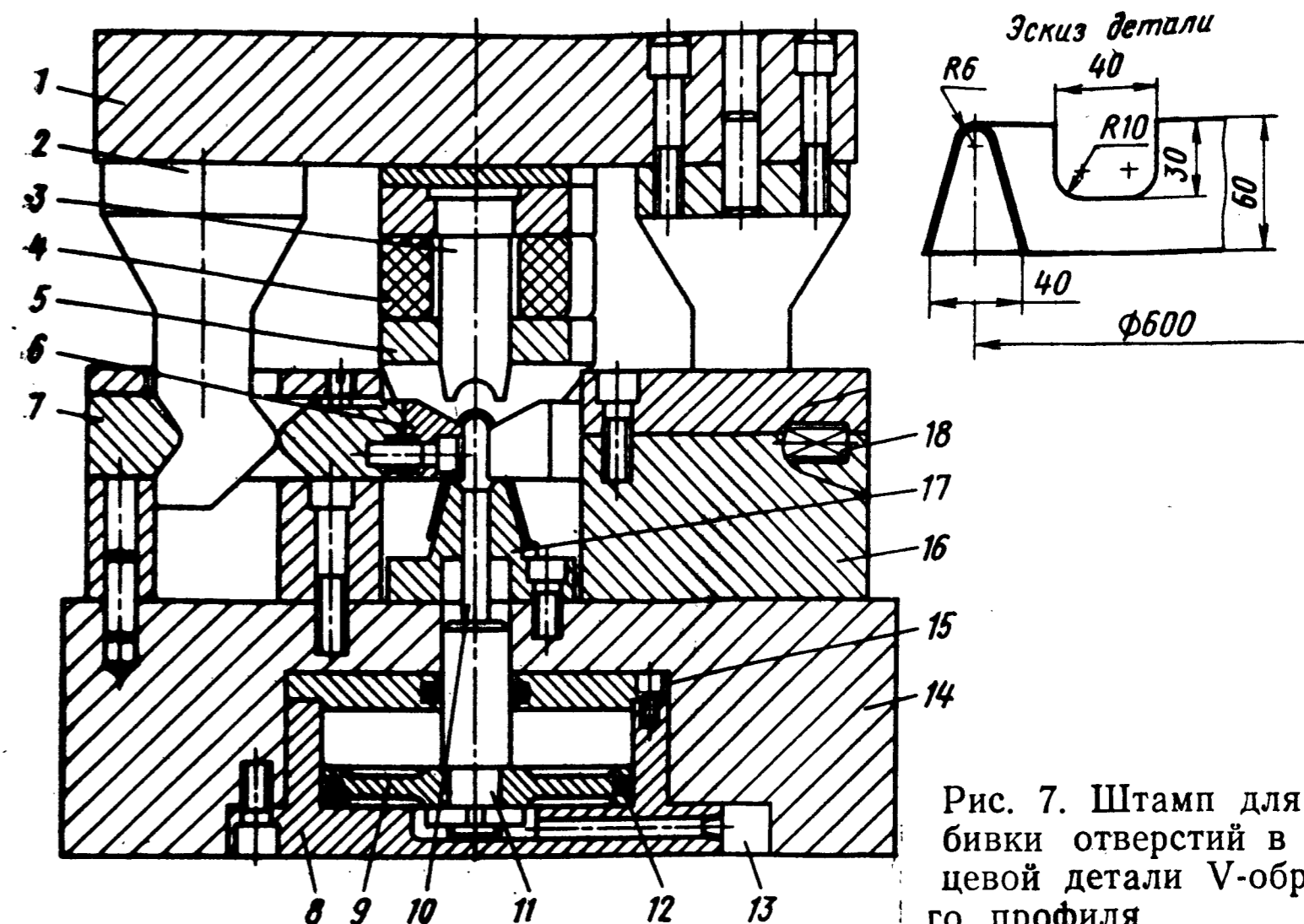
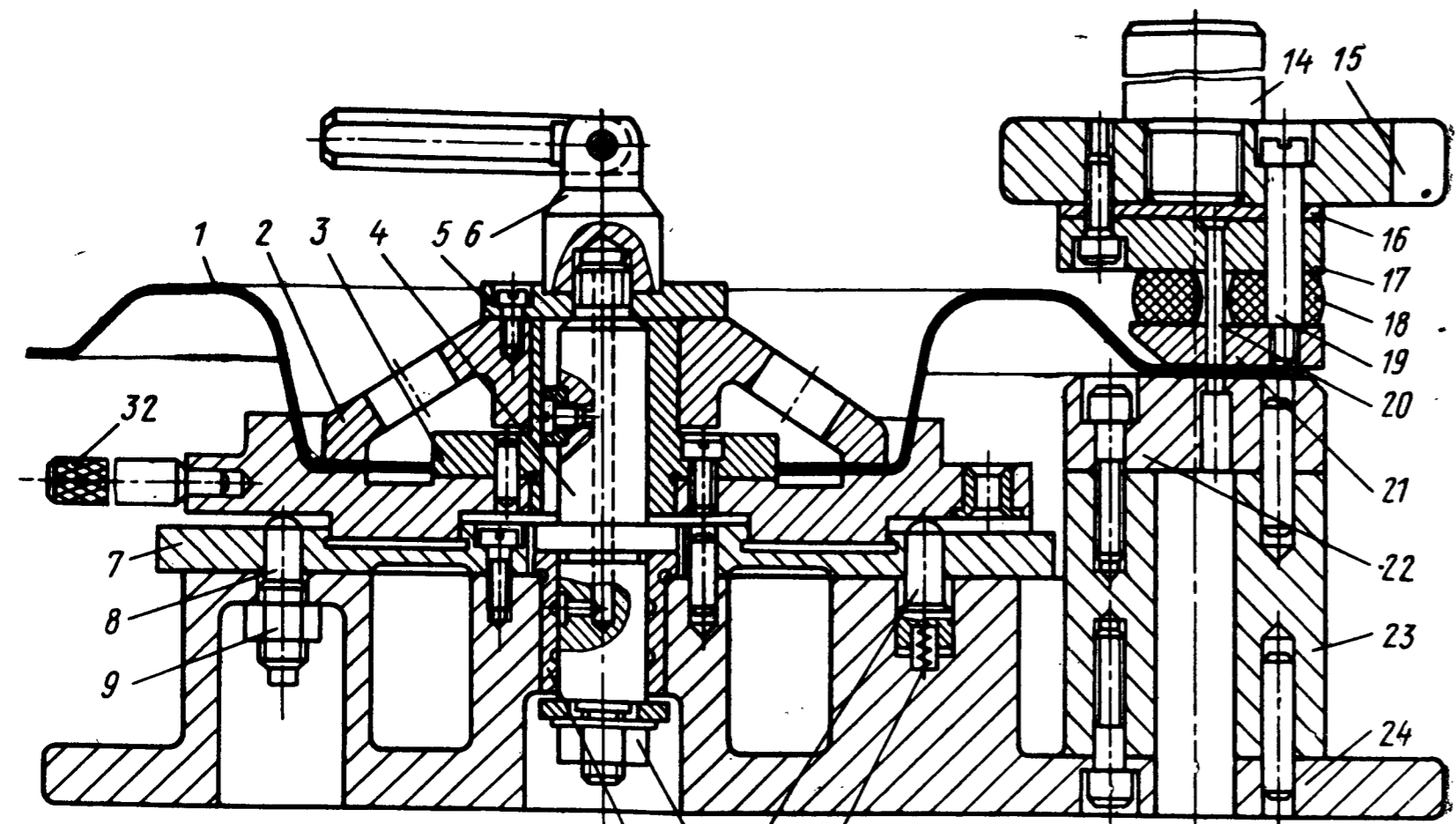


Рис. 7. Штамп для пробивки отверстий в кольцевой детали V-образного профиля

матрицам и пробивают одновременно четыре отверстия, расположенные под углом. Точность расположения пробитых отверстий $\pm 0,1$ мм.

Штамп для пробивки пазов в кольцевой детали V-образного профиля. В кольцевой детали V-образного профиля требуется пробить шесть равнорасположенных пазов таким образом, чтобы плоскость среза была параллельна основанию изделия. Деталь изготавливают из листа сплава ХН60В толщиной 1,2 мм. Для пробивки отверстий используют штамп специальной конструкции (рис. 7); операция вырубки в нем расчленена на два перехода, выполняемые за один ход пресса.

Деталь укладывают в фиксирующую часть штампа (на рисунке не показана) и матрицу 17, установленную на нижней плите 14. При ходе ползуна пресса прижим 5 с помощью буфера 4 обеспечивает неподвижность детали. В то же время клинья 2, смонтированные на верхней плите 1, перемещаются по направляющим 16 ползушки 7, несущие на себе пуансоны 6, которые надрезают деталь с двух сторон. Продолжая движение вниз, клинья 2 вторым своим выступом возвращают ползушки в исходное положение, а центральный пуансон 3 прорубает верхушку паза. При движении ползуна вверх центральный пуансон выходит из штампуемой детали, а боковые пуансоны под действием клиньев 2 и пружин 18 совершают возвратно-поступательное движение и прижим 5 освобождает деталь. Из матрицы отход извлекается выталкивателем 10, установленным на штоке 11 поршня 9, передвигающегося в пневмоцилиндре 8,



Эскиз детали

Узел фиксатора

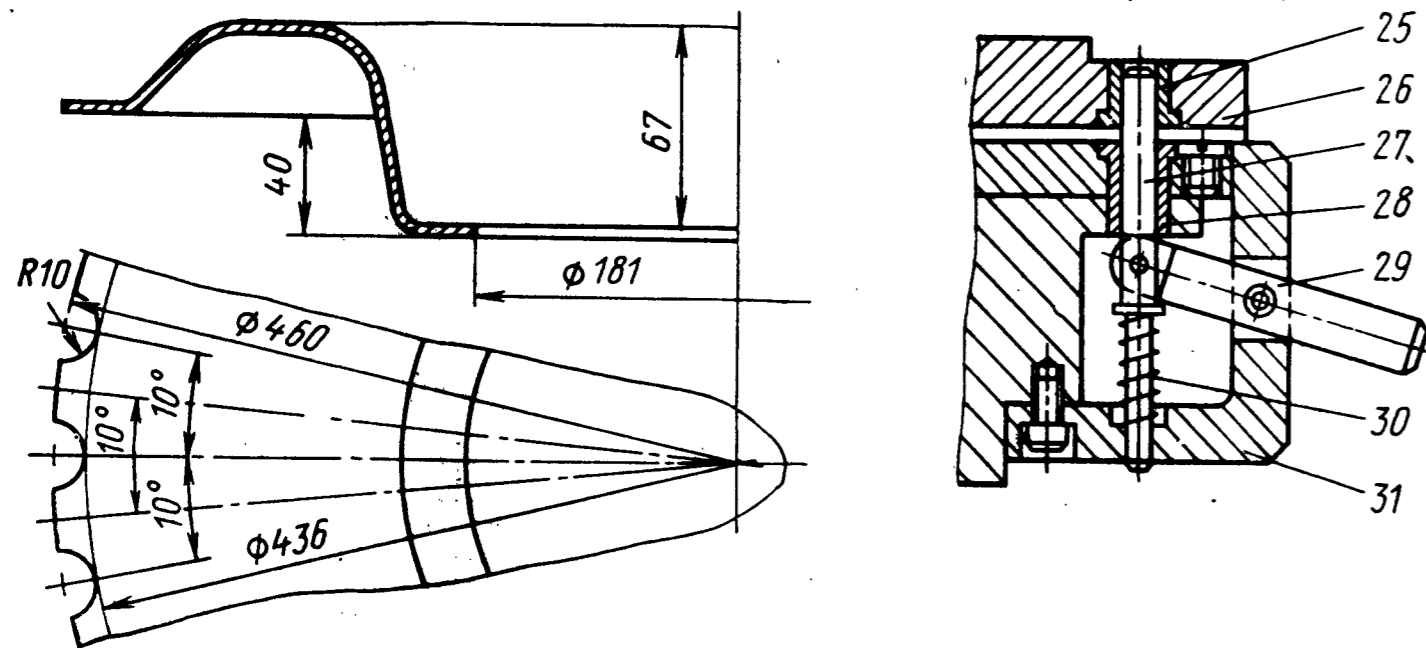


Рис. 8. Штамп двухпуансонный делительный для пробивки отверстий в экране

с крышкой 15. Пневмоцилиндр с уплотнительным кольцом 12 закрыт крышкой 13. Во избежание поломки штампа в случае несрабатывания выталкивателя предусмотрена блокировка кра- на перепуска воздуха.

Двухпуансонный делительный штамп для пробивки пазов в экране. На рис. 8 показан двухпуансонный делительный штамп, предназначенный для пробивки 36 равномерно расположенных пазов в экране, изготовленном из сплава ХН75МБТЮ, толщиной 0,8 мм.

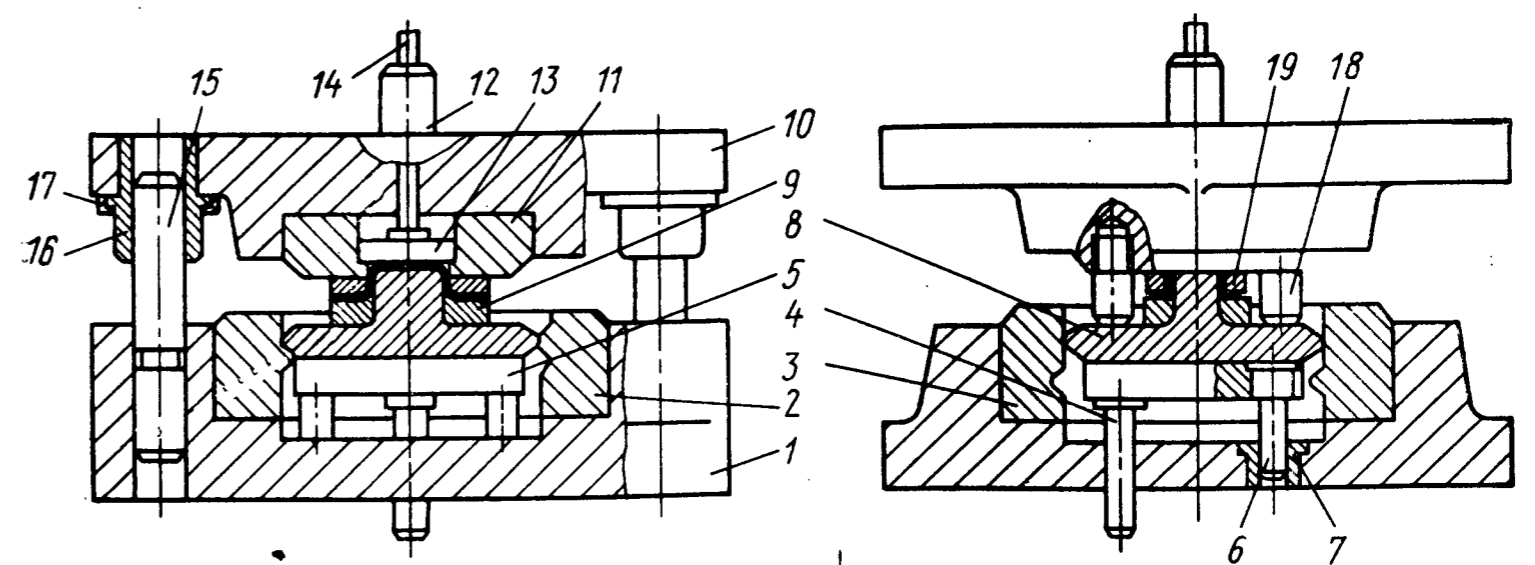
Экран 1 укладывают в кассету 26, накрывают крышкой 2 с откидной шайбой 5 и поджимают специальной гайкой 6. Крышка центрируется втулкой 3. Кассета 26 содержит 18 равномерно расположенных втулок 25, которые вместе с фиксатором 27 осуществляют деление заготовки на заданный угол. Фиксатор 27 расположен в скобе 31 и направляется втулкой 28, запрессо-

ванной в основание 7. В верхнем положении фиксатор удерживается пружиной 30. При повороте кассеты вместе с деталью фиксатор отжимается рукояткой 29, шарнирно соединенной со скобой 31 и фиксатором 27. Кассета 26 центрируется осью 4, вращающейся во втулке 10. Ось крепится гайкой 11. Кроме того, кассета центрируется выточкой основания 7 и поддерживается тремя жесткими регулируемыми опорами 8 с контргайками 9 и тремя плавающими опорами 12 с пружинами 13.

Матрица 22 смонтирована на подставке 23, установленной на нижней плите 24. На верхней плите 15 установлены хвостовик 14, прокладка 16, пуансонодержатель 17 с пуансонами 20, резиновым буфером 18, винтом 19 и съемником 21. Штамп имеет направляющие колонки и втулки, которые на рисунке условно не показаны. При пробивке пазов кассеты поворачивают вручную рукояткой 32.

Штамп устанавливают на механический пресс. Пробивка 36 пазов выполняется за 18 ходов пресса.

Планетарный штамп для обрезки доньшка. Известны конструкции планетарных штампов для обрезки объемных деталей по высоте. Особенность этих штампов заключается в планетарном движении матрицы в горизонтальной плоскости относительно пуансона, совершающего вертикальное движение. В рассматриваемом штампе (рис. 9) планетарное движение совершает пуансон, что дает возможность обрезать доньшки у деталей различной конфигурации, полученных вытяжкой или отбортовкой.



Профиль кулачков

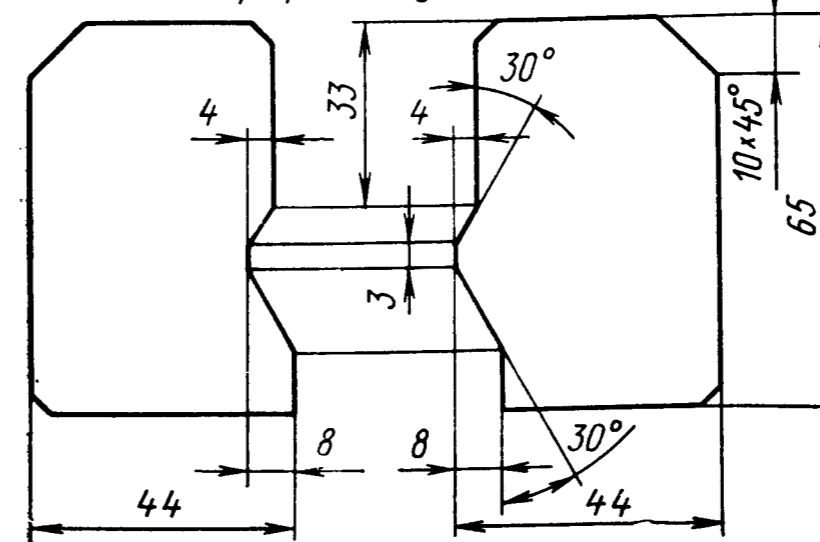
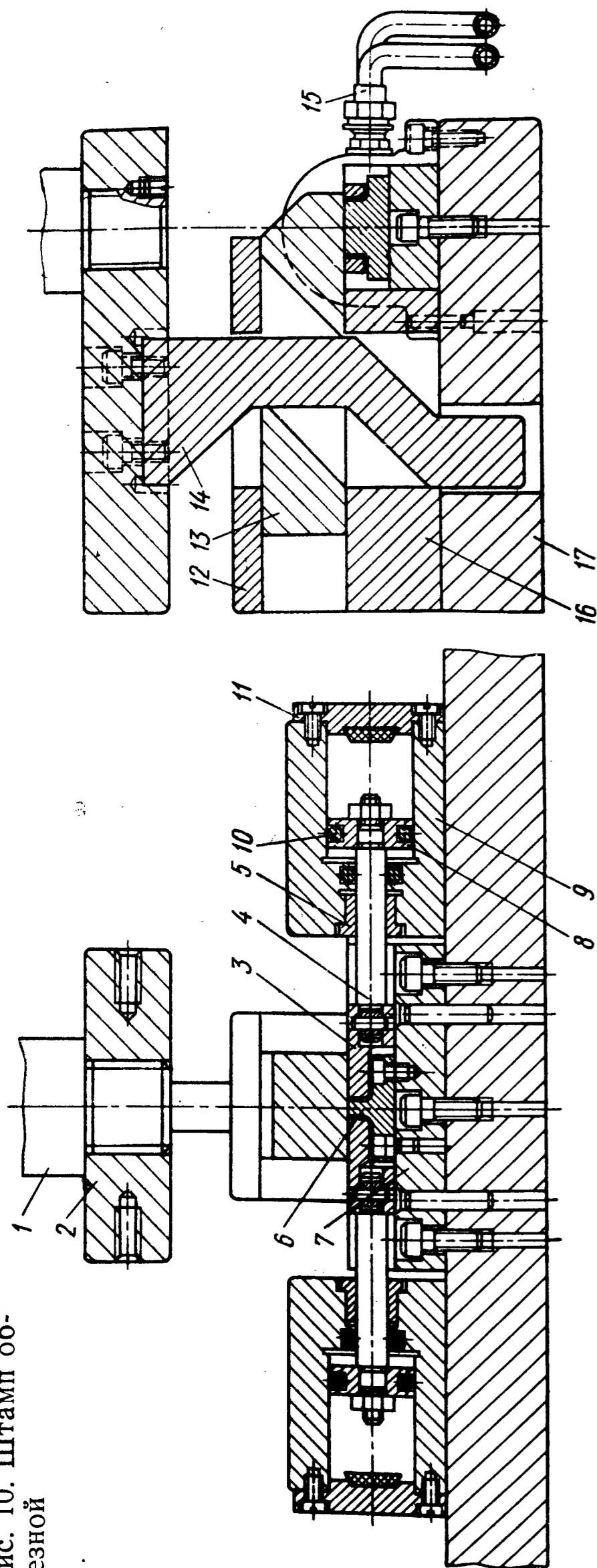


Рис. 9. Штамп для обрезки доньшка планетарный

Рис. 10. Штамп об-
резной



Штамп состоит из массивной нижней плиты 1, в которую вмонтированы профильные кулачки 2 и 3. На маркетных колонках 4 расположена плита 5, направляемая колонками 6 по втулкам 7. По плите 5, на верхней плоскости которой предусмотрены канавки для смазки, движется пуансон 8, выполненный заодно с копирной плитой, что обеспечивает его необходимую прочность. Верхняя часть штампа представляет собой плиту 10 с матрицей 11 и хвостовиком 12. Отход из матрицы удаляется выталкивателем 13 с помощью штока 14.

Штамп имеет усиленные направляющие колонки 15 и втулки 16, удерживаемые кольцами 17. Пуансон 8 прикреплен к плите 5 ступенчатыми винтами (на рисунке условно не показаны) с зазором, обеспечивающим необходимое перемещение его в процессе обрезки. Планетарное движение пуансона, происходящее по кулачкам 2 и 3 специального профиля, выполняется под действием толкателей 18, нажимающих на плиту пуансона. Эти толкатели создают также необходимый зазор между пуансоном и матрицей. Кольцо 19 прижимает изделие к регулировочной прокладке 9, определяющей высоту детали после обрезки.

Для работы штампа изделие укладывают пинцетом на пуансон 8 и прокладку 9. При опускании ползуна пресса кольцо 19 прижимает изделие к прокладке 9. Одновременно толкатели 18, соприкасаясь с плитой пуансона, создают необходимый зазор

между пуансоном и матрицей и при дальнейшем опускании ползуна вниз — планетарное движение пуансона, направляемого кулачками 2 и 3. Амплитуда движения пуансона должна составлять три толщины штампуемого материала. Во время обесечки плита пуансона скользит по плите 5, удерживаемой колонками 6, опирающимися на резиновый или пневматический буфер, усилие которого должно быть достаточно велико.

Штамп обрезной. Обрезку доньшка фланца толщиной 0,3 мм, изготовленного из сплава ХН60ВТ, выполняют на штампе, изображенном на рис. 10. В штампе предусмотрена двухсекционная матрица 3, секции которой смонтированы на тягах 4, соединенных с поршнями 8 пневмоцилиндров 9 с крышками 11. Пневмоцилиндры работают от сети сжатого воздуха, подаваемого через трубопроводы 15. Тяги 4 с матрицами 3 направляются втулками 5 и корпусом 7, на котором установлен пуансон 6. Обрезной пуансон 13, движущийся в корпусе 16 с крышкой 12, получает возвратно-поступательное движение от клина 14, установленного на верхней плите 2 с хвостовиком 1. Нижняя часть штампа смонтирована на плите 17. Уплотнение воздушных трактов выполнено резиновыми кольцами 10, расположенными в канавках соответствующих деталей.

Фланец устанавливают на пуансон 6. После подачи воздуха в пневмоцилиндры 9 секции матрицы 3 плотно обжимают фланец вокруг пуансона 6. При рабочем ходе пресса клин 14 приводит в движение пуансон 13. Доньшко у фланца обрезается.

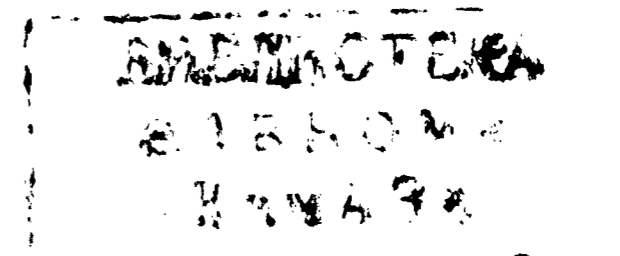
Зазор между пуансоном и матрицей выдерживается путем подгонки высоты деталей 6 и 7.

2. ГИБКА

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА

Новые принципы конструирования и изготовления различных деталей современных механизмов и машин обуславливают все большее применение деталей, полученных гибкой. Такими деталями заменяют детали, ранее получаемые литьем, ковкой или из профильного проката. Все чаще детали изготовляют из легированных сплавов, что дает возможность уменьшить толщину и габаритные размеры деталей без снижения их прочности. Это снижает трудоемкость изготовления деталей и дает значительную экономию металла.

Легированные и некоторые марки титановых сплавов (ВТ1, ВТ1-2, ОТ4-1) хорошо поддаются различным видам пластической деформации, в том числе и гибке. Высокопрочные титановые сплавы ВТ23, ВТ20, ВТ6 имеют низкую штампуемость



в холодном состоянии, поэтому заготовки под штамповку требуются подогревать.

Заготовки из титановых сплавов можно нагревать с помощью установки радиационного нагрева или в электрической печи. При этом штамповка выполняется в обычных штампах, рабочие части которых изготовлены из инструментальных сталей.

Проводятся опытные работы по изотермической штамповке титановых сплавов в керамических штампах с нагревом заготовки. Изотермическая штамповка исключает корректирование штампов, ручную доводку деталей и позволяет заменить в конструкциях титановые сплавы средней прочности ($\sigma_B \leq 70 \text{ кгс/мм}^2$) на высокопрочные титановые сплавы ВТ23, ВТ20, ВТ6 ($\sigma_B \geq 100 \text{ кгс/мм}^2$).

Титановые сплавы ВТ1-1, ВТ2-1 штампуют при температуре 350—400°С, сплавы ОТ4-1 и ОТ4 — при 500—650°С. Для высокопрочных титановых сплавов ВТ5-1, ВТ6 требуется нагрев до 600—750°С.

Одной из особенностей гибки легированных сплавов является большая, чем у углеродистых сталей, упругая отдача (табл. 3 и 4). На величину упругой отдачи влияют следующие факторы: нестабильность механических свойств штампуемого

Таблица 3. Упругая отдача (градусы) хромоникелевых сплавов при V-образной гибке на 90° [4]

Условия изгиба	Относительный радиус изгиба S/r						
	2,0	1,0	0,5	0,25	0,166	0,125	0,1
Свободный С подчеканкой	3—4 1	4—5 1—2	5—6 2—3	6—7 3—4	7—9 4—6	8—10 —	9—12 —

Таблица 4. Упругая отдача (градусы) титановых сплавов в отожженном состоянии при V-образной холодной гибке на 90° [4]

Материал	Относительный радиус изгиба S/r						
	0,5	0,25	0,166	0,125	0,1	0,08	0,055
ВТ1-1	0	4	7	11	15	19	22
ОТ4-1	1	—	—	—	—	—	—
ВТ1-2	—	5	9	13	18	23	27
ОТ4	1	6	12	15	22	27	—
ВТ4	—	8	14	20	26	33	—
ВТ5-1	—	—	18	25	33	—	—
ВТ6	—	—	22	30	—	—	—

материала, вызванная нестабильностью химического состава сплава, и режимов получения полуфабрикатов и их термической обработки; нестабильность пределов допусков геометрических размеров полуфабрикатов (толщина листа и др.).

Упругая отдача при гибке учитывается следующими способами: изменением угла наклона пуансона и матрицы в процессе проектирования штампа с последующей доводкой при наладке; применением штампов с регулируемыми или сменными рабочими частями; конструированием деталей с ребрами жесткости, расположенными перпендикулярно линиигиба (ребра жесткости препятствуют изменению угла между полками изгибаемой детали, однако при этом возрастают остаточные напряжения в зоне гибки).

При проектировании гибочных штампов для гибки V-образных деталей углы наклона пуансона и матрицы корректируют по данным табл. 3 и 4.

Форму и размеры пуансонов и матриц штампов, предназначенных для гибки деталей, типаж которых показан на рис. 11, рассчитывают по специальной методике, описанной ниже.

При гибке деталей из легированных сплавов штампуемый материал налипает в местах округлений и на образующих матрицы. На штампуемых деталях появляются риски, надеры и другие дефекты, снижающие их усталостную прочность. Поэтому штампы для гибки деталей из легированных сплавов следует проектировать с роликовыми или шарнирными матрицами.

При разработке технологического процесса и штампов для гибки деталей из легированных сплавов учитывают минимальные и рабочие радиусы изгиба (табл. 5 и 6).

При проектировании гибочных штампов следует обеспечить такое положение заготовки в фиксаторах гибочного штампа, чтобы зона скалывания по ее контуру, образовавшаяся в процессе вырубки, была обращена в сторону пуансона. Это обес-

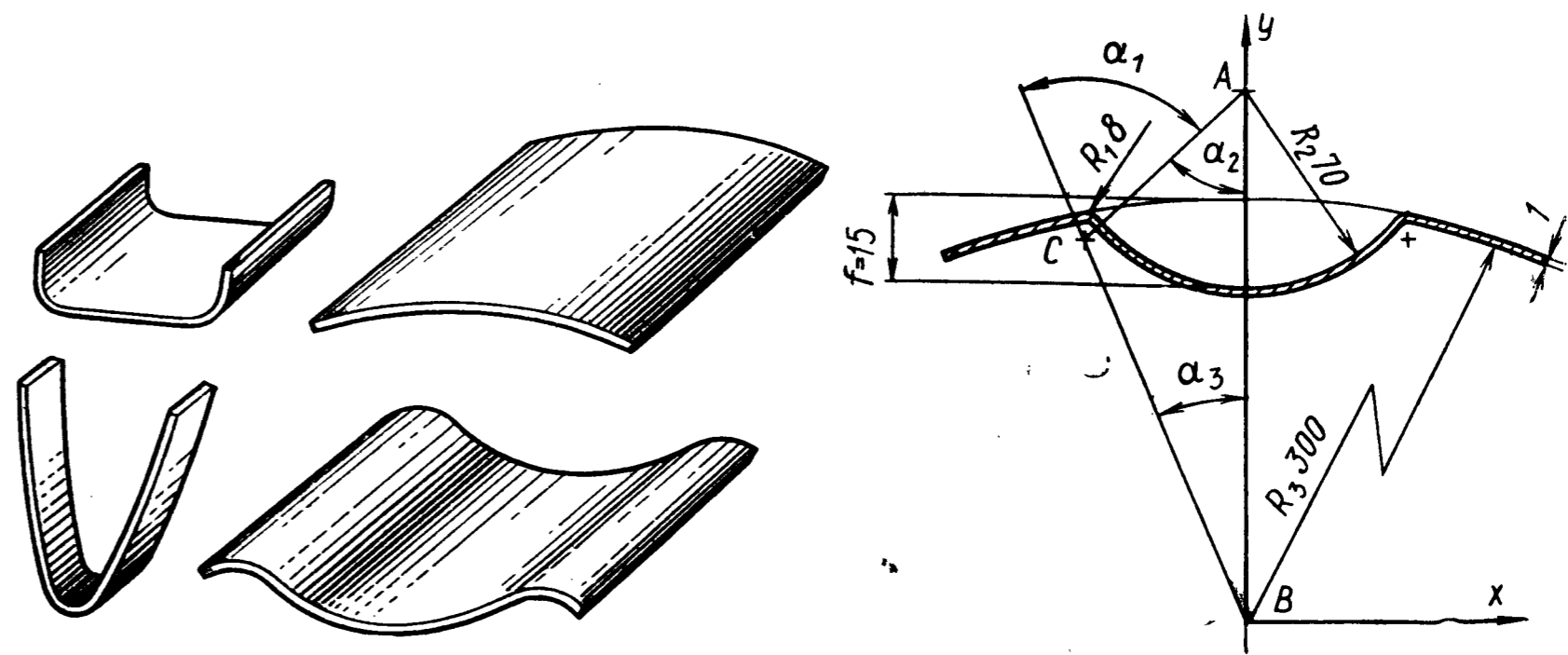


Рис. 11. Типаж деталей

Рис. 12. Деталь

Таблица 5. Минимальные радиусы изгиба (для легированных сплавов), гибка на 90° [4]

Материал	r_{\min}	$r_{\text{раб}}$
Хромистые стали Стали и сплавы на никелевой и хромо- никелевой основе	1—2 S 0,8—1,2 S	2—3 S 1,5—2,5 S

Таблица 6. Минимальные радиусы изгиба (для титановых сплавов) [4]

Материал	Холодная гибка		Гибка с нагревом	
	r_{\min}	$r_{\text{раб}}$	r_{\min}	$r_{\text{раб}}$
BT1-1	1,5—2,0 S	2,5—3,0 S	1,0—1,2 S	1,5—1,8 S
BT1-2	1,7—2,2 S	2,7—3,2 S	1,0—1,5 S	1,5—2,0 S
OT4-1	1,7—2,5 S	3,0—3,5 S	1,2—2,0 S	1,8—2,2 S
OT4	2,5—3,0 S	4,0—5,0 S	1,5—2,0 S	2,0—2,5 S
BT5-1	4,0—4,5 S	5,5—6,0 S	2,5—3,5 S	3,5—4,5 S
OT4-2	4,5—5,5 S	6,0—7,0 S	3,0—3,5 S	4,0—5,0 S

печивает сжатие зоны скалывания в процессе гибки, что предотвращает образование трещин в зоне изгиба.

Расчет радиусов гибочного штампа с учетом упругой отдачи. Вначале определяют параметры детали (из сплава OT4-1, толщиной 1 мм, рис. 12). Длины радиусных участков: $l_1 = \alpha_1 R_1$; $l_2 = \alpha_2 R_2$.

Проектируя размерную цепь ABC на оси x и y, получим

$$\begin{cases} (R_2 + R_1) \sin \alpha_2 + R_1 \sin \alpha_3 - R_3 \sin \alpha_3 = 0; \\ R_2 + R_3 - f - R_2 \cos \alpha_2 - R_1 \cos \alpha_2 + R_1 \cos \alpha_3 - R_3 \cos \alpha_3 = 0, \end{cases}$$

откуда

$$\cos \alpha_2 = \frac{K^2 + N^2 - 1}{2KN}; \quad (1)$$

$$\sin \alpha_3 = K \sin \alpha_2, \quad (2)$$

где $K = \frac{R_1 + R_2}{R_3 - R_1}$, $N = \frac{R_2 + R_3 - f}{R_3 - R_1}$.

Подставив соответствующие величины в (1) и (2), определим углы детали:

$$\cos \alpha_2 = \frac{\left(\frac{8+70}{300-8}\right)^2 + \left(\frac{70+300-15}{300-8}\right)^2 - 1}{2 \left(\frac{8+70}{300-8}\right) \left(\frac{70+300-15}{300-8}\right)} = \frac{0,267^2 + 1,215^2 - 1}{2 \cdot 0,267 \cdot 1,215} =$$

$$= \frac{0,547}{0,649} = 0,843, \alpha_2 = 32^\circ 30';$$

$$\sin \alpha_3 = \left(\frac{8+70}{300-8}\right) \sin 32^\circ 30' = 0,267 \cdot 0,5373 = 0,1434;$$

$$\alpha_3 = 8^\circ 15'; \quad \alpha_1 = \alpha_2 + \alpha_3 = 32^\circ 30' + 8^\circ 15' = 40^\circ 45'.$$

Взаимоувязываем контуры сечений штампа и детали, зная, что центральные углы отдельных участков штампа связаны с центральными углами детали соотношением

$$\alpha_{\text{ш}} = \alpha_{\text{дет}} \frac{R_{\text{дет}}}{R_{\text{ш}}}, \quad (3)$$

где $\alpha_{\text{ш}}$ — центральный угол пуансона; $\alpha_{\text{дет}}$ — центральный угол участка детали; $R_{\text{ш}}$ — радиус участка пуансона.

Расчет размеров сечения штампа. Определяем относительные радиусы детали: $R_{\text{отн}} = S/R_{\text{дет}}$; $R_{\text{отн1}} = 1/8 = 0,125$; $R_{\text{отн2}} = 1/70 = 0,0143$; $R_{\text{отн3}} = 1/300 = 0,0033$.

Определяем скорректированные радиусы штампа

$$R_{\text{ш}} = R_{\text{дет}} n, \quad (4)$$

где n — коэффициент, определяемый в зависимости от $R_{\text{отн}}$ (см. приложение).

Эти коэффициенты соответственно равны: 0,872, 0,0457 и 0,223. Подставив значения радиусов и коэффициентов в (4), получим

$$R_{\text{ш1}} = 8 \cdot 0,872 \approx 7 \text{ мм};$$

$$R_{\text{ш2}} = 70 \cdot 0,0457 \approx 32 \text{ мм};$$

$$R_{\text{ш3}} = 300 \cdot 0,223 \approx 67 \text{ мм}.$$

По формуле (3) определяем скорректированные центральные углы пуансона:

$$\alpha_{\text{ш1}} = 40,75^\circ \frac{8}{7} = 46^\circ 36';$$

$$\alpha_{\text{ш2}} = 32,5^\circ \frac{70}{32} = 71^\circ 06';$$

$$\alpha_{\text{ш3}} = 8,25^\circ \frac{300}{67} = 36^\circ 54'.$$

Скорректированный контур штампа показан на рис. 13. Точность расчета размеров штампа по данной методике $\pm 15\%$. При такой точности требуется дополнительная доводка гибочного штампа, но она значительно сокращается по сравнению с доводкой штампа, изготовленного без корректировки.

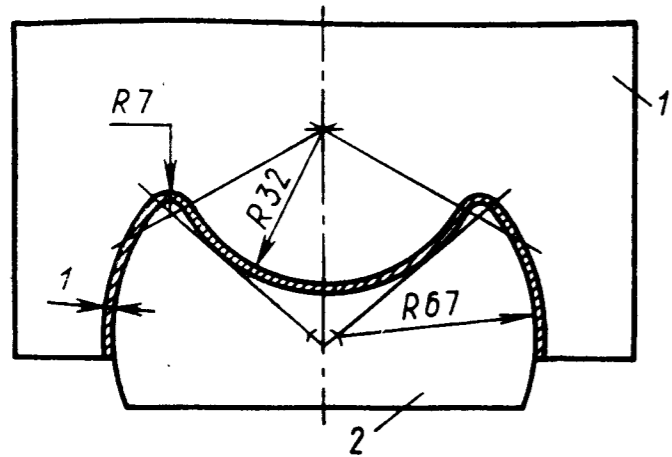


Рис. 13. Штамп гибочный:
1 — матрица; 2 — пуансон

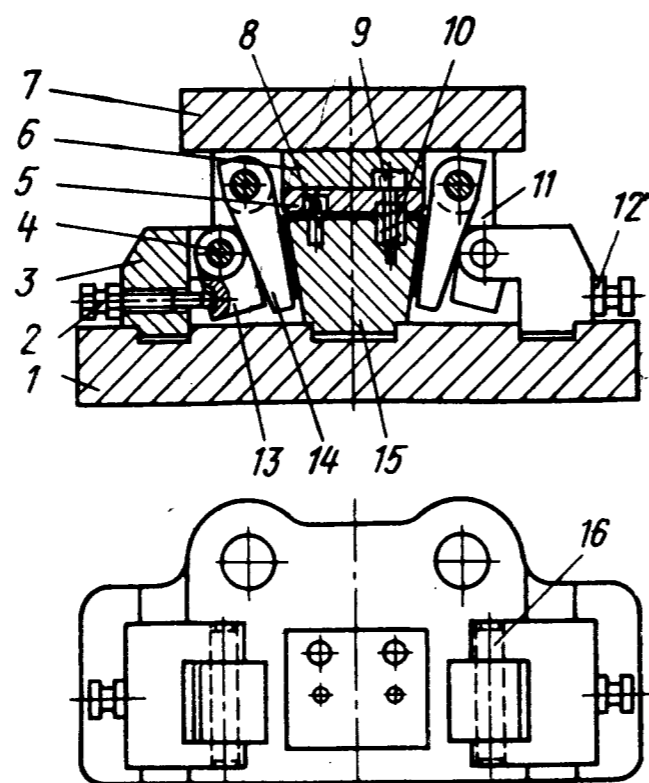


Рис. 14. Штамп гибочный с шарнирными пуансонами

КОНСТРУКЦИИ ШТАМПОВ

Штамп гибочный с шарнирными пуансонами. При гибке П-образных деталей в силу упругой отдачи штампуемого материала не выдерживается угол 90° . После штамповки детали приходится дорабатывать вручную или на клиновом калибровочном штампе, что ведет к удорожанию продукции.

Конструкция гибочного штампа, показанная на рис. 14, обеспечивает получение П-образных деталей с углом 90° между полками за одну операцию. Особенностью этого штампа является применение пуансонов 14, направляемых регулирующими опорами 13, и неподвижного пуансона 15, углы которого с обеих сторон на $5-7^\circ$ больше, чем максимально возможный угол пружинения штампуемой детали. Благодаря этому можно путем регулировки угла наклона опор 13 подобрать оптимальный угол перегиба, что обеспечивает получение штампуемой детали по чертежу. На штампе рассматриваемой конструкции можно получить детали с «закрытыми» углами, т. е. с углами $<90^\circ$.

На верхней плите 7 штампа закреплена опора 6 с ушками 11 для крепления на осях 16 шарнирных пуансонов 14. На нижней плите 1 установлен пуансон 15, прижим 5, поддерживаемый пружинами 10, надетыми на винты 9, а также две стойки 3 с осями 4 и регулирующими опорами 13. Через стойки 3 проходят регулировочные болты 2 с шаровыми опорами и контргайками 12.

Листовую заготовку устанавливают на фиксаторы 8, расположенные на пуансоне 15. При рабочем движении пресса прижим 5 прижимает заготовку, после чего шарнирные пуансоны 14, скользя по опорам 13, изгибают деталь.

Штампы гибочные с шарнирными матрицами. Конструкции гибочных штампов не всегда обеспечивают требуемую по чер-

тежу точность деталей. Например, у П-образных деталей после гибки полки получают разной высоты. На обычных штампах затруднено получение деталей с короткими полками, так как при этом край заготовки не имеет достаточной опоры.

Указанные недостатки устранены в гибочных штампах с шарнирными матрицами, обеспечивающих гибку с соблюдением координат отверстий, расположенных на полках, гибку деталей с неодинаковой высотой полков. В штампах с шарнирными матрицами не портится поверхность деталей, так как не происходит скольжения материала по ребрам матрицы.

Схемы штампов с шарнирными матрицами показаны на рис. 15. Принцип работы этих штампов заключается в том, что секции матрицы 2 под действием нижнего прижима 4 и шпильки 6, установленной на прижимное устройство прессы, находятся в развернутом положении. Заготовку фиксируют по контуру или отверстиям. При рабочем ходе пресса под действием пуансона 1 секции матрицы поворачиваются вокруг осей 3, изгибая деталь по матрице 5. Очевидно, что при этом сохраняется контакт пуансона со всей поверхностью заготовки.

Точность гибки на штампах с шарнирными матрицами обеспечивается смещением осей шарнирных матриц на определенную величину, при этом фиксаторы сопровождают контур или отверстие до конца процесса гибки.

Смещение осей полуматриц для двуглового гибки [2]

$$h = 0,215r + S(1 - 0,785x),$$

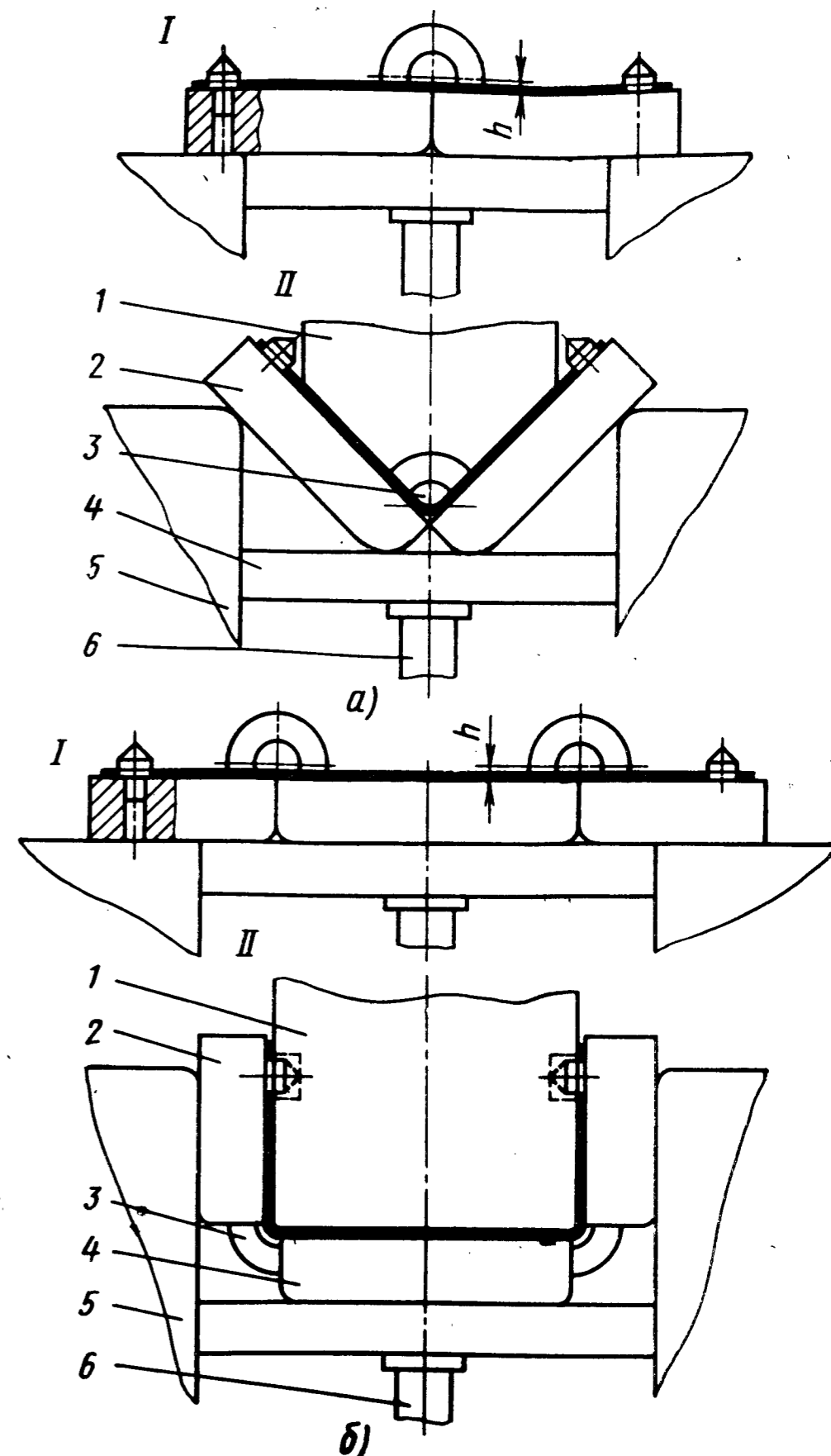


Рис. 15. Схемы штампов с шарнирными матрицами
а — для одноугловой гибки; б — двуглового гибки: I — штамп до начала гибки; II — штамп после гибки

где r — радиус пуансона, мм; S — толщина материала, мм; x — коэффициент смещения нейтрального слоя.

При одноугловой гибке под углом 90° смещение оси вычисляют по формуле [2]

$$h = S - 0,5a,$$

где a — поправка, определяемая по табл. 7.

Таблица 7. Поправка a при одноугловой гибке на шарнирных матрицах под углом 90° [2]

$S, \text{ мм}$	$r, \text{ мм}$									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0
0,3	0,12	0,1	0,07	0,035	0,0	-0,125	-0,21	-0,3	-0,42	-0,64
0,4	0,16	0,147	0,123	0,09	0,05	0,06	-0,14	-0,22	-0,35	-0,56
0,5	0,20	0,193	0,17	0,142	0,113	0	-0,07	-0,16	-0,28	-0,48
0,8	0,325	0,318	0,313	0,293	0,271	0,177	0,11	0,04	-0,07	-0,3
1,0	0,37	0,39	0,398	0,387	0,369	0,286	0,223	0,15	0,05	-0,14
1,2	0,43	0,468	0,48	0,474	0,462	0,394	0,330	0,265	0,15	-0,01
1,5	0,524	0,556	0,592	0,598	0,595	0,521	0,490	0,435	0,33	0,1
2,0	0,685	0,734	0,774	0,790	0,800	0,770	0,740	0,686	0,60	0,45
2,5	0,814	0,895	0,942	0,970	0,970	1,02	0,979	0,94	0,85	0,75
3,0	0,962	1,049	1,11	1,145	1,280	1,195	1,190	1,16	1,1	1,02

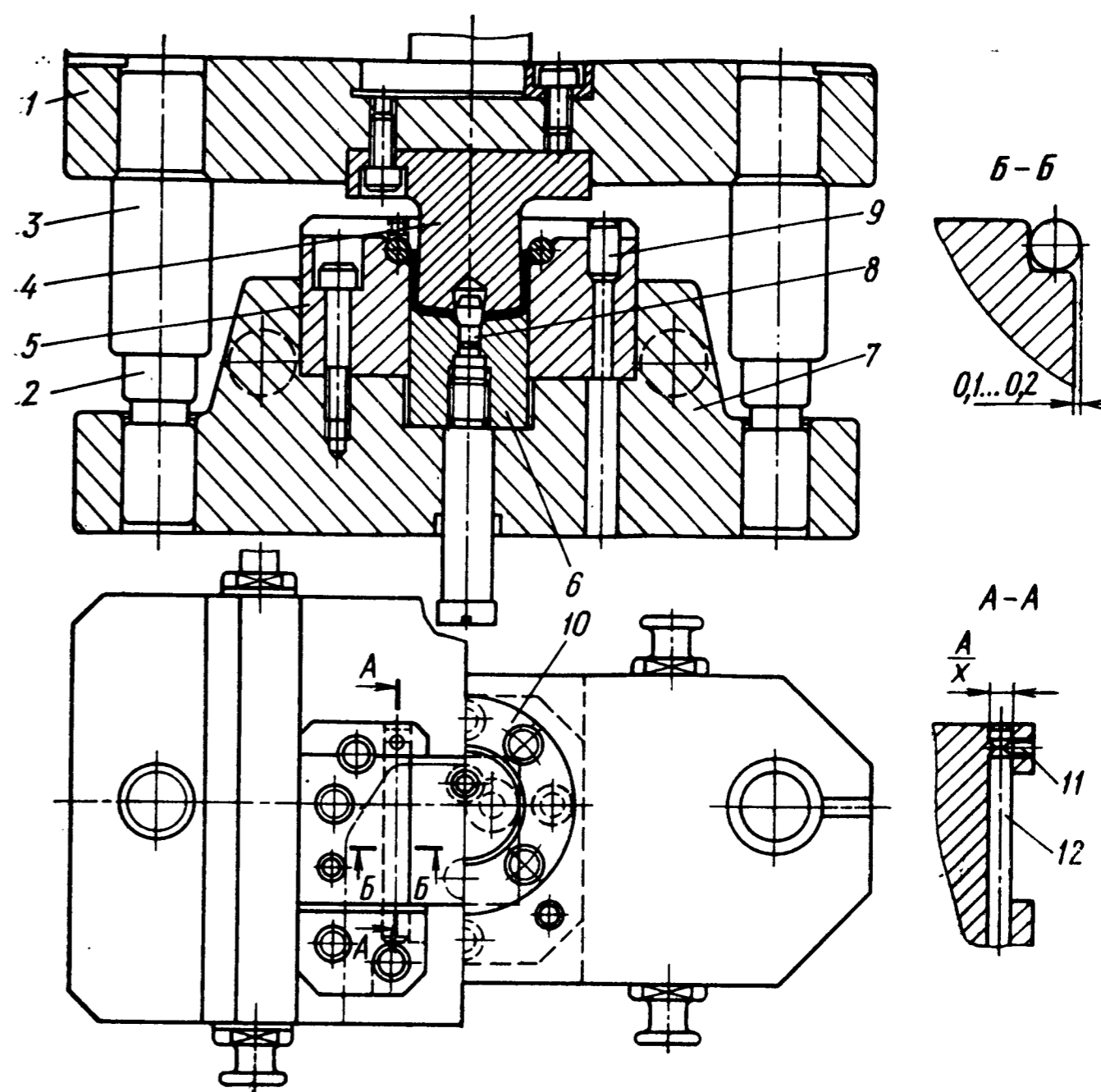


Рис. 16. Штамп гибочный с роликовой матрицей

Штамп гибочный с роликовой матрицей. Как было показано выше, роликовые матрицы в гибочных штампах, предназначенных для гибки легированных сплавов, предотвращают образование рисок и надиров на штампуемых деталях. Эти дефекты возникают в результате налипания штампуемого материала на скругления и образующие матрицы. Роликовые матрицы дают возможность получать детали с высоким качеством поверхности без нарушения лакирующего слоя.

Штамп для гибки скобы, в котором применена роликовая матрица (рис. 16), состоит из верхней плиты 1, направляющих колонок 2, втулок 3, пуансона 4, корпуса матрицы 5, выталкивателя 6, нижней плиты 7, фиксаторов 8 и 9, хвостовика 10, винтов 11 и роликов 12, расположенных в местах скругления матрицы. Ролики вставлены по ходовой посадке и закреплены винтами так, что они свободно вращаются в корпусе матрицы. Ролики изготовляют из стали ШХ15, закаленной до $HRC\ 58-62$.

Штамп гибочный кулачковый с роликовой матрицей. Деталь из сплава 12X18H9T толщиной 1 мм изгибают из плоской заготовки за один ход пресса. Гибку выполняют на кулачковом штампе с роликовой матрицей (рис. 17). Штамп устанавливают на механический пресс.

Заготовку устанавливают между фиксаторами 2, расположенными на кулачках 10. При верхнем положении ползуна

кулачки находятся в разжатом состоянии под действием пружин 11, надетых на сухари 12. Выталкиватель 13, подъем которого осуществляется колонкой 14, установленной на прижимном устройстве пресса, находится при этом в верхнем положении. При рабочем ходе пресса плита 1 вместе с пуансоном 5, запрессованным в пуансонодержателе 3 и опирающимся на пластину 4, опускается вниз и выполняет предварительный изгиб детали. Заготовка перекачивается через вращающиеся ролики 15, установленные в кулачках 10, что предотвращает образование рисок и надиров на штампуемой детали. При дальнейшем ходе ползуна пресса клинья 7 продвигают в рабочее положение кулачки 10, которые придают изгибаемой детали окончательную форму. Кулачки 10 движутся по направляющей 16, закрепленной на нижней плите 17. К ползуну пресса штамп крепится хвостовиком 6 и направляется колонками 9 и втулками 8. С пуансона изогнутую деталь снимают пинцетом.

Штамп гибочный шарнирный с роликовой матрицей. На штампе (рис. 18) изгибают деталь П-образной формы из сплава 12X25H16Г7АР. Штамп состоит из верхней плиты 1, пуансона 2, роликов 3, кулачков 4, выталкивателя 5, шпильки 6, направляемой втулкой 8, осей 7, ограничителей наклона

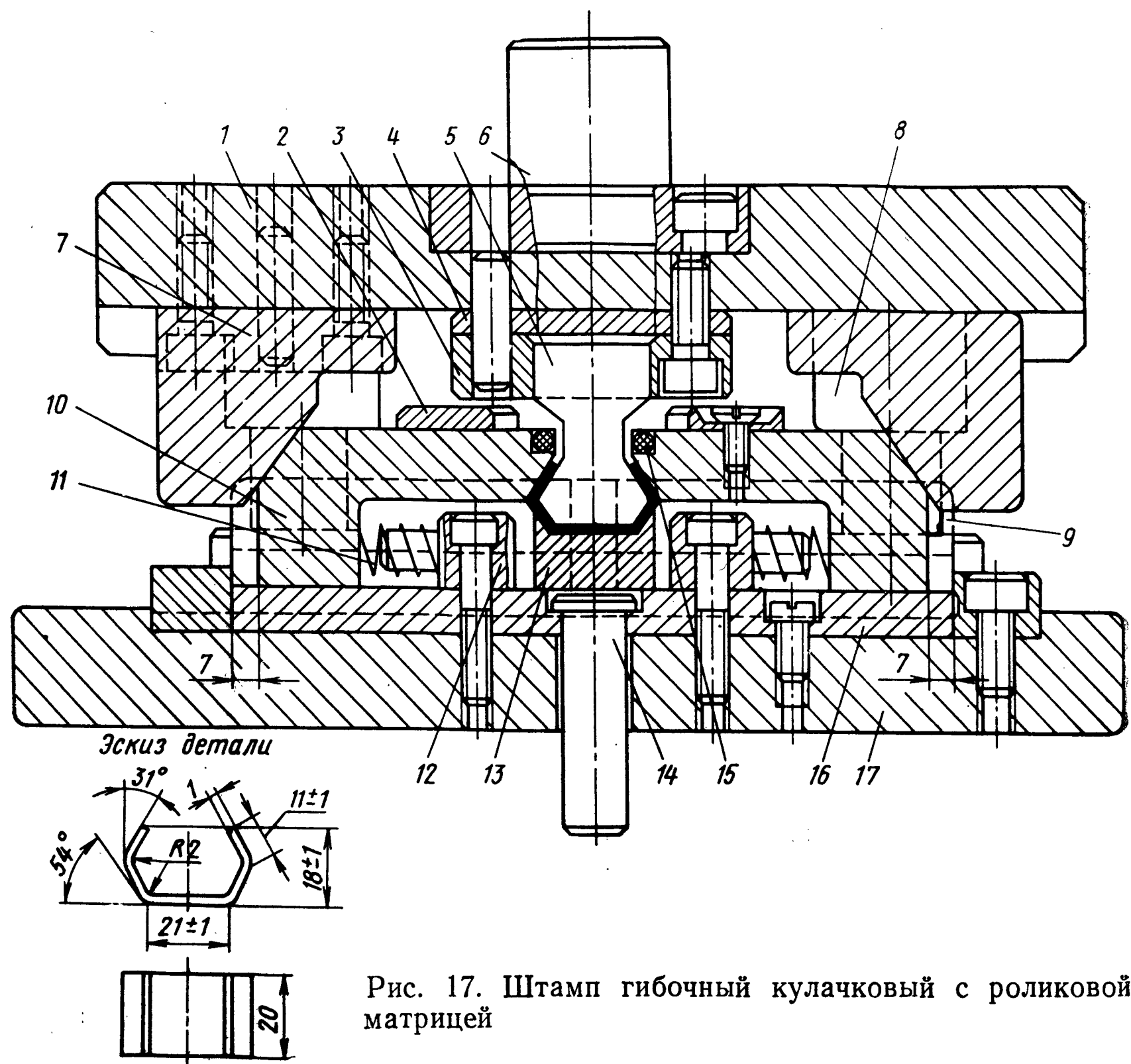


Рис. 17. Штамп гибочный кулачковый с роликовой матрицей

кулачков 9, нижней плиты 10, направляющих втулок 11 и колонок 12.

Заготовку устанавливают в фиксаторы штампа, при этом выталкиватель 5 находится в верхнем положении. Сначала получается основание детали. Затем изгибаются предварительно боковые полки, перекатываясь через ролики 3. Когда выталкиватель, опускаясь вниз, доходит до соприкосновения с кулачками матрицы, он заставляет вращаться их вокруг осей 7, при этом штампуемой детали придается окончательная форма. Конструкция штампа позволяет компенсировать упругую отдачу материала. Для этого нужно подобрать форму пуансона и изменить глубину опускания выталкивателя.

Штамп шарнирный для гибки U-образной детали. Штамп гибочный шарнирный предназначен для гибки U-образной детали толщиной 1 мм из сплава ХН78Т. Разность высот ее полок допускается в пределах 0,5 мм.

На верхней плите 6 штампа установлены хвостовик 4 и пуансон 5 (рис. 19). В углублении нижней плиты 12 установлены закаленные пластины 11, между которыми помещен прижим-выталкиватель 10. Шарнирные полуматрицы 9 с осями 14 и утопающими фиксаторами 8 направляются пазы, расположенными в стойках 7. На направляющие колонки 2 надеты ограничители хода штампа 1. Ход штампа ограничивается упором их в направляющие втулки 3. В открытом положении штампа полуматрицы 9 под действием выталкивателя 10 и винта 13 находятся в развернутом положении. При опускании пол-

Рис. 18. Штамп гибочный шарнирный с роликовой матрицей

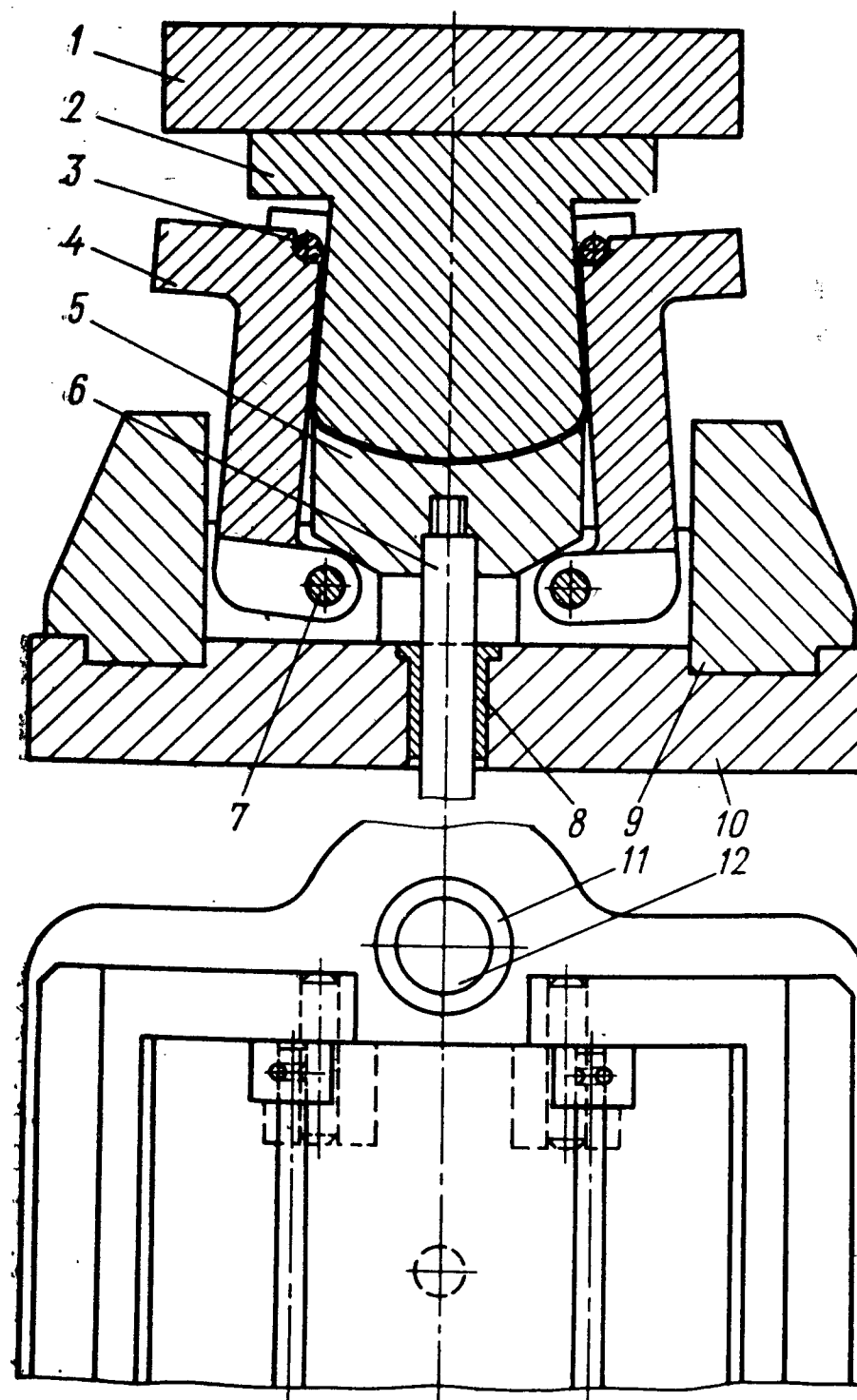
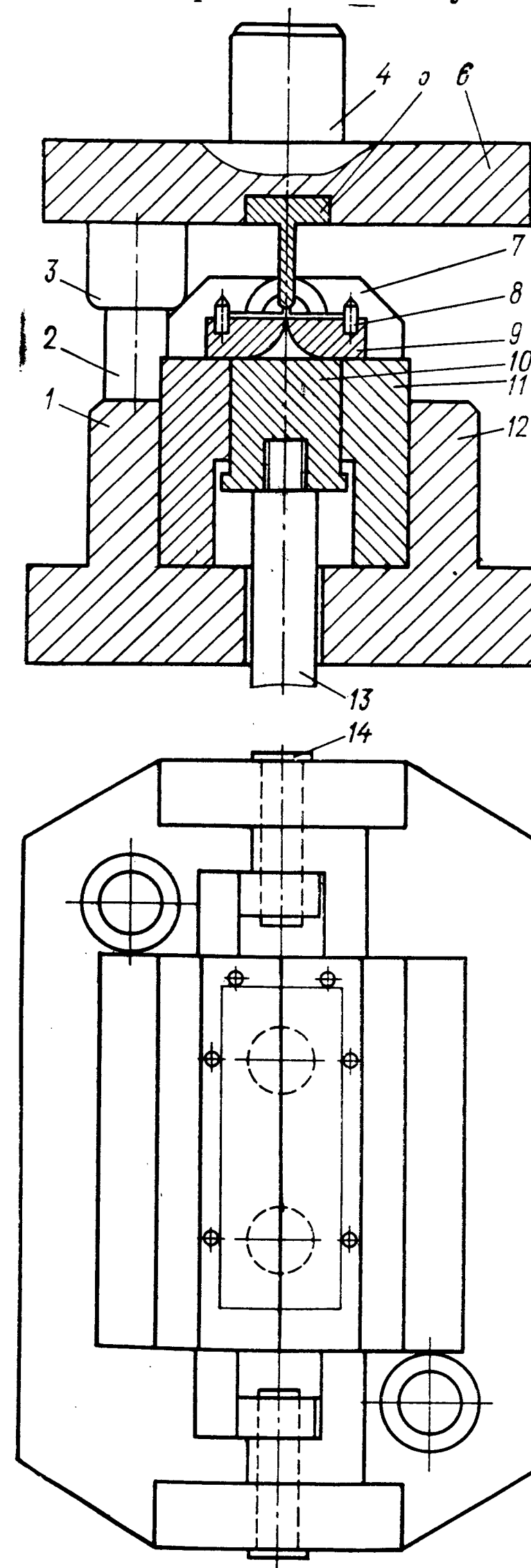


Рис. 19. Штамп шарнирный для гибки V-образной детали (в открытом положении)



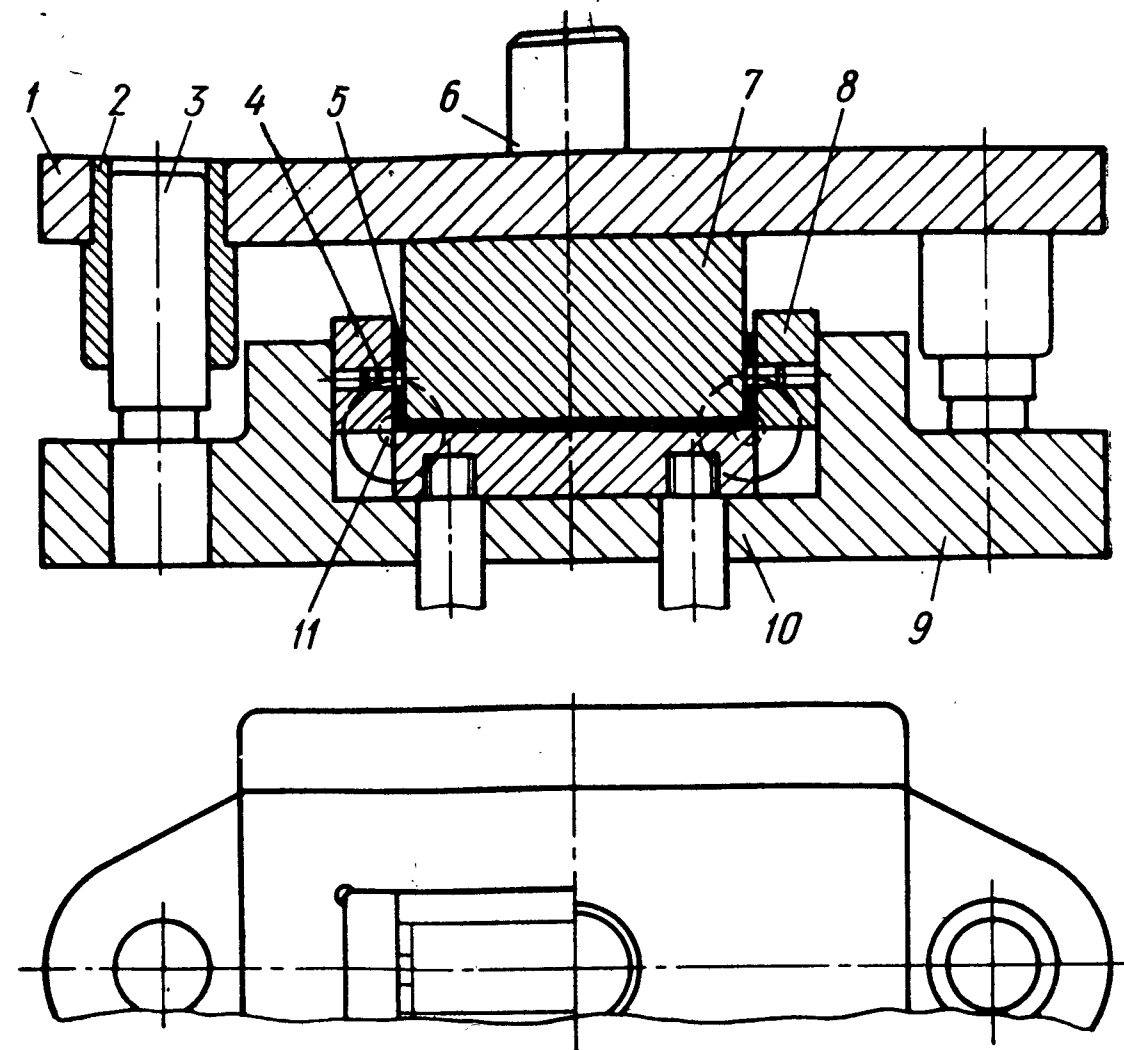


Рис. 20. Штамп шарнирный для гибки скобы с отверстиями, расположенными на полках

зуна пресса пуансон 5, нажимая через штампуемую деталь на шарнирную матрицу, заставляет ее опускаться между пластинами 11 и складываться, вращаясь на осях 14, при этом она придает штампуемой детали требуемую форму.

Штамп шарнирный для гибки скобы с отверстиями. Штамп (рис. 20) предназначен для гибки скобы 5 с отверстиями, расположенными на полках. Несоосность отверстий должна быть $\leq 0,3$ мм. Эта точность достигается эффектом «сопровождающих» фиксаторов (см. с. 23).

На верхней плите 1 установлены направляющие втулки 2, хвостовик 6 и пуансон 7. В углублении нижней плиты 9 расположена трехсекционная шарнирная матрица 8 с фиксаторами 4 и осями 11. В среднюю секцию матрицы ввернуты болты 10. Штамп снабжен направляющими колонками 3.

В исходном положении штампа шарнирная матрица 8 находится в открытом положении, при этом две ее крайние секции располагаются на плите 9. Заготовку укладывают на раскрытую матрицу, фиксируют по отверстиям и изгибают.

Геликоидные гибочные штампы. В промышленности широко применяют детали, изготовленные из проволоки и прутка. Обычно такие детали изготовляют на гибочных автоматах или на сложных по конструкции и наладке клиновых или шарнирных штампах, а также с использованием оправок или слесарных приспособлений. Однако такие детали можно штамповать на

более простых по конструкции и наладке геликоидных штампах [1]. Основной деталью таких штампов является матрица с рабочей поверхностью в виде линейчатого геликоида. Форма последнего в плане соответствует форме штампуемой детали. Напомним, что линейчатый геликоид представляет собой поверхность, образованную винтовым движением линии, касательной к цилиндру, при этом линия все время остается перпендикулярной оси цилиндра.

Принцип работы геликоидного штампа проследим на примере гибки круглой проволочной детали.

Рассмотрим элементарный цилиндрический участок пуансона и матрицы, определяющий гибку детали на некоторый угол θ .

Как и обычный штамп, геликоидный имеет пуансон 1 диаметром D_2 и матрицу 2 (рис. 21). Диаметр D_1 рабочей части пуансона равен диаметру изгибаемой детали. На пуансоне делают цилиндрическую заточку, которая служит оправкой, вокруг нее загибается проволока. Высота заточки T равна диаметру детали d .

При ходе ползуна пресса вниз проволока 3, увлекаемая пуансоном 1, скользит по рабочей части матрицы и загибается по рабочей части пуансона диаметром D_1 . Изогнутая деталь проваливается в отверстие матрицы и стола пресса. Винтовое движение незагнутого конца проволоки определяет геометрическую форму рабочей поверхности матрицы. Это движение складывается из вертикального перемещения и поворота конца проволоки вокруг рабочей части пуансона диаметром D_1 . Незагнутый конец прутка всегда будет касательным к оправке. Под действием вертикальной составляющей силы трения проволока прижимается в процессе гибки к уступу, образованному рабочей частью пуансона, в результате чего изгибаемая деталь всегда находится в плоскости, перпендикулярной оси цилиндра.

При гибке на геликоидной поверхности усилия распределяются равномерно по всей линии касания материала к поверхности матрицы, что гарантирует высокое качество поверхности изгибаемой детали.

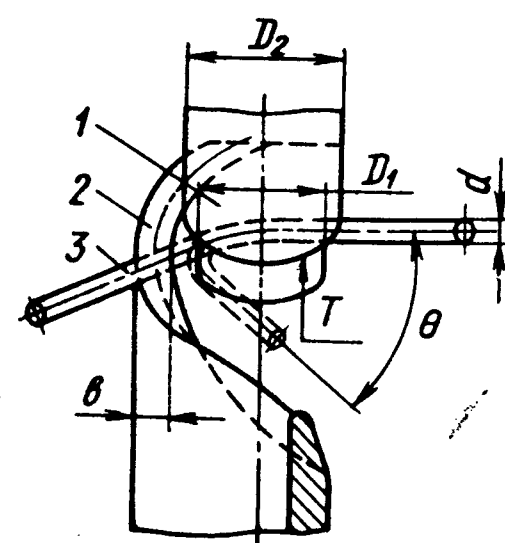
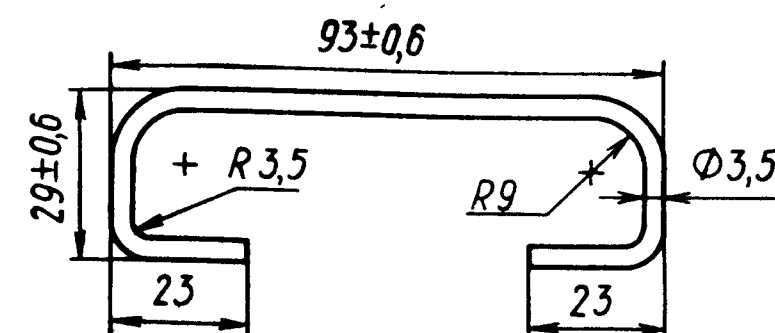


Рис. 21. Схема гибки на геликоидном штампе

Рис. 22. Ручка



Усилие гибки для двух концов детали

$$P_r = \frac{0,44\sigma_n d^2}{R \operatorname{tg} \alpha},$$

где σ_n — предел прочности при изгибе, кгс/мм²; d — диаметр проволоки, мм; R — средний радиус рабочей части матрицы, мм; α° — угол подъема винтовой поверхности.

Гибку на геликоидном штампе обычно совмещают с отрезной заготовкой. Усилие отрезки превосходит усилие гибки, поэтому является определяющим для выбора мощности пресса. Усилие отрезки

$$P_{отр} = 0,785d^2\sigma_{ср},$$

где $\sigma_{ср}$ — предел прочности при срезе.

Распределение сил в процессе гибки на геликоидном штампе зависит от угла подъема винтовой поверхности. Если он будет меньше критического значения β , то произойдет заклинивание и перерезание проволоки. Критический угол подъема винтовой поверхности зависит только от коэффициента трения, равного 0,3, при этом $\beta \approx 17^\circ$. Угол подъема винтовой поверхности

должен быть значительно больше критического угла

$$\beta_1 = k\beta.$$

Практически принимают коэффициент $k=2,5 \div 3,5$, а ширину ребра матрицы равной $2,5d$.

Штамп гибочный геликоидный для ручки (рис. 22). Геликоидный штамп, совмещающий отрезку заготовки с гибкой, предназначен для штамповки ручки из сплава 20X13 (рис. 23).

При рабочем ходе ползуна пресса заготовка из прутка, поданная до упора 3 через втулочную матрицу 10, запрессованную в стойке 11, отрезается ножом 9. Пуансон 4, войдя в рабочую полость матрицы 5, предотвращает выпадание заготовки. Продолжая движение вниз, пуансон своей тор-

цовой поверхностью давит на заготовку, которая скользит незагнутыми концами по геликоидным поверхностям матрицы, в результате чего деталь загибается по оправке пуансона. Изогнутая деталь 7 выпадает через отверстие в матрице и в столе пресса.

Рабочие части штампа смонтированы на нормализованном блоке, состоящем из верхней 1 и нижней 8 плит, связанных между собой направляющими втулками 2 и колонками 6.

Для гибки детали используют гидравлический или механический пресс.

Расчет параметров матрицы геликоидного штампа. Рассчитаем параметры матрицы геликоидного штампа, предназначенного для гибки детали, изображенной на рис. 22.

Приняв $k=3$, определим угол наклона спирали

$$\beta_1 = 3 \cdot 17 = 51^\circ.$$

Назначив ширину матрицы $b=9$ мм (см. рис. 21), определяем ее наружные радиусы, равные сумме наружных радиусов детали и ширины матрицы:

$$R_1 = 7 + 9 = 16 \text{ мм}; \quad R_2 = 12,5 + 9 = 21,5 \text{ мм}.$$

Построив контур матрицы, производим ее разметку. К дугам окружностей $R=12,5$ мм и $R=7$ мм проводим касательные с угловым промежутком 3° (выбирают конструктивно) (рис. 24).

Зная, что шаг спирали по наружному контуру матрицы равен $2\pi R_{1,2} \operatorname{tg} \beta$, и учитывая, что рабочая поверхность матрицы состоит из двух геликоидных поверхностей, плавно переходящих одна в другую, определяем шаг спиралей:

$$Ш_1 = 2\pi \cdot 16 \cdot 1,2349 = 124,1 \text{ мм};$$

$$Ш_2 = 2\pi \cdot 21,5 \cdot 1,2349 = 166,73 \text{ мм}.$$

Вертикальный перепад при угловом промежутке 3° :

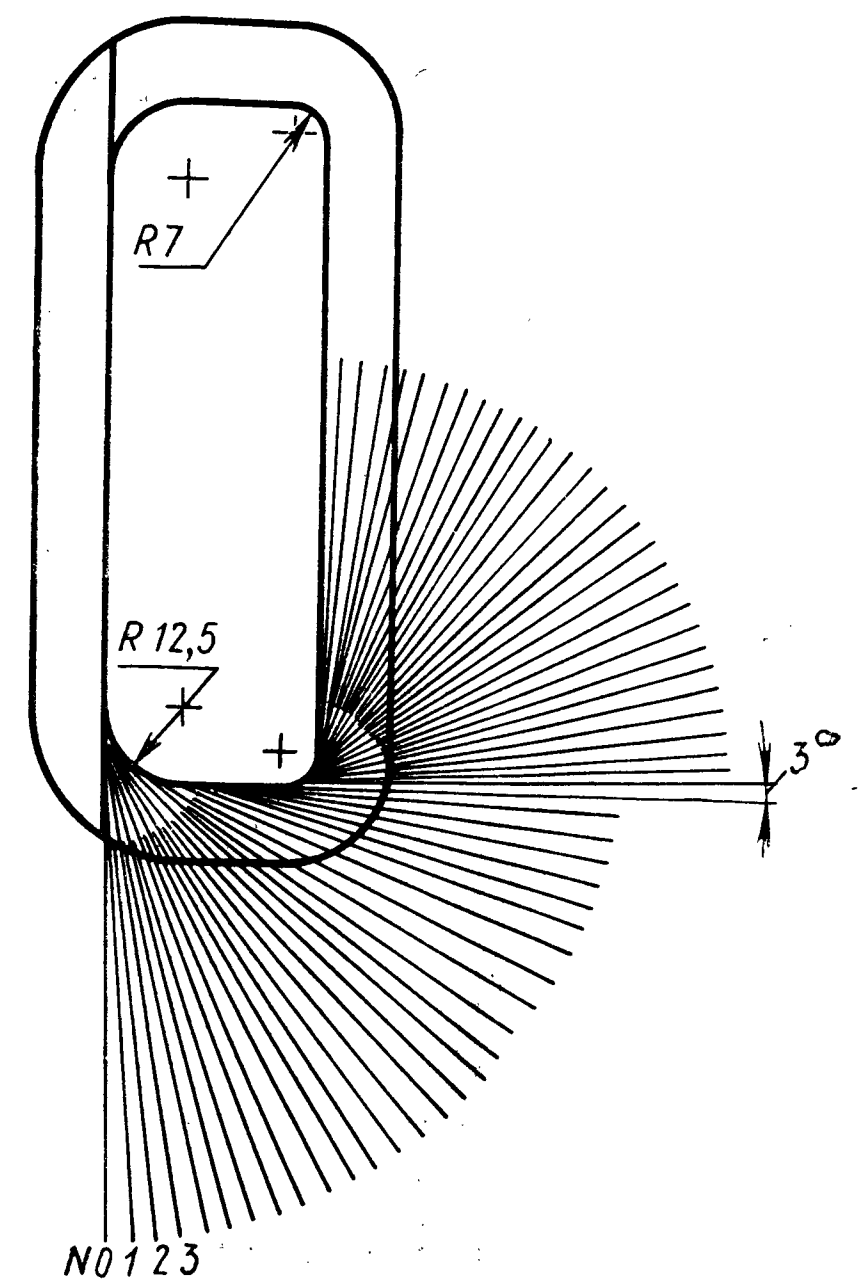


Рис. 24. Разметка контура матрицы геликоидного штампа

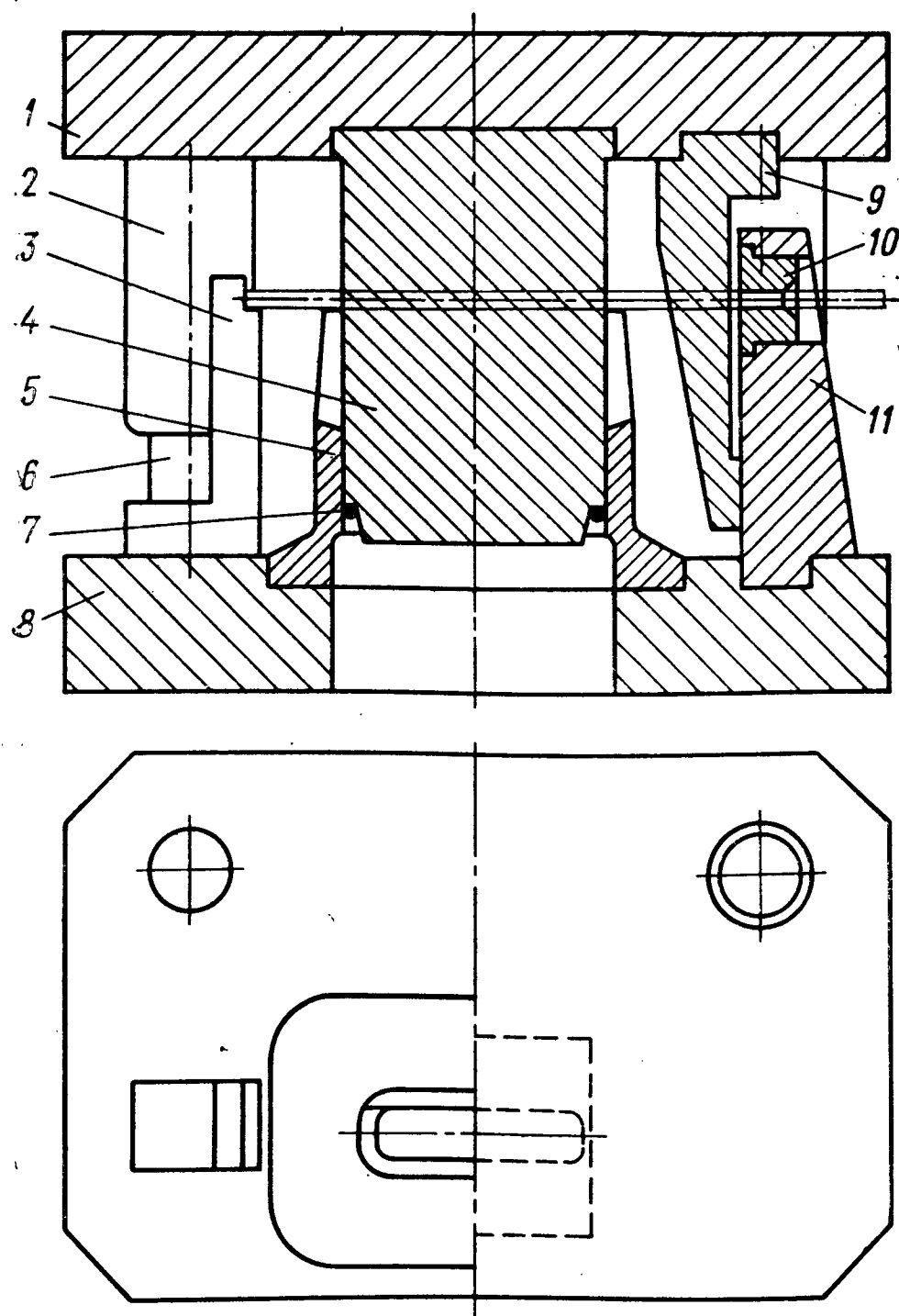


Рис. 23. Штамп геликоидный для ручки

для $Ш_1$

$$f = \frac{124,1 \cdot 3}{360} \approx 1,03 \text{ мм};$$

для $Ш_2$

$$f = \frac{166,73 \cdot 3}{360} \approx 1,4 \text{ мм}.$$

По этим данным составляют таблицу вертикальных координат геликоидной поверхности (табл. 8).

Таблица 8. Разметка геликоидной поверхности матрицы (рис. 25)

N h	0 115	1 113,6	2 112,2	3 110,8	4 109,4	5 108	6 106,6	7 105,2
N h	8 103,8	9 102,4	10 101	11 99,6	12 98,2	13 96,8	14 95,4	15 94
N h	16 92,6	16 91,2	18 89,9	19 88,4	20 87	21 85,6	22 84,2	23 82,8
N h	24 81,4	25 80	26 78,6	27 77,2	28 75,8	29 74,4	30 73	31 71,97
N h	32 70,94	33 69,91	34 68,88	35 67,85	36 66,82	37 65,79	38 64,76	39 63,73
N h	40 62,7	41 61,67	42 60,6	43 59,57	44 58,54	45 57,51	46 56,48	47 55,44
N h	48 54,41	49 53,38	50 52,35	51 52,32	52 51,29	53 50,26	54 49,23	55 48,2
N h	56 47,17	57 46,14	58 45,11	59 44,08	60 43,05	61 42,02	62 40,99	—

Винтовую спираль размечают по наружной поверхности матрицы. Вначале проводят касательные к внутренним радиусам матрицы, как показано на рис. 25. Затем через точки пересечения касательных с наружной поверхностью матрицы проводят

вертикальные линии, на каждой из которых откладывают перепад.

Геликоидная поверхность может быть легко получена обработкой на универсально-фрезерном станке, настроенном на обработку спирали с шагом $Ш$. Высокая точность при обработке спирали не требуется, однако необходимо обеспечить плавность переходов.

Штамп гибочный для П-образного профиля. Особенность конструкции штампа (рис. 26) заключается в использовании пневматического выталкивателя, усилие которого создается сжатым воздухом, подаваемым в резиновый шланг 11, расположенный в углублении нижней плиты 12. Шланг крепят сек-

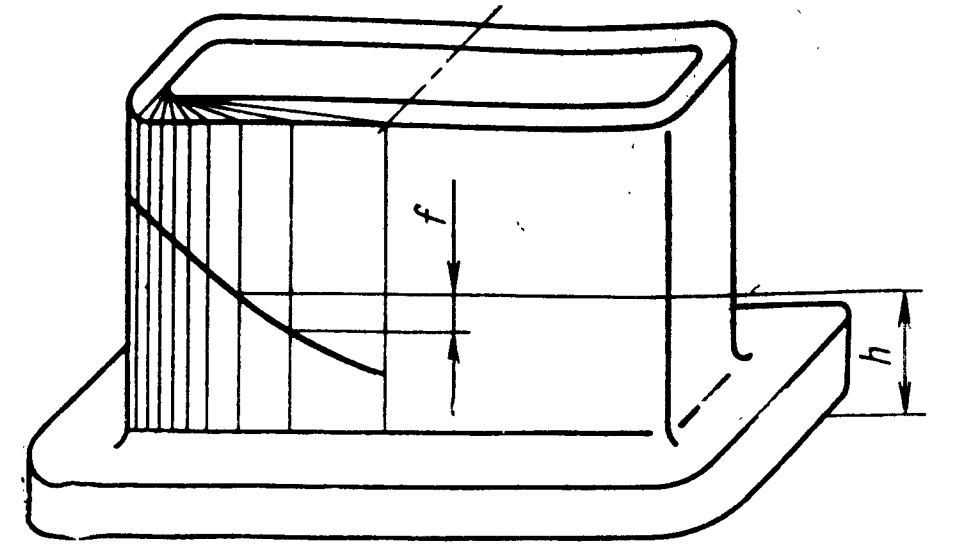


Рис. 25. Построение геликоидной поверхности матрицы штампа

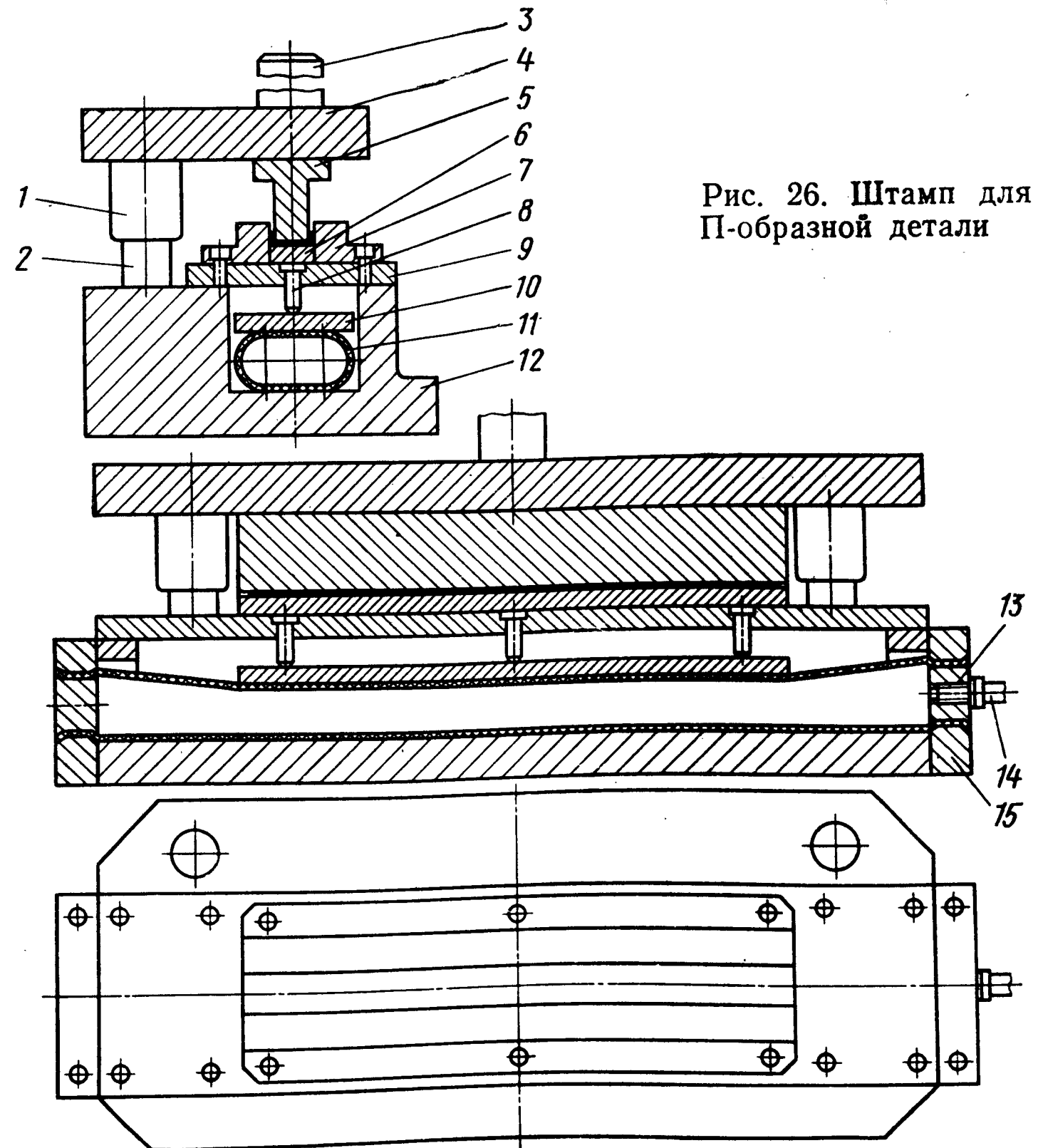


Рис. 26. Штамп для гибки П-образной детали

ционными державками 15, обжимающими с двух сторон вкладыши 13. В один из вкладышей ввернут штуцер 14, через который подается сжатый воздух в шланг.

Верхнюю часть штампа с пуансоном 5 крепят к ползуну прессы хвостовиком 3, ввернутым в плиту 4. При закрытом положении штампа выталкиватель 6 через шпильку 8 и планку 10 сжимает шланг, создавая в нем избыточное давление, под действием которого изделие выталкивается из матрицы 7, установленной на плите 9. Направляющие втулки 1 и колонки 2 упрощают центрирование и установку штампа.

3. ВЫТЯЖКА БЕЗ ПРЕДНАМЕРЕННОГО УТОНЕНИЯ МАТЕРИАЛА

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА

Легированные сплавы благодаря высокой пластичности и благоприятным сочетаниям механических свойств обладают хорошей способностью к глубокой вытяжке, однако при этом они упрочняются; упрочнение сталей аустенитного класса выше упрочнения сталей ферритного класса. Для восстановления пластичности металл подвергают термической обработке, проводимой после каждого перехода вытяжки (табл. 9).

Коэффициенты вытяжки легированных и титановых сплавов выбирают по табл. 10.

Для вытяжки легированных сплавов следует правильно выбирать геометрические размеры штампа. Для первой вытяжки радиус скругления матрицы назначают равным 8—10 толщи-

Таблица 9. Режимы межоперационной термической обработки легированных сплавов

Материал	Термическая обработка		
	Вид	Температура, °С	Охлаждающая среда
08X18H10	Закалка	1050+10	Вода
12X18H9	»	1150+10	»
12X18H9T	»	1080+10	»
12X18H10T	»	1050+10	»
X25H16Г7АР	»	1150+10	Вода, воздух
XH78T	»	1000+10	Вода
XH75МБТЮ	»	1080+10	»
XH60BT	»	1190+10	»
OT4-1	Отжиг	650+10	Вода, воздух
BT5-1	»	750+10	Воздух
Л63М	»	650+10	»

Примечание. Время нагрева 2 мин на 1 мм толщины материала плюс 5—8 мин. Время исчисляется с момента достижения заданной температуры.

Таблица 10. Рабочие коэффициенты вытяжки с прижимом полых цилиндрических деталей из легированных сталей и сплавов [4]

Материал	Коэффициент вытяжки для операций	
	первой	второй и последующих
Хромистые стали	0,57—0,62	0,8—0,83
Стали и сплавы на никелевой и хромоникелевой основе	0,52—0,57	0,7—0,9
Титановые сплавы:		
BT1-1	0,58—0,59	0,8
BT1-2	0,58—0,61	
OT4-1	0,59—0,62	
OT4	0,62—0,71	

нам штампуемого материала, для последующих вытяжек — 0,6—1,0 радиуса матрицы при первой вытяжке. Радиус скругления рабочей кромки пуансона для первой вытяжки равен 0,5 радиуса скругления матрицы. Для последующих вытяжек этот радиус принимают равным половине разности диаметров промежуточных полуфабрикатов. Соблюдение этого условия исключит появление кольцевых следов на образующей вытянутой детали вследствие утонения материала.

Зазор между пуансоном и матрицей принимают в пределах 1,2—1,3 толщины материала. При калибровке зазор равен 1,1 толщины материала.

Вытяжка легированных сплавов сопровождается интенсивным налипанием штампуемого материала на рабочие поверхности пуансона и матрицы. Это приводит к быстрому износу штампов и появлению рисок и надиров на штампуемых деталях.

Производственный опыт показал, что более высокую стойкость имеют пуансоны и матрицы, изготовленные из хромоникелевого или магниевого чугуна (см. табл. 14).

Наиболее надежным и дешевым способом защиты поверхности штампуемых деталей от появления рисок и надиров, а пуансонов и матриц от быстрого износа является покрытие заготовок специальными лаками А-113 или АК-113Ф, образующими после высыхания защитную пленку. Лак наносят пульверизатором через сопло № 2, затем сушат при температуре 15—35°С в течение 20—25 мин. Наносить лак на заготовку следует в специальном незапыленном помещении, так как пылинки, осевшие на влажной поверхности, могут привести к образованию рисок и надиров на штампуемых деталях и

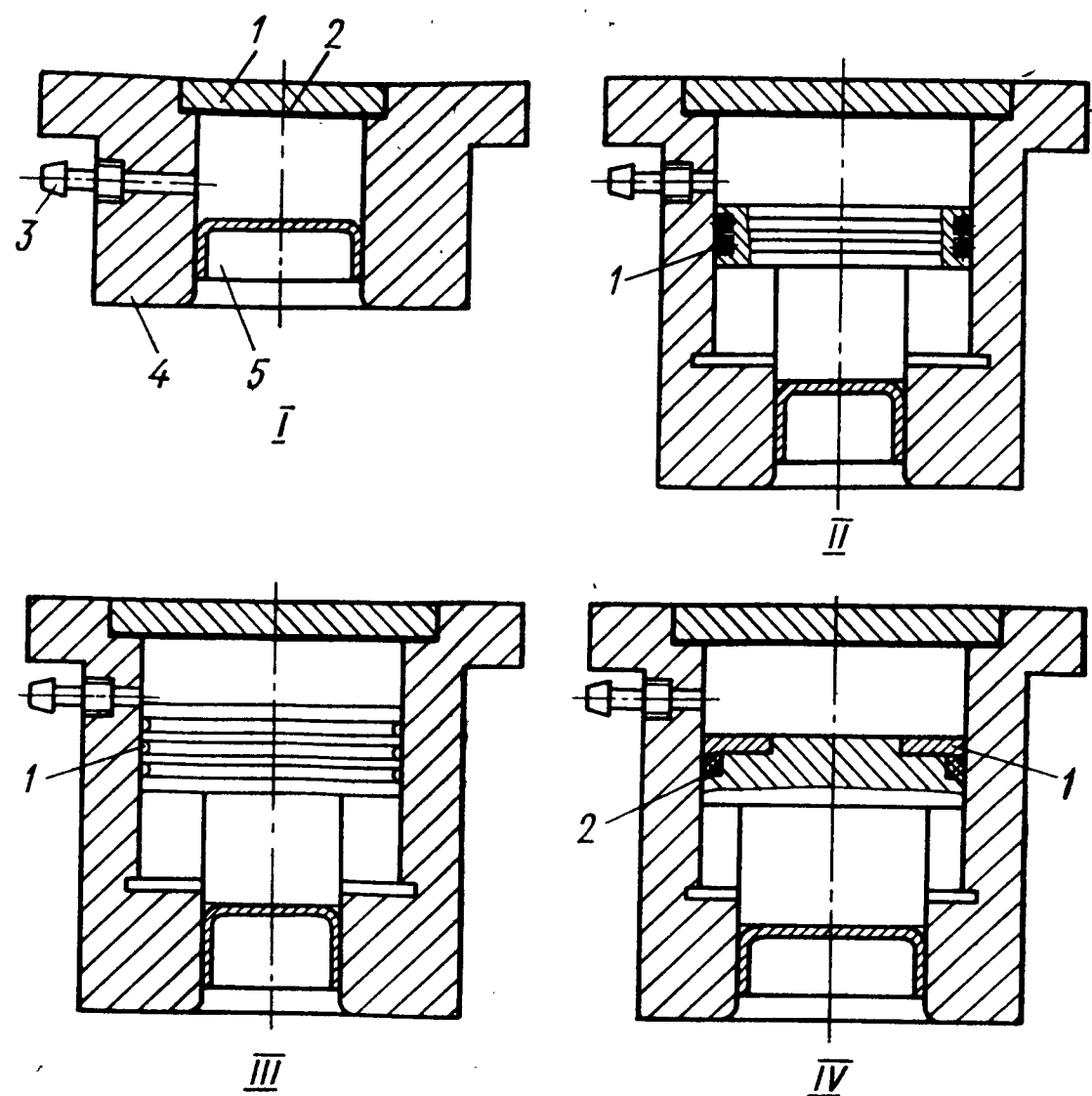


Рис. 27. Типы пневматических выталкивателей

штампах. Защитную пленку удаляют растворителем Р5 или Р4. Допускается удаление лака нагревом до температуры 500°С.

Термическая обработка деталей, полученных вытяжкой, должна выполняться не позднее чем через 8—10 ч после пластической деформации, во избежание растрескивания под действием внутренних напряжений.

Для предотвращения механических повреждений поверхности отштампованных деталей при их выталкивании из матрицы рекомендуется проектировать вытяжные штампы с пневматическими выталкивателями, гарантирующими плавное выталкивание деталей из матрицы штампа.

Пневматические выталкиватели, применяемые в вытяжных штампах, показаны на рис. 27.

В конструкции выталкивателей I штампуемая деталь удаляется из матрицы 4 сжатым воздухом, подаваемым через штуцер 3. Верхняя полость матрицы уплотнена поранитовой прокладкой 2 и крышкой 1. Выталкиватели такого типа применяют в вытяжных штампах, в которых допускается некоторый прогиб дна детали, например, в штампах для промежуточных операций. Усилие, необходимое для выталкивания, зависит от диаметра дна детали. Это усилие равно $\frac{1}{6}$ усилия вытяжки.

Пневматические выталкиватели II—IV применяют в вытяжных штампах, если габаритные размеры детали в плане недостаточны для создания усилия, необходимого для выталкивания ее из матрицы; в штампуемой детали не допускается прогиб

дна, например в штампах для окончательных операций вытяжки; требуется подчеканка или формовка дна детали. При этом выталкиватель, являясь формообразующим элементом, должен доходить до упора.

В конструкции выталкивателей II для уплотнения используются резиновые кольца 1, изготовленные из маслостойкой резины. Сопрягаемые поверхности выполняют по ходовой посадке 3-го класса точности. Срок службы резиновых колец составляет около 500 тыс. ходов.

В конструкции выталкивателей III уплотнение создается консистентной смазкой, заполняющей кольцевые канавки в поршне 1. Цилиндрические поверхности поршня и цилиндра сопрягаются по ходовой посадке 3-го класса точности.

Конструкцию IV применяют в крупногабаритных штампах, а также в штампах, имеющих в плане фигурный выталкиватель. В этой конструкции уплотняющим элементом является хлопчатобумажный, пропитанный антифрикционным составом шнур или пеньковый шнур 2, поджатый крышкой 1.

Изменение толщины материала при вытяжке должно учитываться при назначении зазора между пуансоном и матрицей.

Характер изменения толщины материала при вытяжке цилиндрического стакана из сплава ХН78Т (лист толщиной 1 мм) в зависимости от коэффициента вытяжки m показан на рис. 28. Из графика видно, что наибольшее утонение происходит в месте изгиба у дна стакана, а наибольшее утолщение — на верхней его кромке.

Для определения характера утолщения рассмотрим вытяжку цилиндрической детали из заготовки диаметром D_1 . Выделим на вытянутой детали сектор АОВ (рис. 29) и рассмотрим силы, действующие на него. Часть сектора, расположенная на дне детали, незначительно подвергается действию каких-либо напряжений, поэтому толщина дна остается почти неизменной. Прямоугольник, расположенный на образующей цилиндра,

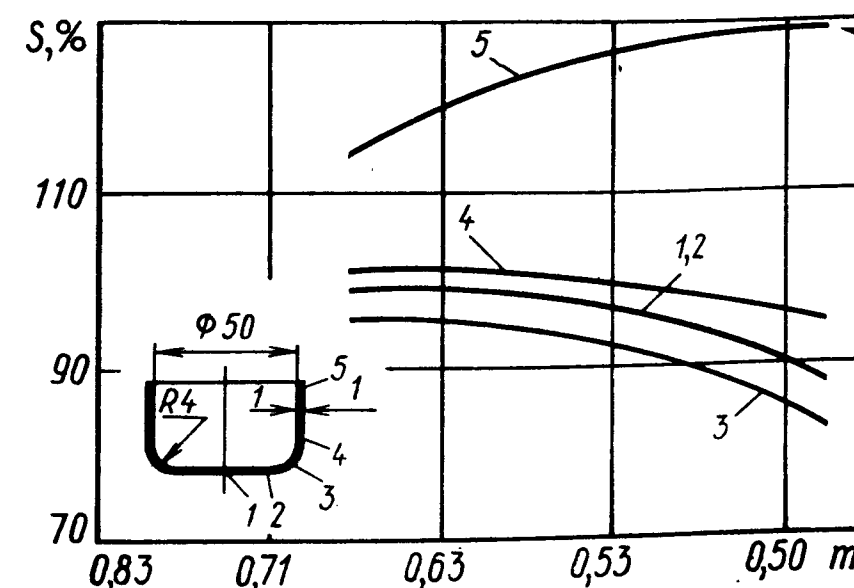


Рис. 28. Характер изменения толщины материала при вытяжке стакана

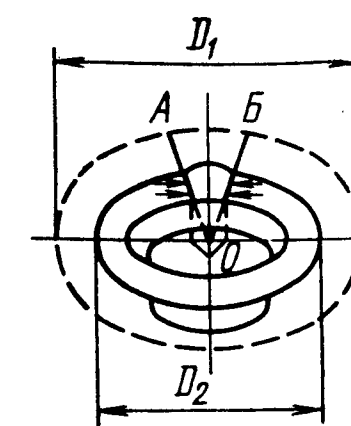


Рис. 29. Утолщения при вытяжке

находится под действием тангенциальных сжимающих напряжений в плоскости, перпендикулярной образующей, и растягивающих напряжений в осевом направлении. Фланец диаметром D_2 также находится под действием тангенциальных напряжений, что приводит к складкообразованию при малой относительной толщине материала и недостаточном усилии прижима, к утолщению фланца и верхней части детали при большой относительной толщине.

Вытяжка с прямым и обратным коническим прижимом. Уменьшение числа переходов при вытяжке деталей из листа дает значительный экономический эффект: снижается трудоемкость, уменьшается количество дорогостоящих штампов.

Для сокращения числа переходов при вытяжке рекомендуется применять вытяжные штампы с коническими прижимами.

Конические прижимы подразделяют на два вида: прямой и обратный.

Прямой конический прижим применяют при вытяжке деталей цилиндрических или с небольшим углом наклона образующей; обратный — при вытяжке деталей сферической, конической, овальной и других сложных форм.

Механизм действия конического прижима легко понять, рассмотрев формулу Л. А. Шофмана [13], определяющую давление течения, отнесенное к выходному сечению полого цилиндра в любой момент вытяжки:

$$p = [(\sigma_1 + \sigma_T)(e^{\mu\alpha} + \sigma_T)] \sin \alpha,$$

где σ_1 — радиальные растягивающие напряжения, непосредственно связанные с сопротивлением деформированию металла; σ_T — удельное сопротивление трению от силы прижима заготовки; σ_T — удельное сопротивление от изгиба на входной кромке матрицы; $e^{\mu\alpha}$ — величина, характеризующая сопротивление трению на входной кромке матрицы; μ — коэффициент трения; α — угол охвата материалом входной кромки матрицы.

Анализируя эту формулу, можно установить, что в штампе с прямым прижимом угол $\alpha = 90^\circ$ в любой момент вытяжки. При этом давление течения p достигает максимальной величины.

В штампе с прямым коническим прижимом угол $\alpha < 90^\circ$, при этом уменьшается $\mu\alpha$, а следовательно, и p , что дает возможность получить из плоской заготовки полую деталь с большей относительной высотой, чем на штампе с плоским прижимом.

Рассмотрим схему штампа с прямым коническим прижимом (рис. 30). Штамп устанавливают на пресс двойного действия. При рабочем ходе наружного ползуна пресса плоская заготовка под действием прижима 3 превращается в конус 1 с макси-

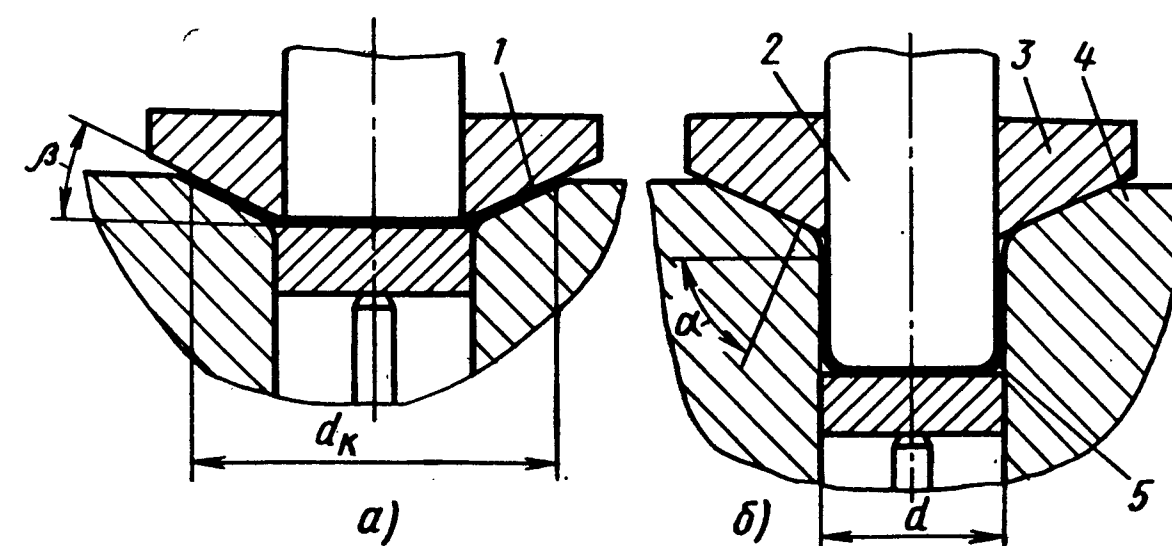


Рис. 30. Схема штампа с прямым коническим прижимом

мальным диаметром d_k (рис. 30, а). Затем начинается движение пуансона 2, прикрепленного к внутреннему ползуну. В матрице 4 вытягивается цилиндрический стакан 5 (рис. 30, б).

В штампе с обратным коническим прижимом (рис. 31) угол $\alpha > 90^\circ$, увеличиваются $\mu\alpha$ и p , что создает дополнительное торможение на входной кромке матрицы и дает возможность штамповать за одну операцию детали, которые на обычном штампе получить невозможно.

Штамп с обратным коническим прижимом работает аналогично штампу с прямым коническим прижимом. Плоская заготовка под действием прижима 3, закрепленного на наружном ползуне пресса, превращается в конус 1 диаметром d_k (рис. 31, а). При ходе внутреннего ползуна пресса пуансон 2 образует по матрице-выталкивателю 6 и матрице 4 деталь заданной формы 5 (рис. 31, б).

Расчеты параметров штампов с коническим прижимом аналогичны расчетам для обычных штампов.

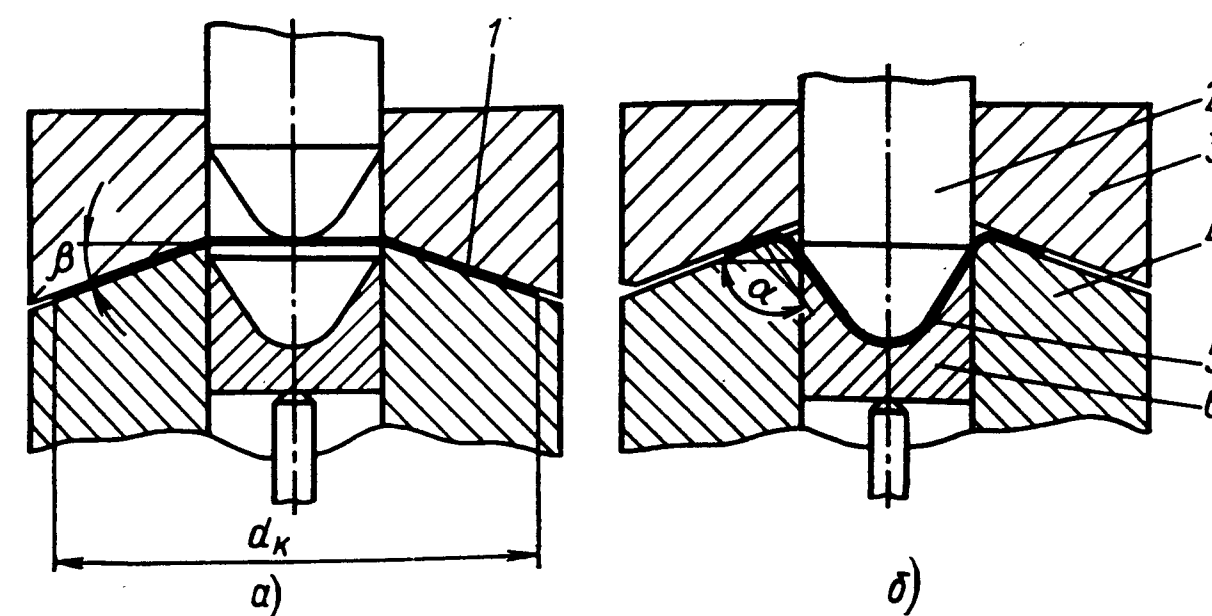


Рис. 31. Схема штампа с обратным коническим прижимом

Угол конусности прижима и фланцевой части матрицы определяют по формуле [8]

$$\cos \beta = \frac{\frac{D^2}{N^2} - d^2}{D^2 - d^2},$$

где D — диаметр заготовки, мм; d — диаметр детали, мм; N — коэффициент посадки конусной чашки, образованной прижимом и фланцевой частью матрицы, $N = D/d$; значения его приведены ниже:

$S_{отн}$	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
N	0,757	0,813	0,840	0,645	0,886	0,905	0,921	0,934	0,948
$S_{отн}$	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,1	0,05
N	0,96	0,969	0,976	0,985	0,99	0,993	0,995	0,996	0,997

Минимальный коэффициент вытяжки в штампах с коническим прижимом рассчитывают по формуле

$$m_k = km,$$

где m — коэффициент вытяжки для штампов с плоским прижимом; k — коэффициент, определяемый в зависимости от $S_{отн} = \frac{S}{D} 100$, значения его приведены ниже:

$S_{отн}$	1,8	1,15	1,0	0,6	0,3	0,15	0,08	0,05
k	0,81	0,82	0,85	0,855	0,86	0,87	0,88	0,89

КОНСТРУКЦИИ ШТАМПОВ

Штамп вытяжной с прямым коническим прижимом. Возможности вытяжки на штампах с прямым коническим прижимом были проверены при штамповке двух цилиндрических деталей диаметром 139 мм, высотой 110 мм и диаметром 200 мм, высотой 145 мм. Для вытяжки первой детали использовали заготовку из сплава ХН75МБТЮ диаметром 285 мм, толщиной 1,2 мм; для второй — заготовку из сплава 12Х18Н9Т диаметром 405 мм, толщиной 1,2 мм. Ранее эти детали вытягивали за две операции.

На штампах с коническим прижимом обе детали были вытянуты за одну операцию. Коэффициент вытяжки $m = 0,49$, относительная глубина соответственно 0,79 и 0,73. Утонение материала после вытяжки не превысило 15% исходной толщины заготовки.

Рассмотрим конструкцию штампа с прямым коническим прижимом (рис. 32), предназначенного для вырубki заготовки и вытяжки цилиндрической детали.

Полосу металла укладывают на вырубную матрицу 6, запрессованную в нижнюю плиту 11. При ходе наружного пол-

зуна прессы двойного действия верхняя плита 2 с резиновым буфером 13 и съемником 5 прижимает полосу к плоскости матрицы 6. Прижим 4, служащий и вырубным пуансоном, вначале вырубает заготовку, а затем вместе с вытяжной матрицей 8 образует конус. После остановки наружного ползуна прессы внутренний ползун с помощью проставки 1 и пуансона 7, закрепленных болтом 3 и гайками 9, вытягивает цилиндрическую деталь. Из матрицы деталь извлекается выталкивателем 10 с помощью шпильки 12.

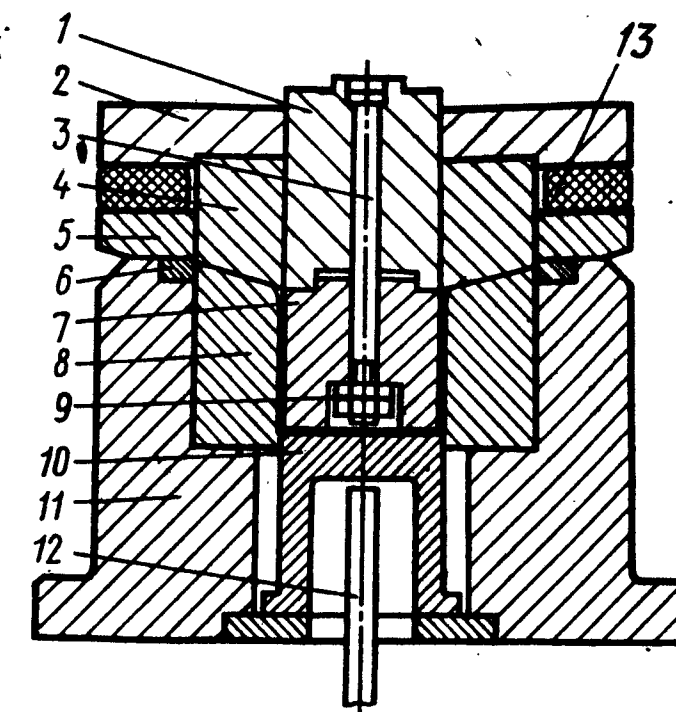


Рис. 32. Штамп вытяжной с прямым коническим прижимом

Штамп вытяжной с обратным коническим прижимом. Вытяжка деталей сферической, конической и других сложных форм представляет трудности, связанные с потерей устойчивости заготовки в начальный момент вытяжки, что объясняется увеличенным зазором между пуансоном и матрицей.

Известны различные способы вытяжки деталей такого типа, например, реверсивная из цилиндрической заготовки, с предварительным набором металла, на разрезном пуансоне и др. Детали, полученные этими способами, имеют, как правило, волнистую поверхность. Увеличение усилия прижима заготовки приводит к утонению или обрыву материала. Волнистость поверхности устраняют ротационной вытяжкой или правкой вручную.

Сферическая деталь (рис. 33, а) толщиной 1 мм из сплава ХН60ВТ получена за одну операцию на штампе с обратным коническим прижимом (рис. 33, б).

Штамп устанавливают на пресс двойного действия. Прижим заготовки осуществляет наружный ползун прессы, вытяжку — внутренний. Угол конусности прижима 1 и фланцевой части матрицы 5, запрессованной в корпус 6, равен 12°.

Заготовку диаметром 275 мм устанавливают в фиксатор 3. При движении вниз наружный ползун образует коническую заготовку с углом, соответствующим углу между прижимом и фланцевой частью матрицы, что предотвращает складобразование. После остановки наружного ползуна пуансон 2 под действием внутреннего ползуна образует деталь заданной формы в матрице 5 и формообразующей матрице 4, которая временно является и выталкивателем. Из штампа деталь извлекается с помощью шпильки 7.

При данном способе вытяжки радиус скругления матрицы

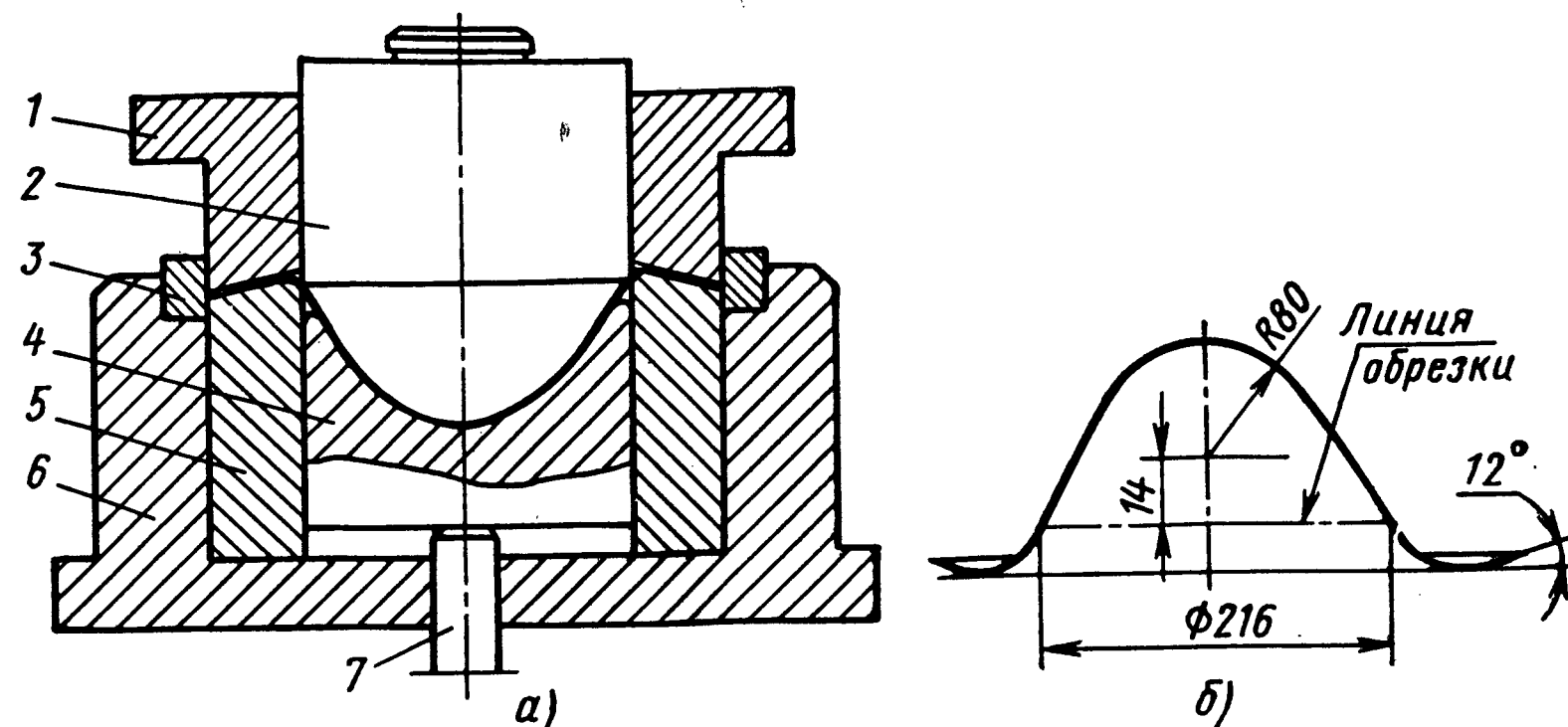


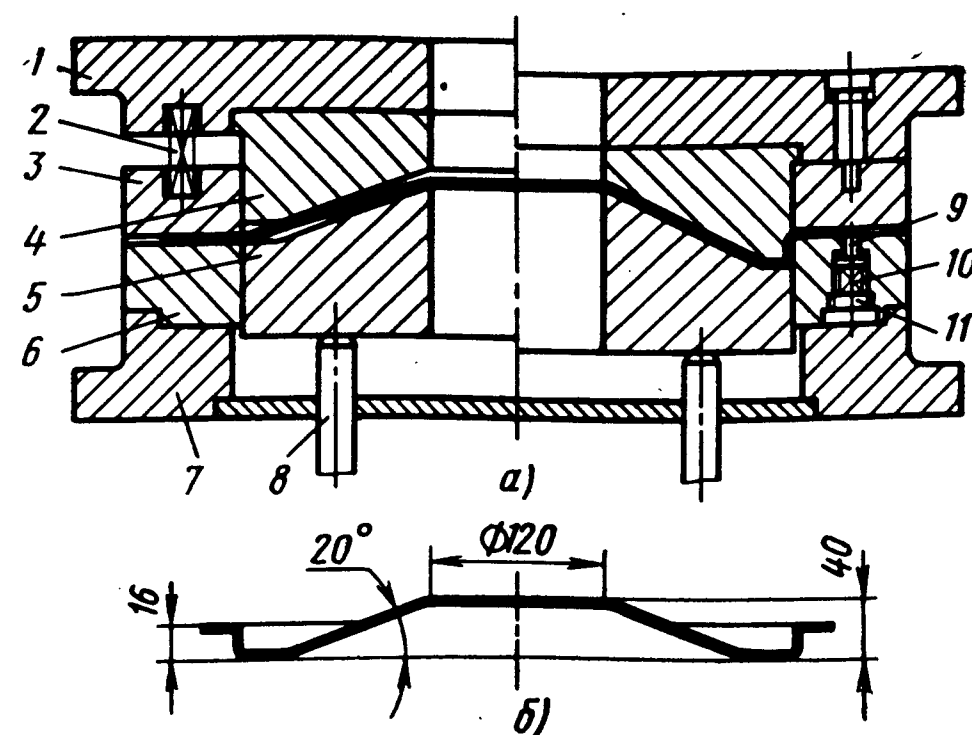
Рис. 33. Штамп вытяжной с обратным коническим прижимом (а) и деталь, полученная на нем (б)

принимают на 10—15% меньше рекомендуемого, что дает возможность увеличивать его при доводке.

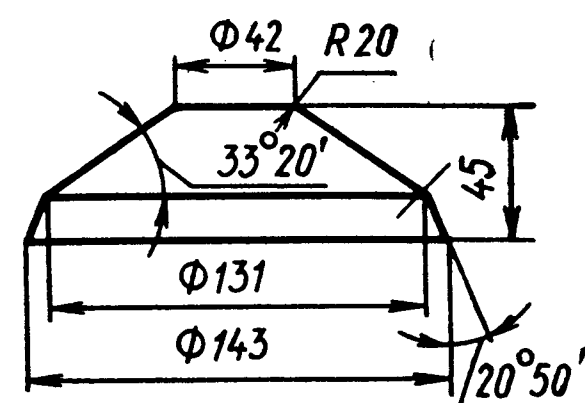
Штамп для вытяжки конической детали с большим углом наклона образующей. Вытяжка конических деталей с большим углом наклона образующей затруднена тем, что в процессе вытяжки большая часть заготовки остается неприжатой. Заготовка теряет устойчивость, на детали образуются складки.

Вытяжной штамп (рис. 34) обеспечивает вытяжку детали с большим углом наклона образующей в соответствии с требованиями чертежа. Материал детали — лист из сплава 14X17H2, толщиной 1,5 мм.

К верхней плите 1 штампа прикреплены матрица 4 ступенчатыми винтами и прижим 3. Между верхней плитой 1 и прижимом 3 на одинаковых расстояниях друг от друга установлено



← Рис. 34. Штамп для вытяжки детали с большим углом наклона образующей (а) и деталь (б), полученная на нем
Рис. 35. Деталь, полученная реверсивной вытяжкой



18 пружин 2 и шесть упоров (на рисунке условно не показаны). На нижней плите 7 расположено кольцо 6, внутри которого находится подвижный пуансон 5, опирающийся на шпильки 8. Заготовка фиксируется штырями 9 с пружинами 10 и пробкой 11. Штамп устанавливают на гидравлический пресс.

Вытяжку детали выполняют за две операции с промежуточной термической обработкой. Для выполнения первой операции на верхнюю плоскость прижима 3 устанавливают упоры, высоту которых определяют при наладке. Окрашенную защитным лаком и смазанную машинным маслом заготовку устанавливают между штырями 9 на плоскость кольца 6, к которому она прижимается ползуном пресса. После остановки ползуна включается прижимное устройство, которое с помощью шпилек 8 перемещает пуансон 5 вверх, в результате чего заготовка принимает предварительную форму. После термической обработки упоры снимают с прижима. Полуфабрикат устанавливают на пуансон. Вторая вытяжка выполняется обычным способом.

Технологический процесс вытяжки и конструкцию штампа используют при холодной штамповке аналогичной детали из титанового сплава BT5-1, который обычно штампуют с нагревом заготовки.

Штамп для реверсивной вытяжки конической детали. Коническую деталь из сплава АМцАМ толщиной 1 мм (рис. 35) изготовляли ротационной вытяжкой без преднамеренного утонения на токарно-давальном станке. Операция трудоемкая и не обеспечивала необходимого качества детали. Получить деталь обычной вытяжкой не удавалось.

Применив способ реверсивной вытяжки, предложенный Л. А. Шофманом и др., деталь получили вытяжкой за одну операцию на штампе, показанном на рис. 36. Штамп состоит из хвостовика 1, матрицы 2, кольца 3, пуансона 4, нижней плиты 5 и выталкивателя 6.

Рассмотрим последовательность вытяжки детали на данном штампе (рис. 37). Заготовку укладывают в фиксирующую часть штампа.

Переход I. При опускании матрицы 2 до верхнего основания пуансона получаем коническую чашку с волнообразной образующей, так как вытяжка происходит без прижима.

Переход II. При дальнейшем опускании матрицы 2 коническая чашка попадает в зазор между матрицей 2 и кольцом 3, обтягивается по пуансону 4. В результате расправления складок в зазоре между пуансоном и кольцом создается дополнительный прижим, способствующий получению детали по шаблону и без гофр.

Переход III. Штамп закрыт. После подъема ползуна пресса деталь выталкивается. Угол в верхней части кольца равен 10°, зазор между матрицей 2 и кольцом 3 равен $1^{+0,05}$ мм.

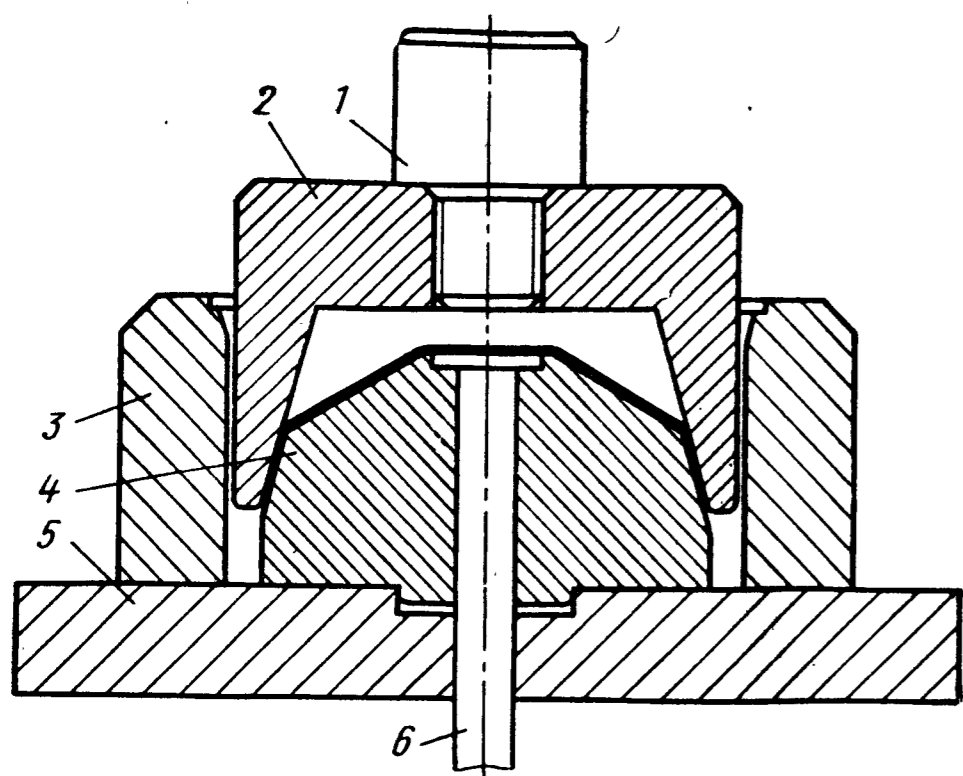


Рис. 36. Штамп для реверсивной вытяжки конической детали

ансона 6, выталкивателя 7, корпуса 8, нижней плиты 9, маркетной шпильки 10 и фиксатора 11.

Заготовку диаметром 300 мм, окрашенную защитным лаком и смазанную машинным маслом, устанавливают на плоскость матрицы 3—5 между фиксаторами 11. Далее, в последовательности, описанной выше, происходит вытяжка детали, которая после подрезки принимает вид, показанный на рис. 38.

Углы сменных матриц соответственно равны 5, 10 и 15°, подбирают их при наладке.

Однооперационная реверсивная вытяжка конической детали с фигурным фланцем по сравнению с ранее применявшейся вытяжкой через порог матрицы позволила уменьшить диаметр заготовки, что дало экономию титанового сплава 1,2 кг на одну деталь и значительно улучшило качество последней.

Штамп для реверсивной вытяжки стабилизатора. Стабилизатор из листа сплава ХН60В толщиной 1,2 мм (рис. 40) ранее изготавливали сваркой из трех секторов. Такая технология была

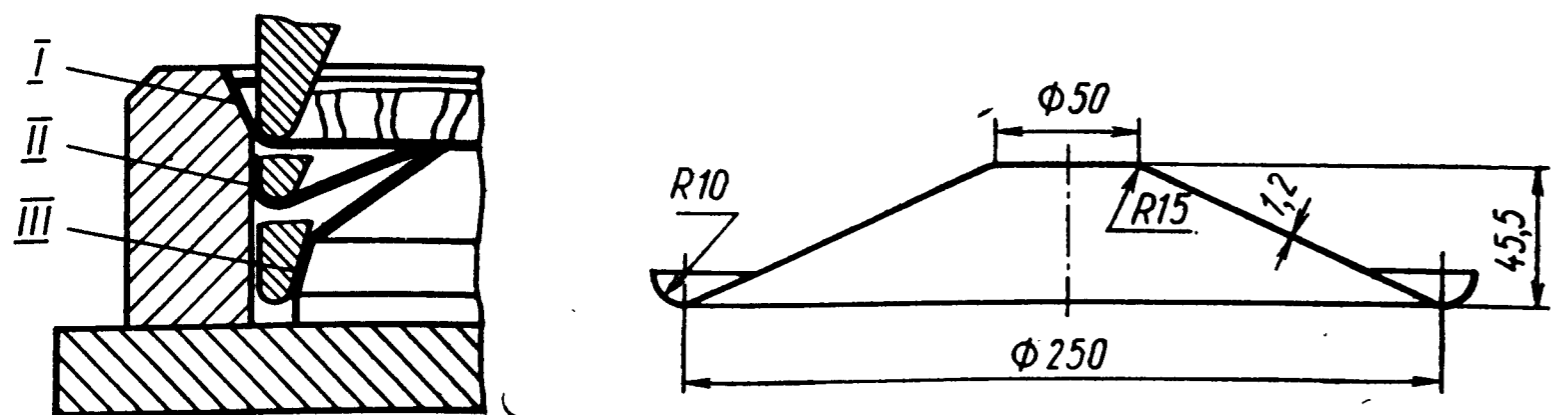


Рис. 37. Последовательность вытяжки конической детали на штампе для реверсивной вытяжки

Рис. 38. Коническая деталь с фигурным фланцем

Штамп для однооперационной реверсивной вытяжки конической детали с фигурным фланцем. На основе метода Л. А. Шофмана и П. И. Локотош был разработан штамп для однооперационной реверсивной вытяжки детали с фигурным фланцем (рис. 38). Материал детали — титановый лист из сплава ОТ4-1 толщиной 1,2 мм.

Конструкция штампа (рис. 39) состоит из верхней плиты 1, матрицы 2, сменных матриц 3—5, пу-

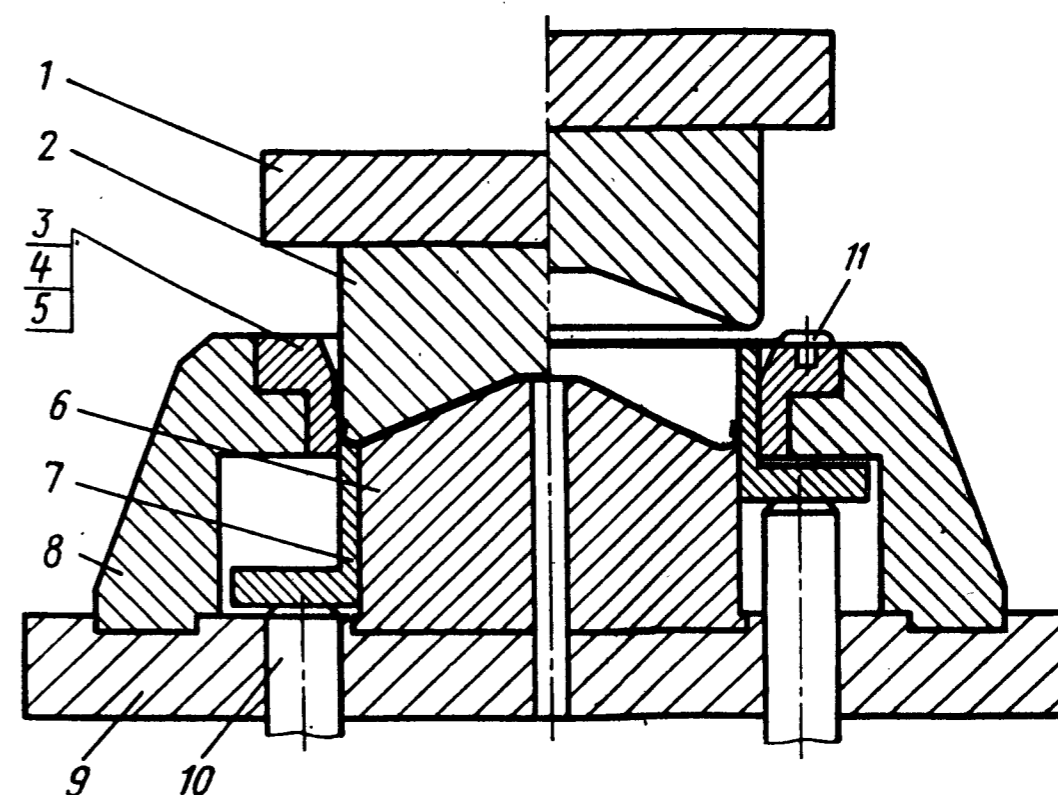


Рис. 39. Штамп для однооперационной реверсивной вытяжки конической детали с фигурным фланцем

неэкономичной, трудоемкой и не обеспечивала требуемого качества детали.

Способ реверсивной вытяжки позволил получить за две операции деталь высокого качества без сварных швов. Первая операция — вытяжка на обычном вытяжном штампе конической чашки диаметром, равным максимальному диаметру детали. Затем термическая обработка, окраска и смазка. Вторая операция — вытяжка реверсивным способом.

В конструкции штампа для реверсивной вытяжки стабилизатора (рис. 41) применена плавающая матрица 3.

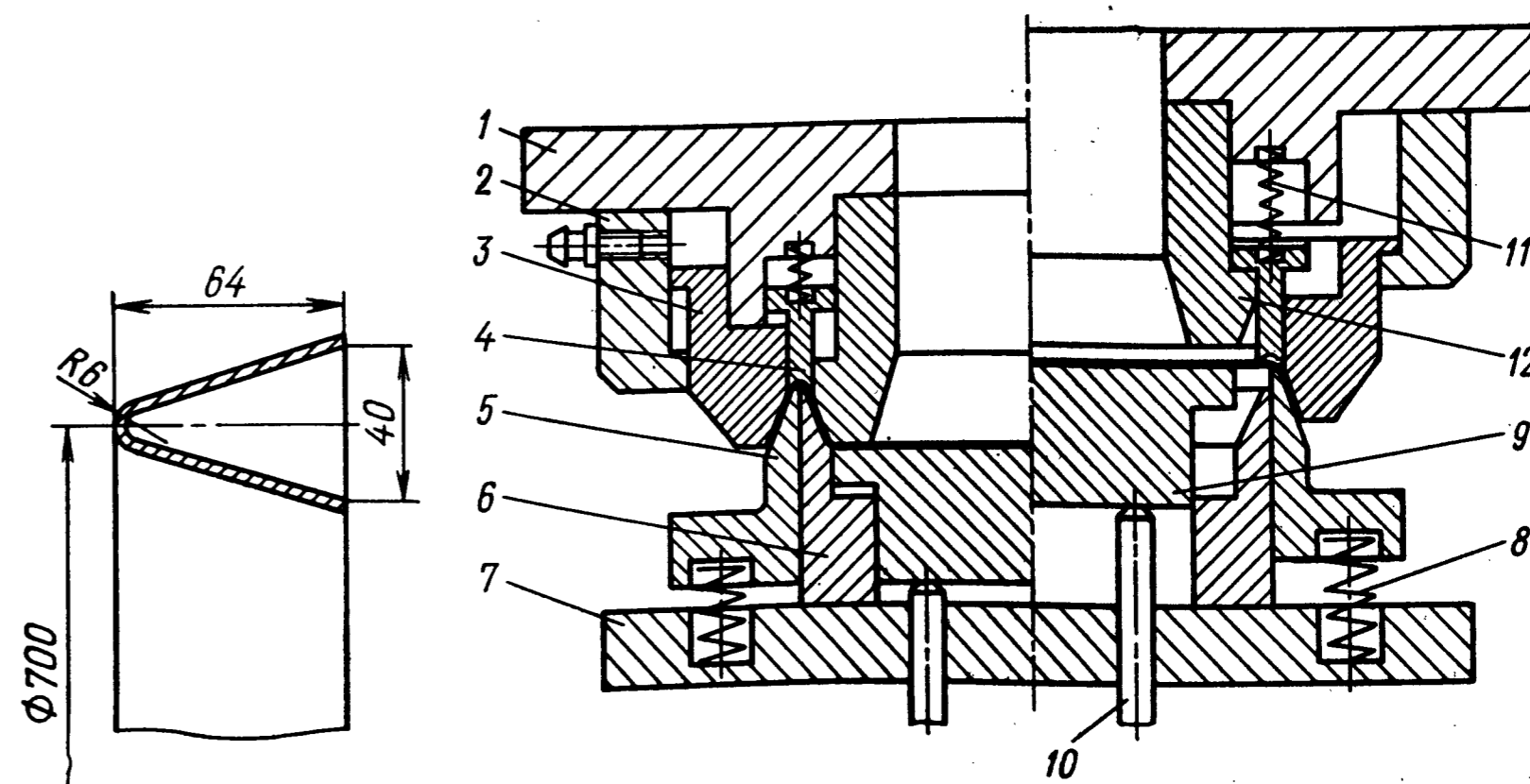


Рис. 40. Стабилизатор

Рис. 41. Штамп для реверсивной вытяжки стабилизатора

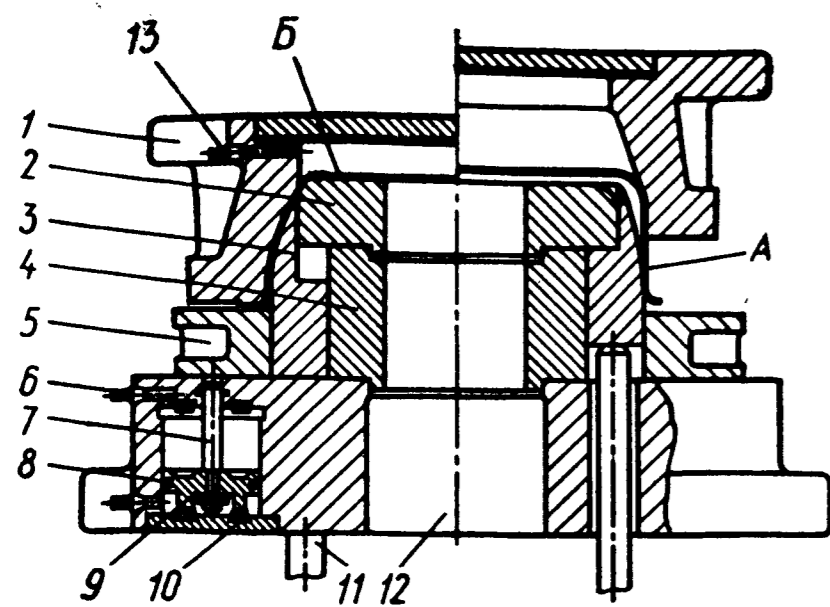


Рис. 42. Штамп для вытяжки детали с криволинейной образующей

вода пресса. При опускании ползуна пресса пуансон 12 «выворачивает» заготовку с помощью пуансона 6, образуя окончательную форму детали.

Выталкиватель 4 под действием пружин 11 извлекает отштампованную деталь из верхней части штампа. Нижняя часть штампа состоит из пуансона 6, прижима 9, шпилек 10, фиксатора 5, нижней плиты 7 и пружин 8.

Экономия металла от внедрения штампа описанной конструкции составила ~8 кг на одну деталь.

Штамп для вытяжки детали с криволинейной образующей. Вытяжка деталей с криволинейной образующей затруднена, так как в начальный момент вытяжки между пуансоном и матрицей образуется зазор, приводящий к потере устойчивости заготовки и складкообразованию, несмотря на достаточное усилие прижима.

Типовая конструкция штампа для вытяжки полой детали с криволинейной образующей показана на рис. 42. В нем применен разрезной пуансон, состоящий из двух частей 2 и 3. В открытом положении штампа часть пуансона 3, выполняющая в начальный момент вытяжки роль прижима, поднимается под действием шпилек 11 до уровня пуансона 2, смонтированного на проставке 4, уменьшая таким образом зазор между пуансоном и матрицей в начальный момент вытяжки.

Полый цилиндр А, полученный в результате первой вытяжки, надевается на подвижную часть пуансона 3, находящуюся в верхнем положении. При опускании верхней части штампа цилиндрическая заготовка перетягивается через скругление матрицы 1, образуя деталь заданной формы Б. Готовая деталь выталкивается из матрицы сжатым воздухом, подаваемым в ее полость через штуцер 13. С пуансона деталь снимается кольцом 5 под действием трех пневмоцилиндров, расположенных в нижней плите 12. Пневмоцилиндр состоит из поршня 9, уплотнительного кольца 8, толкающих шпилек 7, штуцера подвода воздуха 6, амортизатора 10.

Коническую заготовку, полученную на штампе первой вытяжки, устанавливают на фиксатор 5, расположенный на пружинах 8. В верхнюю полость штампа, образованную обоймой 2 и верхней плитой 1, подается сжатый воздух, под действием которого плавающая матрица 3 и прижим 9 зажимают коническую заготовку. Усилие прижима регулируется изменением давления воздуха и жидкости гидропривода пресса.

Штамп для повторной вытяжки цилиндра. При повторных (второй, третьей и т. д.) вытяжках цилиндрических деталей наблюдается чрезмерное утонение штампуемого материала или обрыв дна детали. Это объясняется большим усилием прижима, которое не всегда можно уменьшить в существующих конструкциях буферов и прижимных устройств. Чтобы обеспечить равномерный неизменяемый зазор между матрицей и прижимным кольцом для повторной вытяжки детали, применяют штамп специальной конструкции (рис. 43).

Полуфабрикат 8 после n -й вытяжки надевается на фиксатор 9, запрессованный в планку 6, установленную в прорезе прижима 5, который поддерживается шпильками 11. Фиксатор надет на пуансон 10, установленный на нижней плите 7 штампа. В планку 6 ввернуты два ступенчатых винта 2 с пружинами 3, поддерживающими фиксатор в верхнем положении. Во время вытяжки платки 17, расположенные на верхней плите 1, отжимают в соответствии с ходом пресса планку 6, создавая тем самым равномерный неизменяемый зазор между плоскостями матрицы 4, прижима 5 и фиксатора 9. Деталь из матрицы извлекается выталкивателем 16 под действием штока 15, находящегося в хвостовике 14, ввернутом в плиту 1. Направляющие колонки 12 и втулки 13 выполнены по 1-му классу точности.

В результате внедрения в производство вытяжных штампов описанной конструкции полностью исключен брак деталей по утонению материала и обрыву дна штампуемой детали.

Штамп для вытяжки корпуса с коническим выступом в дне. Корпус из листа сплава АМцАМ толщиной 1,5 мм (рис. 44)

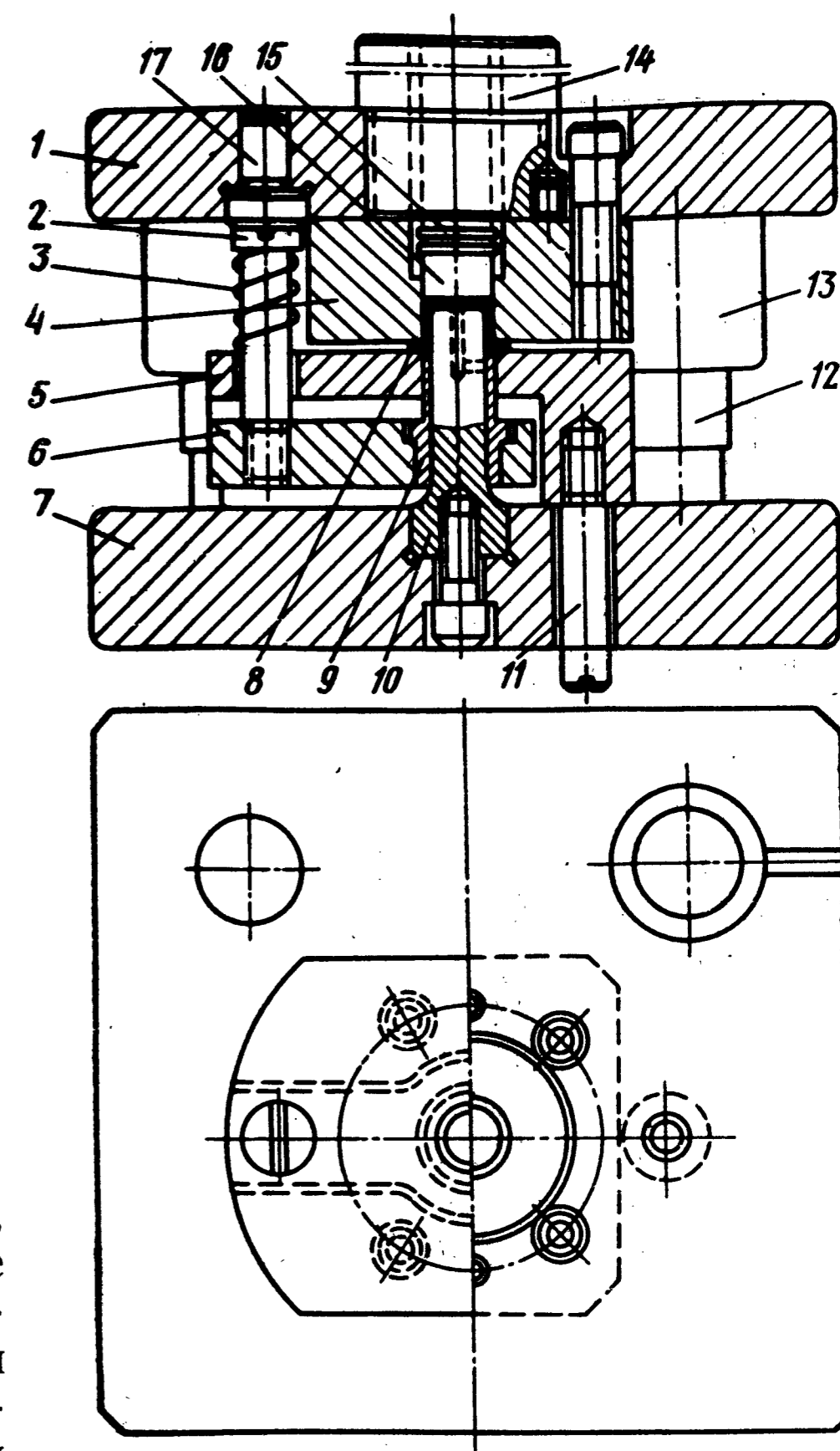


Рис. 43. Штамп для повторной вытяжки тонкостенного цилиндра

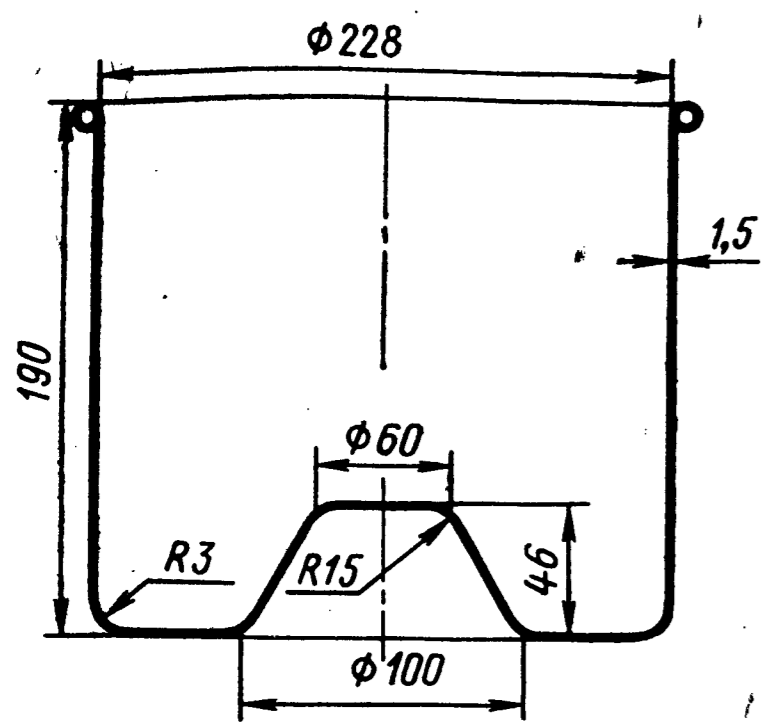


Рис. 44. Корпус с коническим дном

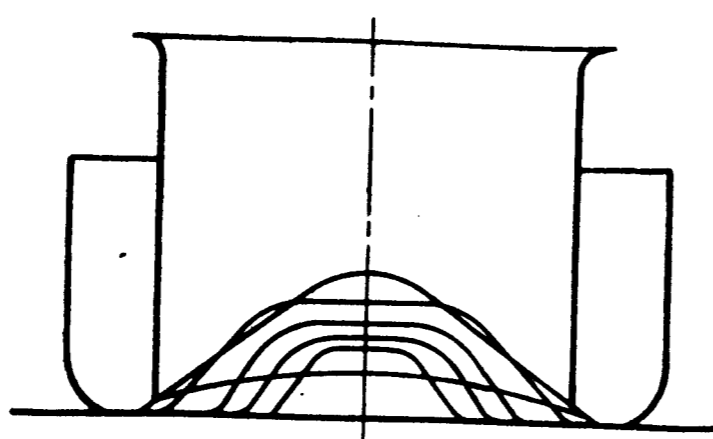


Рис. 45. Технологические переходы вытяжки дна конической формы

представляет собой цилиндрический сосуд с коническим выступом в дне. Поскольку отношение высоты конического выступа к его меньшему диаметру $>0,7$, для его образования требуется несколько вытяжных операций. Разработка технологического процесса показала, что для образования конического выступа наиболее приемлемым является вариант, при котором материал для его вытяжки набирается в дне цилиндрического корпуса во время первой вытяжки. После первой вытяжки получаем цилиндр диаметром 300 мм, в дне которого набран металл в виде части сферы, поверхность которой на 10—15% больше поверхности конического выступа. Это предотвращает разрыв и утонение материала при последующих вытяжках.

Формообразование конического выступа в дне предварительно вытянутого цилиндра выполняется за пять операций постепенной осадкой без прижима (рис. 45).

Типовая конструкция штампа для формообразования конуса показана на рис. 46. У всех пяти штампов одинаковая закрытая высота. Устанавливают их на стол пресса одновременно. Штамповку выполняют путем перестановки заготовки на штампы, расположенные в технологической последовательности.

Цилиндрическую заготовку устанавливают в фиксирующее кольцо 5, жестко закрепленное на проставке 7 и плите 8.

При ходе ползуна пресса вниз матрица 2, установленная на плите 1, формирует по пуансону 4 коническое углубление в дне корпуса. Форма углубления соответствует переходам, показанным на рис. 45.

Для удобства установки и наладки штамп снабжен направляющими втулками 3 и колонками 6.

После формообразования выступа в дне цилиндрической заготовки вытягивают цилиндр диаметром 228 мм. Операцию

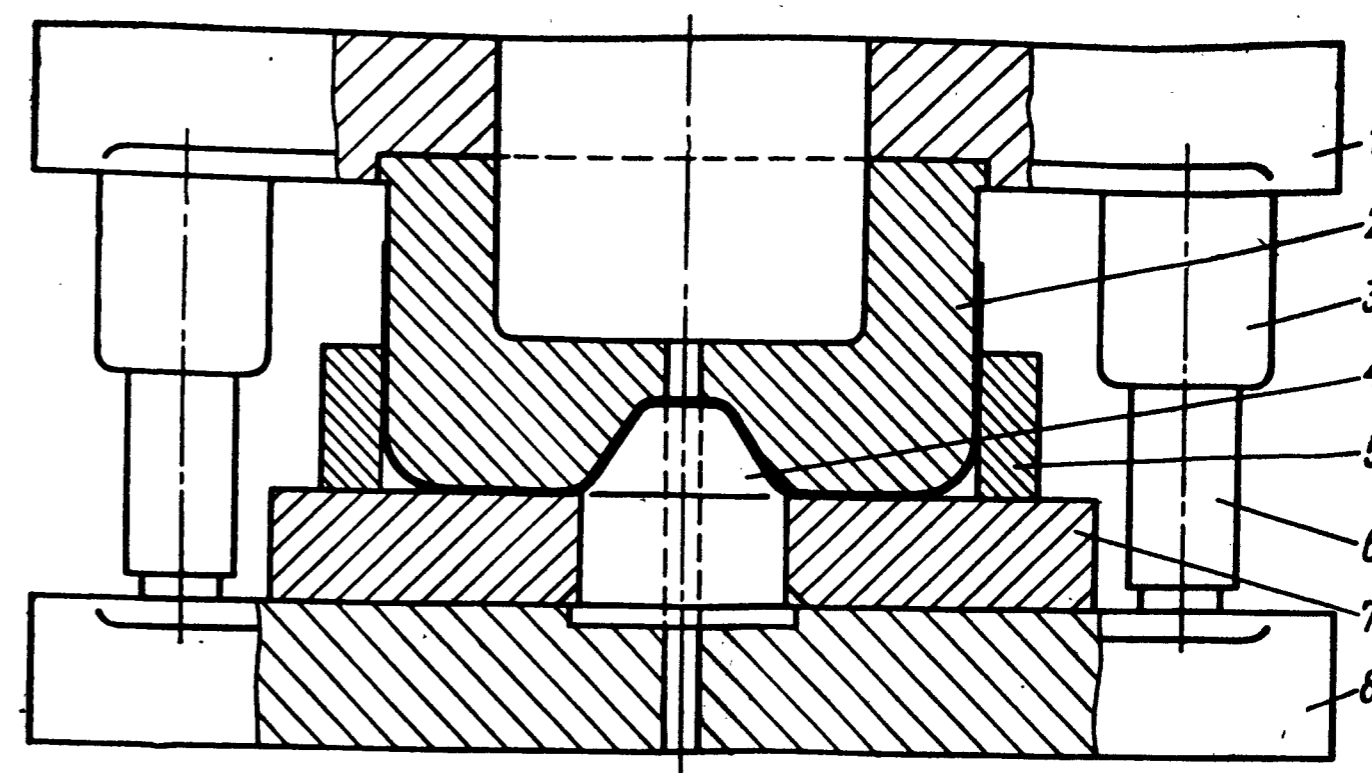


Рис. 46. Штамп для формообразования конуса

вытяжки выполняют на прессе двойного действия в штампе, конструкция которого показана на рис. 47.

У штампа имеется проставка 1, к которой прикреплен пуансон 8. К плите 4 ступенчатыми винтами прикреплен прижим 3. Между плитой и прижимом находится резиновый компенсатор 2. Проставка 1 крепится к внутреннему ползуну пресса, а плита — к наружному. На стол пресса устанавливают

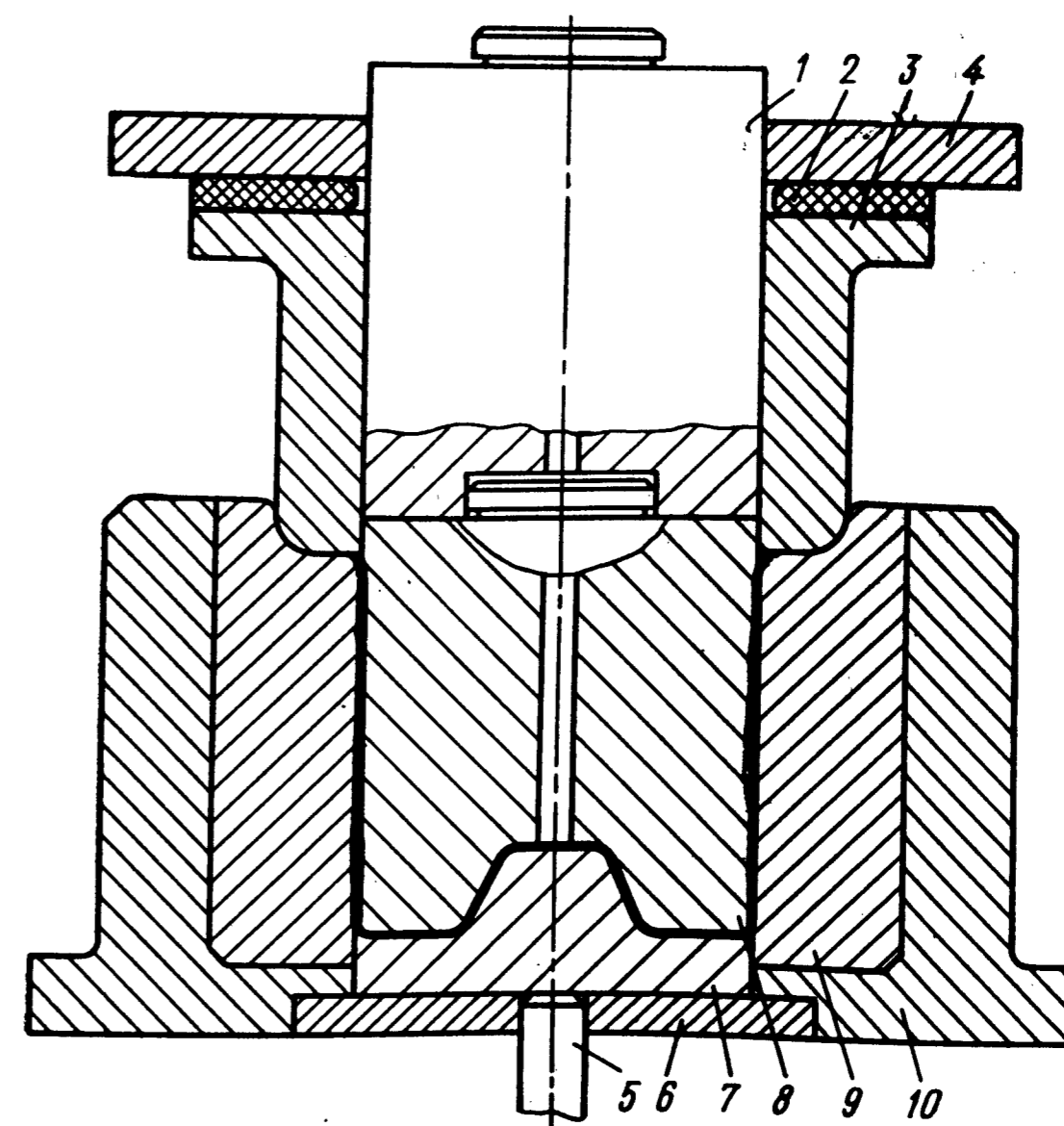


Рис. 47. Штамп вытяжной для обечайки

плиту 10, в которую запрессована матрица 9 с выталкивателем 7, удерживаемым планкой 6.

Цилиндрическую заготовку устанавливают в фиксирующую часть матрицы 9. При ходе наружного ползуна вниз прижим 3 через компенсатор 2 прижимает полуфабрикат к зеркалу матрицы. Резиновый компенсатор предназначен для того, чтобы зазор между прижимом и зеркалом матрицы устанавливался автоматически в зависимости от утолщения материала в процессе вытяжки. При отсутствии компенсатора неизбежен брак деталей из-за обрыва дна. Когда наружный ползун занимает крайнее нижнее положение, начинается движение внутреннего ползуна, который выполняет окончательную вытяжку детали. Из матрицы деталь извлекается выталкивателем 7 с помощью шпильки 5.

Штамп для вытяжки детали сложной коробчатой формы. Расчет переходов вытяжки деталей сложной коробчатой формы недостаточно отработан, поэтому часто приходится дорабатывать, а иногда и переделывать дорогостоящие штампы.

Коробчатые детали из листа сплава 12X18H9T толщиной 1,5 мм (рис. 48) ранее изготавливали гибкой с последующей приваркой боковинок. Расход металла на деталь составлял 0,871 кг, время изготовления 45 мин. Благодаря освоению вытяжки время на изготовление уменьшилось в 9 раз, а расход металла — на 0,317 кг, улучшилось качество детали.

Вытяжку детали выполняют за одну операцию с последующей калибровкой скруглений. Утонение материала при вытяжке зависит от радиуса сопряжения в углах детали. Например, при $R=10$ мм утонение составляет 50% толщины материала, при $R=15$ мм $\leq 20\%$.

Штамп для вытяжки коробки (см. рис. 48) показан на рис. 49. Верхняя часть штампа состоит из плиты 10, планки 11, прокладки 12, крышки 1 выталкивателя, прокладки 2, выталки-

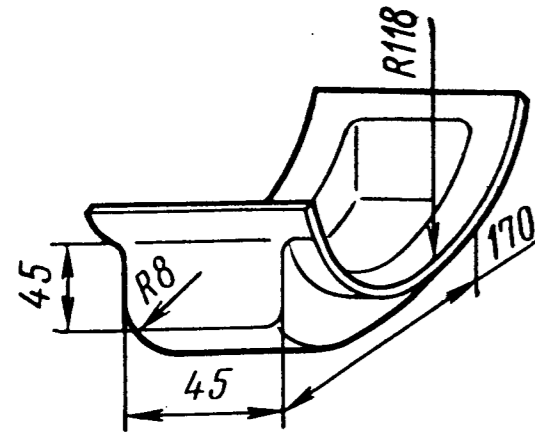
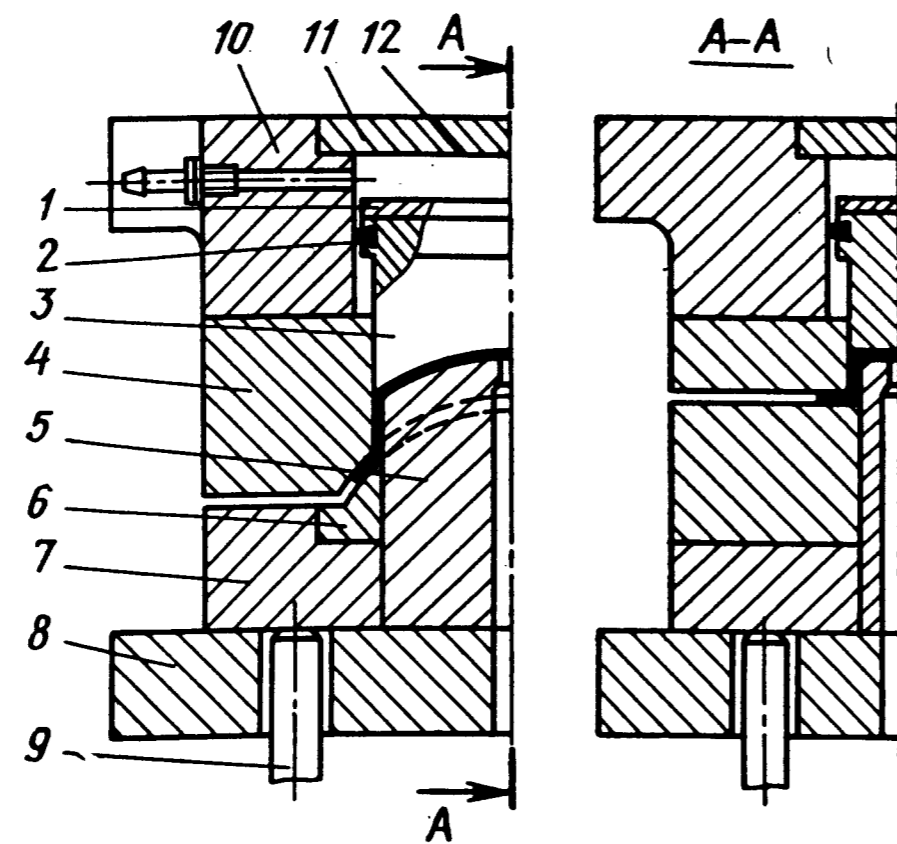


Рис. 48. Коробчатая деталь

Рис. 49. Штамп для вытяжки детали сложной коробчатой формы



вателя 3 и матрицы 4; нижняя — из плиты 8, прижима 7 с вкладышем 6 и пуансона 5.

Предварительно изогнутую заготовку устанавливают на вкладыши 6, работающие от прижимного устройства пресса через колонки 9. После вытяжки деталь из матрицы выталкивается пневматическим выталкивателем 3.

Рекомендации по выбору геометрических параметров штампов для вытяжки деталей коробчатой формы: зазор между пуансоном и матрицей следует принимать неравномерным — на прямых участках равным 1,05—1,07 толщины материала, а в углах на 5—8% больше; вытяжной радиус скругления матрицы на прямых участках должен быть равным 3—4 толщине материала, в углах 5—6 толщине с плавным переходом к скруглениям на прямых участках; для облегчения съема детали при глубокой вытяжке деталей с вертикальными стенками пуансон необходимо выполнять с уклоном 1:500 по всему рабочему контуру.

ГИДРОМЕХАНИЧЕСКАЯ ВЫТЯЖКА

Гидромеханическая вытяжка относится к вытяжке смешанным инструментом — жестким пуансоном и эластичной матрицей, представляющей собой контейнер с водной эмульсией.

Рассмотрим схему установки для гидромеханической вытяжки (рис. 50). Нижняя часть установки состоит из контейнера 5 и кольца 4, форма которого приблизительно соответствует форме штампуемой детали. Уплотнение между контейнером 5 и кольцом 4 выполнено кольцами 11. Верхняя часть установки состоит из пуансона 1 и прижимного кольца 2.

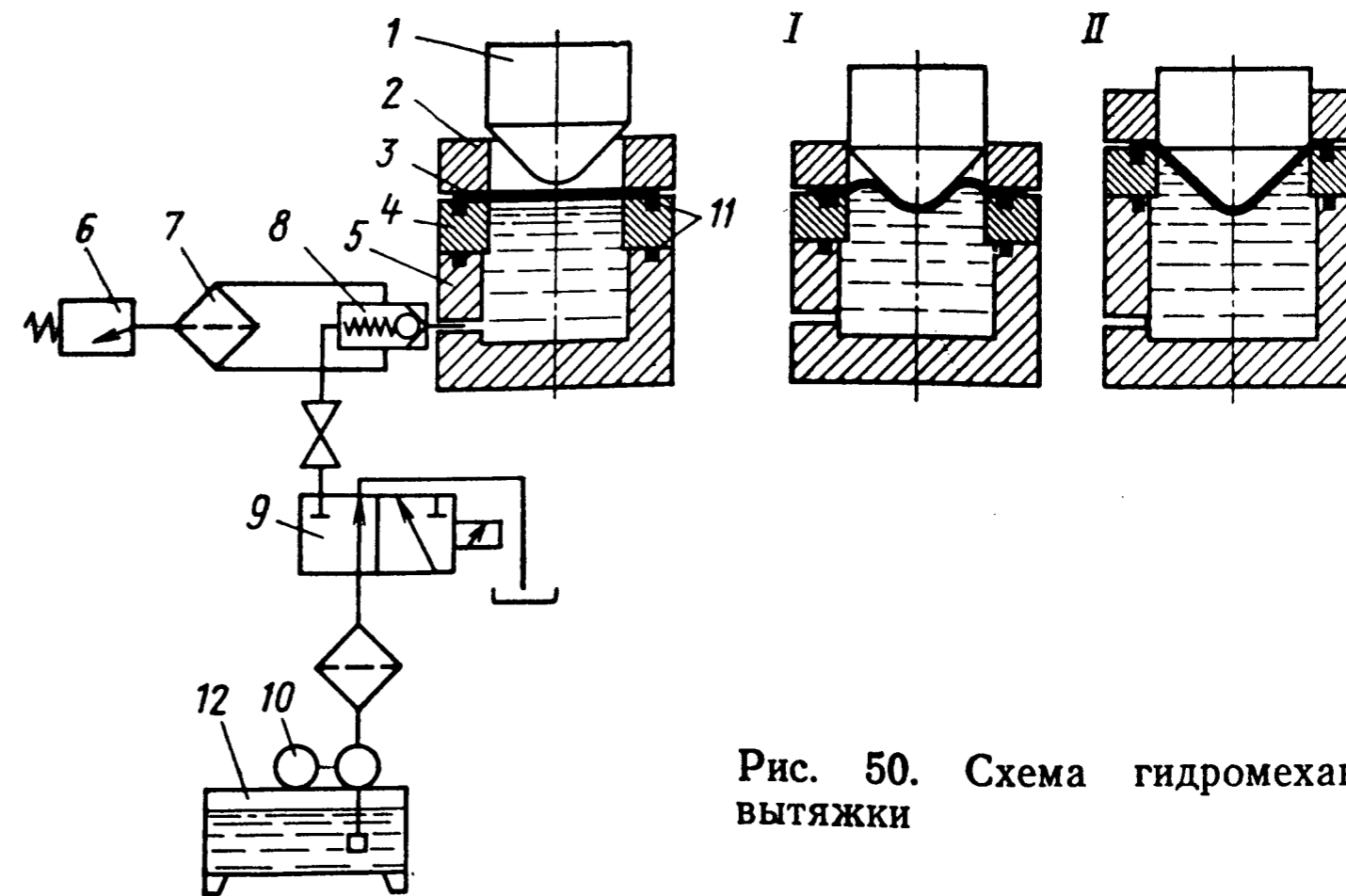


Рис. 50. Схема гидромеханической вытяжки

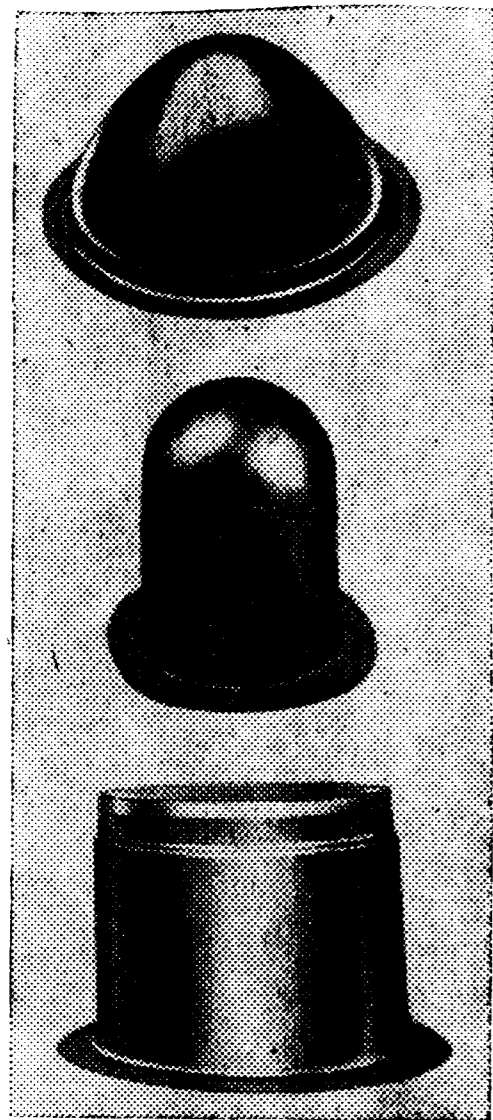
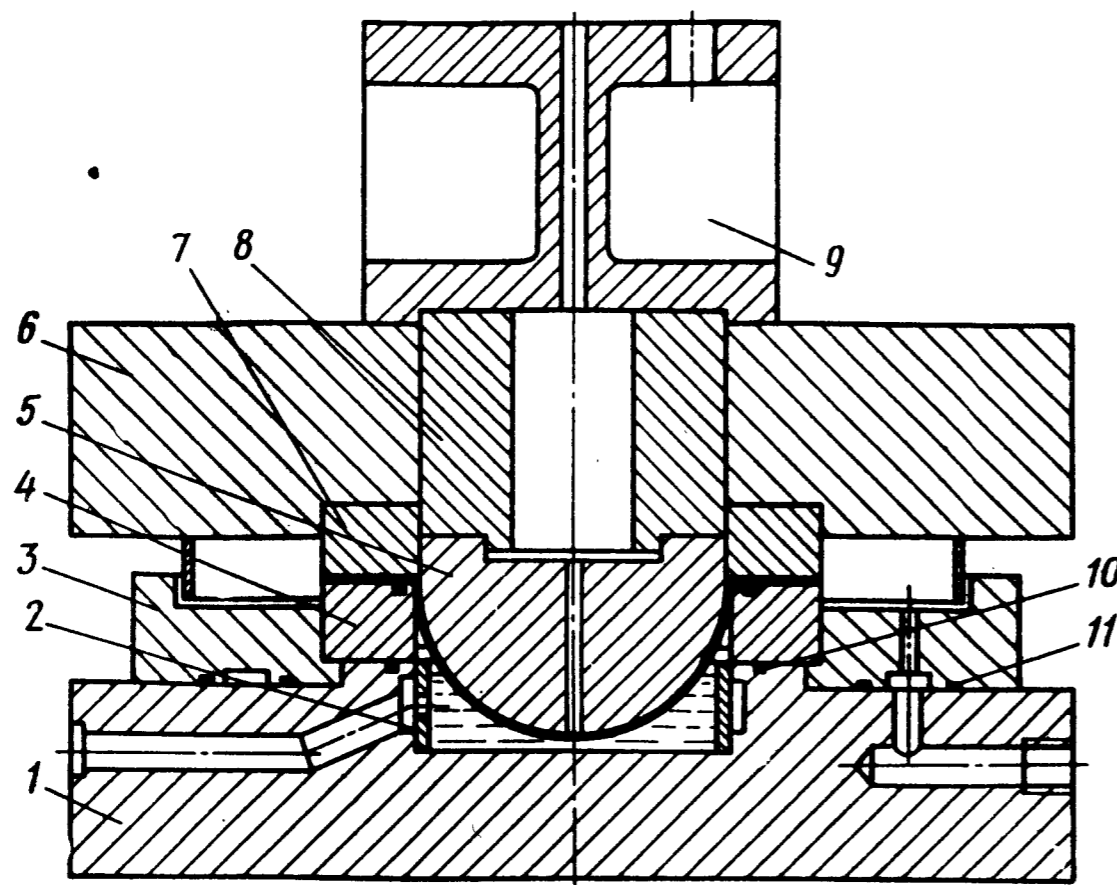


Рис. 51. Типаж деталей, получаемых гидромеханической вытяжкой

Рис. 52. Штамп для гидромеханической вытяжки обтекателя



Процесс вытяжки выполняют в определенной последовательности. Контейнер 5 заполняют до верхней кромки водной эмульсией. Заготовку 3 укладывают в фиксаторы. После включения пресса прижимное кольцо 2 и пуансон 1 ускоренно перемещаются вниз. Прижимное кольцо 2 прижимает заготовку 3 к уплотнительному кольцу 11 с заранее установленным усилием, найденным опытным путем. Таким образом контейнер с эмульсией плотно закрывается заготовкой. При опускании пуансона вниз в контейнере создается давление, заданное регулятором 8, под действием этого давления заготовка прижимается к пуансону 1, выворачивается вверх, минуя вытяжную кромку кольца 4 (положения I и II).

При вытяжке деталей сложной формы давление эмульсии должно изменяться в зависимости от глубины погружения пуансона, поэтому в установке предусмотрены регуляторы давления 6 и 7. При обратном ходе пресса контейнер 5 автоматически с помощью электромагнитного клапана 9 заполняется эмульсией из резервуара 12 насосом 10.

Гидромеханическая вытяжка имеет преимущество перед обычной вытяжкой: исключается трение заготовки о матрицу, что позволяет уменьшить коэффициент вытяжки до 0,37 и менее. Это дает возможность вытягивать за одну операцию глубокие цилиндрические, конические, параболические и призматические детали вместо применения многооперационной вытяжки, что особенно ценно при вытяжке деталей из легированных сплавов,

так как не требуется промежуточная термическая обработка, покрытие защитным лаком и др.

Детали, полученные гидромеханической вытяжкой, имеют минимальное утонение. На одном штампе можно получать детали из заготовок разной толщины. При гидромеханической вытяжке не нарушается лакирующий или декоративно окрашенный слой металла. В несколько раз уменьшаются затраты на оснастку и существенно снижается себестоимость продукции.

Детали, полученные гидромеханической вытяжкой за одну операцию, показаны на рис. 51.

Штамп для гидромеханической вытяжки обтекателя. Верхняя часть штампа (рис. 52) состоит из проставок 8 и 9, пуансона 5, закрепленных к внутреннему ползуну пресса; плиты 6 и прижима 7, установленных на наружный ползун. Матрица 4 запрессована в обойму 3, установленную на плите 1. Эмульсию заливают в контейнер 2. Разъемы штампа уплотнены кольцами 10 и 11, изготовленными из специального пластика или резины.

Штамп устанавливают на специальный гидравлический пресс фирмы SMG.

Процесс вытяжки детали происходит по схеме, описанной выше (см. с. 51—52).

4. ВЫТЯЖКА С ПРЕДНАМЕРЕННЫМ УТОНЕНИЕМ МАТЕРИАЛА

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА

Особенностью вытяжки с преднамеренным утонением стенки является уменьшенный по сравнению с толщиной материала зазор между пуансоном и матрицей. При вытяжке через такой зазор возникает участок деформации, в котором заготовка утоняется, между образующими поверхностями пуансона и матрицы. Утонение может выполняться как при первом переходе вытяжки, так и при последующих.

Вытяжка с преднамеренным утонением дает возможность получать детали с большим отношением высоты к диаметру, чем при обычной вытяжке, а также детали с утолщенным дном; при правильно выбранной степени деформации уменьшать число вытяжных переходов; улучшать качество металла изделия в результате термической обработки после каждой операции вытяжки; упрощать конструкцию штампов; выполнять операцию вытяжки на прессе простого действия.

Ранее вытяжку с преднамеренным утонением в основном применяли при изготовлении деталей из углеродистых и цветных сплавов. В настоящее время накоплен некоторый опыт изготов-

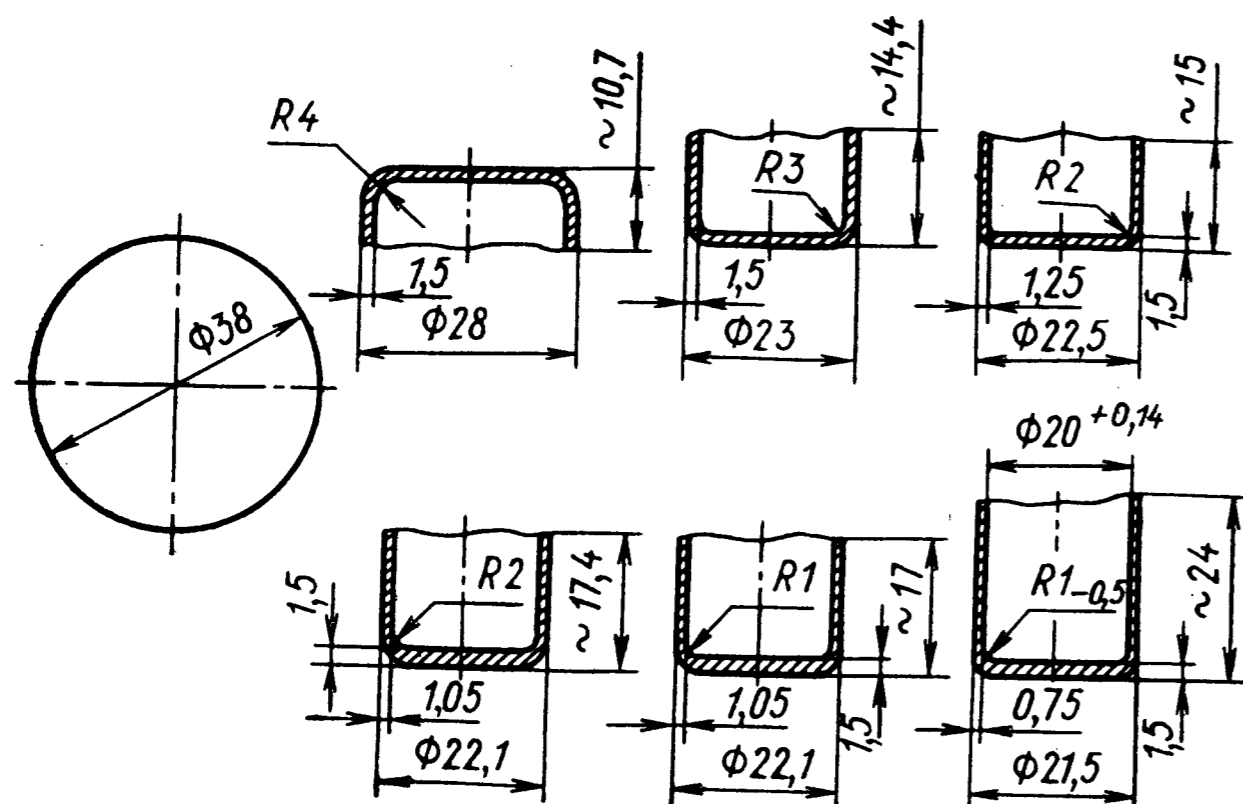


Рис. 53. Технологический процесс изготовления колпачка из сплава ХН78Т вытяжкой с преднамеренным утонением стенки

ления деталей из легированных сплавов методом вытяжки с преднамеренным утонением. Ниже описывается технологический процесс изготовления колпачка из сплава ХН78Т методом вытяжки с преднамеренным утонением стенки.

Процесс разработан с целью экономии металла при изготовлении колпачка из сплава ХН78Т. Ранее колпачок изготавливали из прутка обработкой резанием. Коэффициент использования металла составлял 0,06.

В соответствии с толщиной дна колпачка (рис. 53) толщина исходной заготовки принята 1,5 мм.

Цилиндрическую заготовку под вытяжку с преднамеренным утонением получают за две операции вытяжки без утонения. Первая операция совмещена с вырубкой заготовки, вторая выполнена без прижима «напровал». Возможность вытяжки без прижима регламентируется соотношением

$$d_2 - d_1 \leq 18S,$$

где d_2 — диаметр матрицы последующей вытяжки, мм; d_1 — диаметр матрицы предыдущей вытяжки, мм; S — толщина материала, мм.

Третья, четвертая и шестая операции вытяжки с преднамеренным утонением выполняются «напровал». Степень относительной деформации на каждой операции равна $\sim 18\%$. После каждой операции производится термическая обработка, окраска защитным лаком и смазка заготовки машинным маслом.

КОНСТРУКЦИИ ШТАМПОВ

Штамп для n -й вытяжки колпачка «напровал». Штамп (рис. 54) состоит из верхней плиты 1, направляющих колонок 14

и втулок 2. На верхней плите 1 установлен корпус 3 с вкладышем 4, по конической поверхности которого центрируется пуансон 6. Вкладыш 4 и пуансон 6 крепятся накидной гайкой 5. Нижняя часть штампа представляет собой плиту 13 с фиксаторами 9 и втулками 8, центрирующими обойму 7 с запрессованной в нее твердосплавной вставкой 11. Заготовка фиксируется кольцом 10. Разжимной съемник 12 снимает деталь с пуансона. Штамп устанавливается на гидравлический пресс, ход которого ограничивается упором 15.

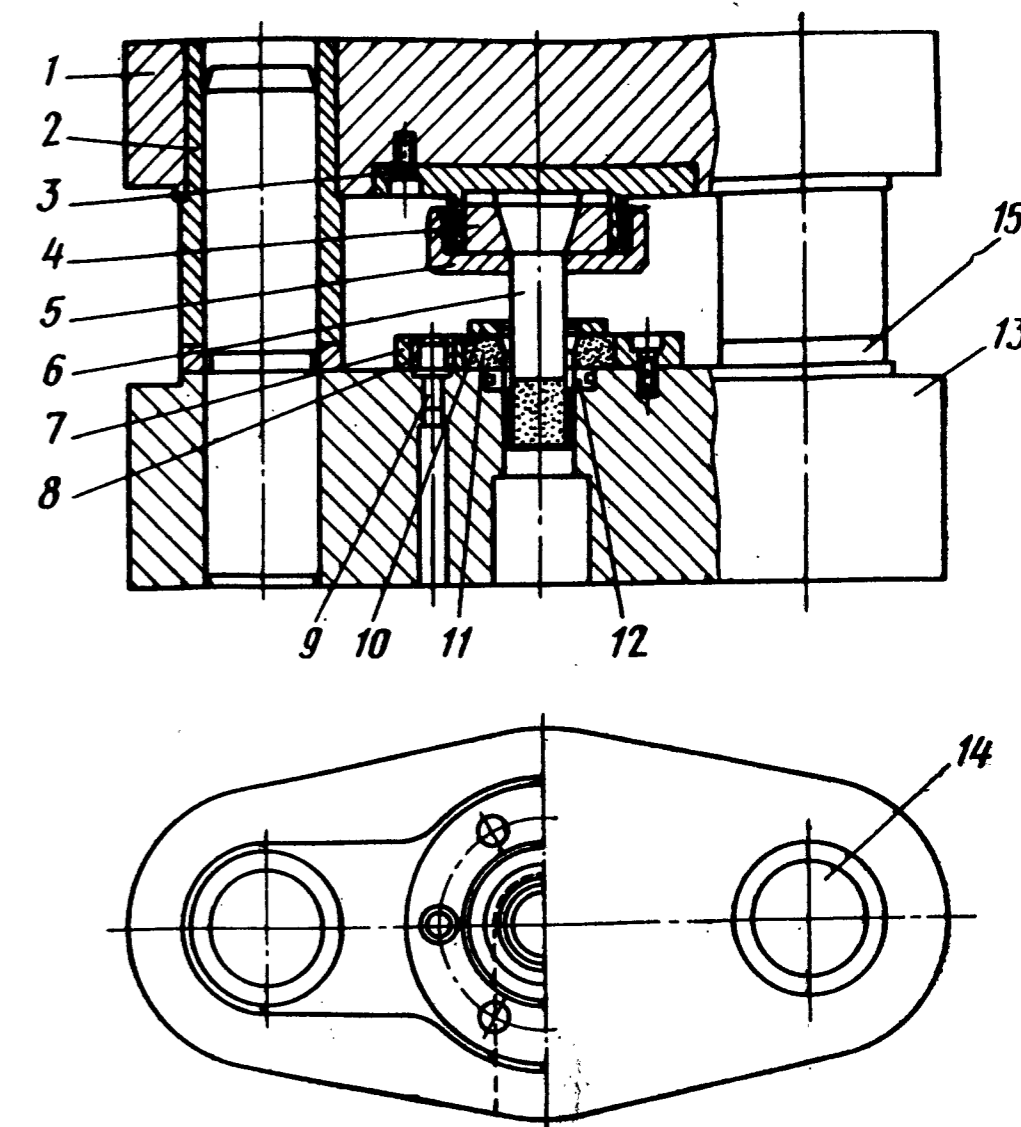


Рис. 54. Штамп для вытяжки колпачка «напровал»

Полуфабрикат, покрытый защитным лаком и смазанный машинным маслом, вставляется в фиксатор штампа. При рабочем ходе пресса пуансон входит в цилиндрическую заготовку, дойдя до дна полуфабриката, пуансон проталкивает его через твердосплавную вставку, образуя колпачок с утоненными стенками. Съемник 12, сжимаясь под действием кольцевой пружины, при ходе ползуна вверх снимает деталь с пуансона. Рабочая поверхность пуансона выполнена под углом $15-20^\circ$, что облегчает съем детали и предотвращает образование рисок.

Штамп для калибровки скругления у дна колпачка. Калибровка выполняется перед последней вытяжкой с утонением в штампе, конструкция которого показана на рис. 55. Пуансон 6 с пуансонодержателем 5 и прокладкой 4 смонтированы на верхней плите 1. Матрица 8 и съемник 7 крепятся на нижней плите 12. Поршень 11 с уплотнительным кольцом 10 перемещается в гильзе цилиндра 9 сжатым воздухом, подаваемым поочередно через штуцеры 15, и служит выталкивателем. Шайба 13 закрывает нижнюю полость цилиндра. Штамп имеет направляющие колонки 3, втулки 2 и ограничитель 14 хода пресса. Калибровка выполняется на гидравлическом прессе.

Колпачок после второй вытяжки с утонением вставляется в матрицу 8 с опорой на поршень 11. При ходе ползуна пресса вниз пуансон 6 калибрует скругление дна колпачка. Толщина доньшка определяется высотой ограничителя 14. При обратном

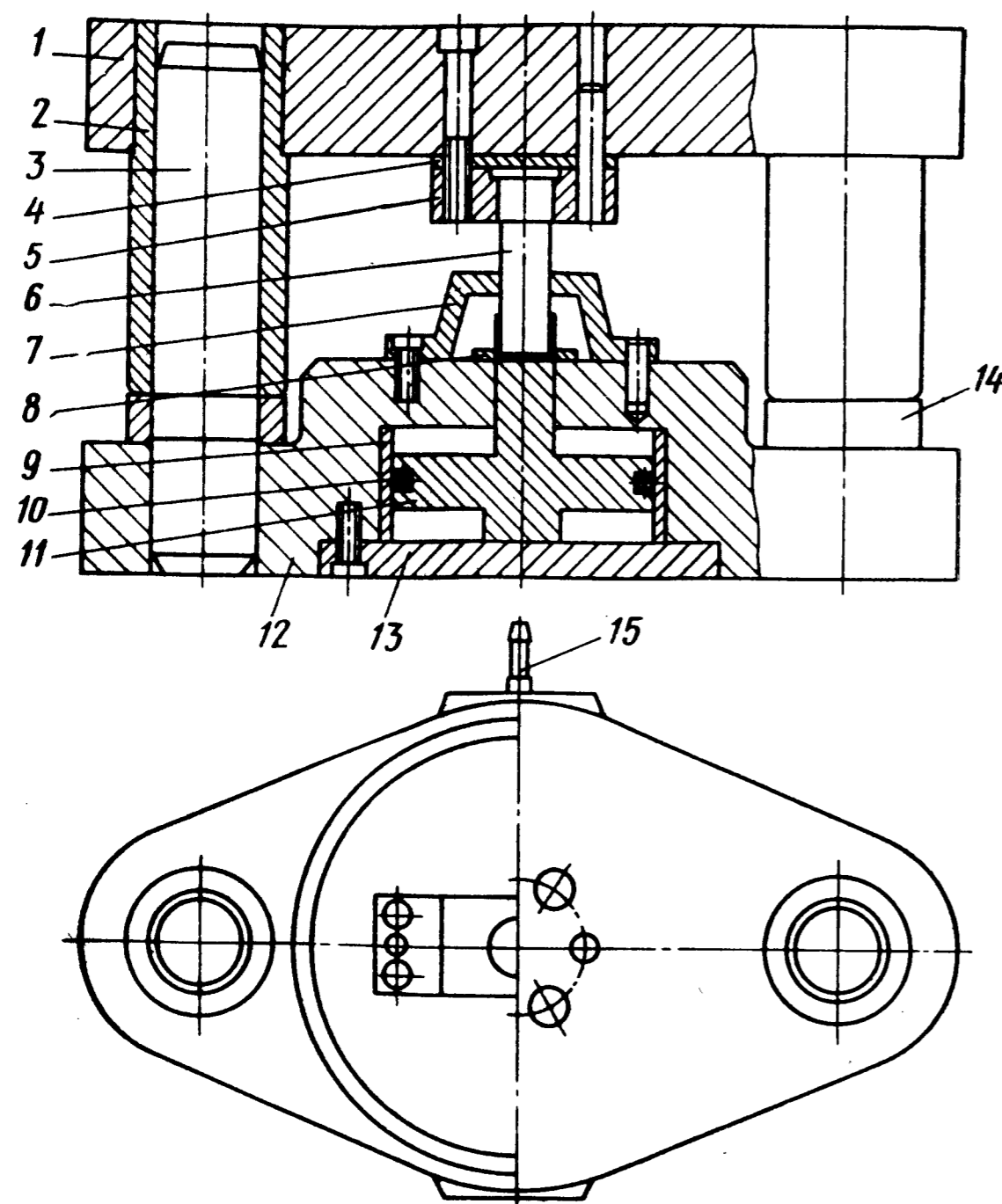


Рис. 55. Штамп для калибровки скругления у дна колпачка

ходе ползуна колпачок из матрицы выталкивается поршнем 11, а с пуансона снимается съемником 7.

5. ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ЗАМКНУТОГО КОНТУРА РАСТЯЖЕНИЕМ

Формообразование в жестких штампах. Формообразование листовых деталей замкнутого контура растяжением из сварных заготовок имеет преимущества по сравнению с вытяжкой. Эти преимущества заключаются в экономии металла, снижении трудоемкости и повышении точности штампуемых деталей.

Различают два способа формообразования: в жестких штампах и разжимными пуансонами.

Формообразование деталей в жестких штампах из конических заготовок с большим углом наклона образующей и цилиндрических заготовок выполняется с предварительным образованием фланца, обеспечивающего прижим заготовки. Фланец у заготовок с большим углом наклона образующей получают при

формообразовании в основном штампе, а для образования фланца у цилиндрической заготовки требуется отдельный штамп.

Формообразование деталей из конических заготовок с большим углом наклона образующей. Операцию выполняют на гидравлическом прессе с прижимным устройством. Положение I (рис. 56): коническая заготовка надевается на пуансон 2, имеющий в верхней части угол, равный углу наклона образующей заготовки.

Это обеспечивает правильное ее центрирование. Положение II: матрица 1 подводится к заготовке таким образом, чтобы выступающая ее часть была достаточна для образования фланца (при этом можно пользоваться специальными упорами). При подъеме кольца 4 с помощью шпильки 3 выступающая часть заготовки изгибается, между плоскостями прижимного кольца и матрицы образуется требуемый фланец. Положение III — штамп в закрытом состоянии.

Формообразование деталей из цилиндрических заготовок. Формообразование деталей с углом наклона образующей $\leq 10^\circ$ выполняется из цилиндрических заготовок. В этом случае для образования фланца требуется отдельный штамп (рис. 57).

Заготовка 2 надевается на пуансон 4, установленный на столе 5 гидравлического пресса (положение I). Под действием ползуна 1 пресса нижний торец цилиндрической заготовки заворачивается по радиусу скругления пуансона, образуя фланец. Стойка 3 ограничивает ход пресса (положение II).

Такая схема образования фланца возможна тогда, когда цилиндрическая заготовка не теряет устойчивости в направлении приложения силы. Устойчивость теряется при достижении критической силы, равной произведению предела текучести штампуемого материала на площадь исходной заготовки.

Цилиндрическая заготовка с фланцем устанавливается на формовочный штамп, на котором штампуется деталь требуемой формы.

Формообразование разжимными пуансонами. Теория процесса формообразования деталей замкнутого контура растяжением разжимными пуансонами разработана канд. техн. наук. А. М. Абрамовым.

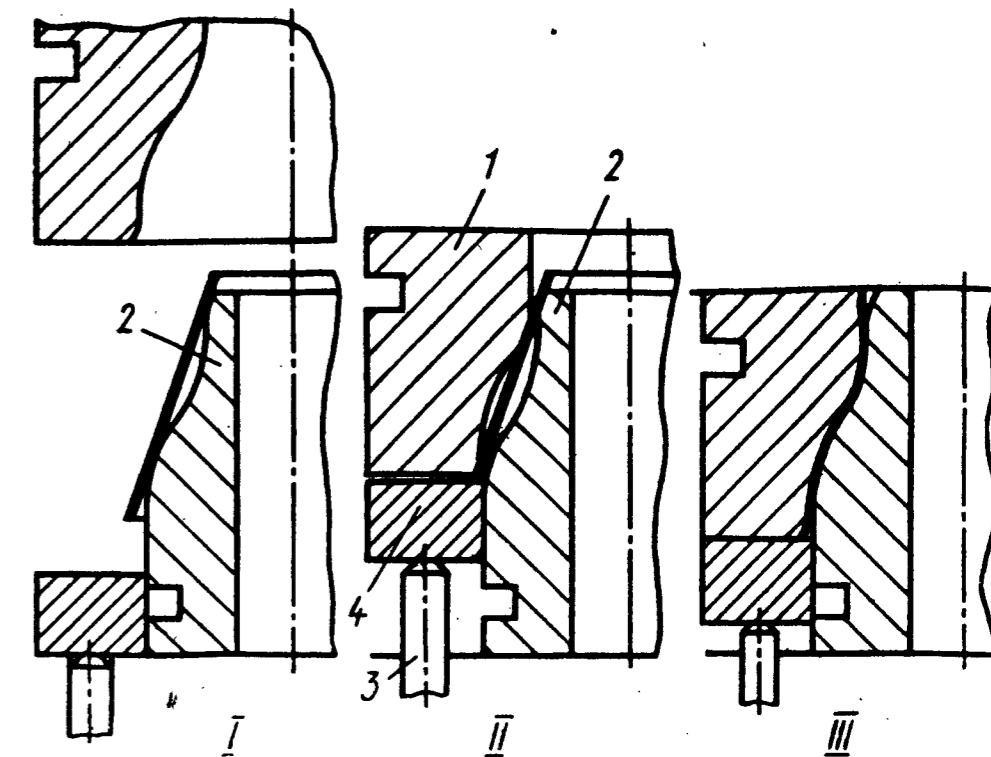


Рис. 56. Формообразование деталей из конических обечаек с большим углом наклона образующей

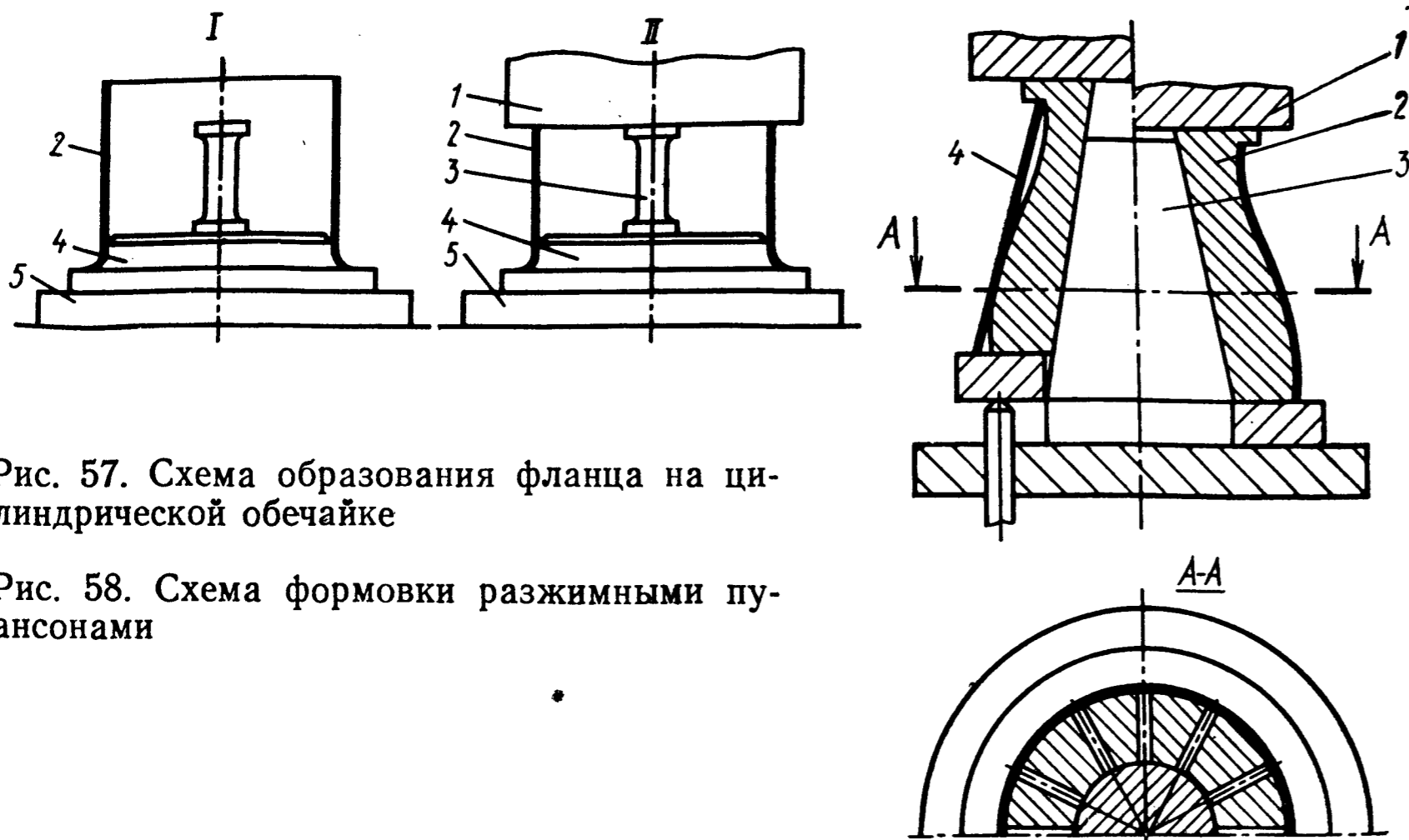


Рис. 57. Схема образования фланца на цилиндрической обечайке

Рис. 58. Схема формовки разжимными пуансонами

Сварная цилиндрическая заготовка 4 замкнутого контура (рис. 58), предварительно уменьшенная по диаметру на величину принятого процента растяжения (за пределами упругости), надевается на разжимной пуансон 2, состоящий из секторов, которые под действием усилия прессы 1 перемещаются по конусу 3 вниз и в радиальном направлении. Напряжения, возникающие в заготовке при разжатии секторов, деформируют заготовку, которая при достижении заданной степени деформации принимает форму разжимного пуансона. При большом числе секторов разжимного пуансона деформирование заготовки аналогично деформированию от давления, равномерно распределенного по круговым сечениям.

Усилие прессы, необходимое для формообразования, зависит от угла конуса, по которому передвигается разжимной пуансон, сил трения, механических свойств материала и не зависит от диаметра детали

$$P = 2\pi SL \frac{\sigma_B}{A},$$

где L — длина образующей заготовки; σ_B — предел прочности при растяжении материала; A — коэффициент, зависящий от коэффициента трения μ , равного 0,15—0,2, и угла конуса (рис. 59).

Оптимальными углами конуса являются углы $\alpha = 8 \div 15^\circ$. Для получения детали с минимальной огранкой принимают 12—18 секторов разжимного пуансона.

Успешное выполнение формообразования с растяжением зависит от размеров заготовки, качества сварного шва и термической обработки.

Выбор заготовки для формообразования растяжением. Размеры заготовки выбирают из условия, что при растяжении степень относительной деформации должна быть в пределах до 20% (табл. 11).

Таблица 11. Предельно допустимые степени деформации для различных материалов за одну операцию формообразования растяжением (шов выполнен автоматической, аргодуговой сваркой)

Марка материала	Степень деформации, %	Состояние зоны сварного шва
12X18H9T	18—20	Без термической обработки
АмцАМ		
ХН75МБТЮ	10—12	После отпуска
ХН78Т		
ОТ4-1	9—11	То же
ХН60ВТ	8—9	Без термической обработки
30ХГСА	6—8	После отпуска
ВТ1-1	6—7	То же

Наиболее просто размеры заготовки определить графоаналитическим методом. Рассчитаем заготовку для получения детали из сплава 12X18H9T (рис. 60).

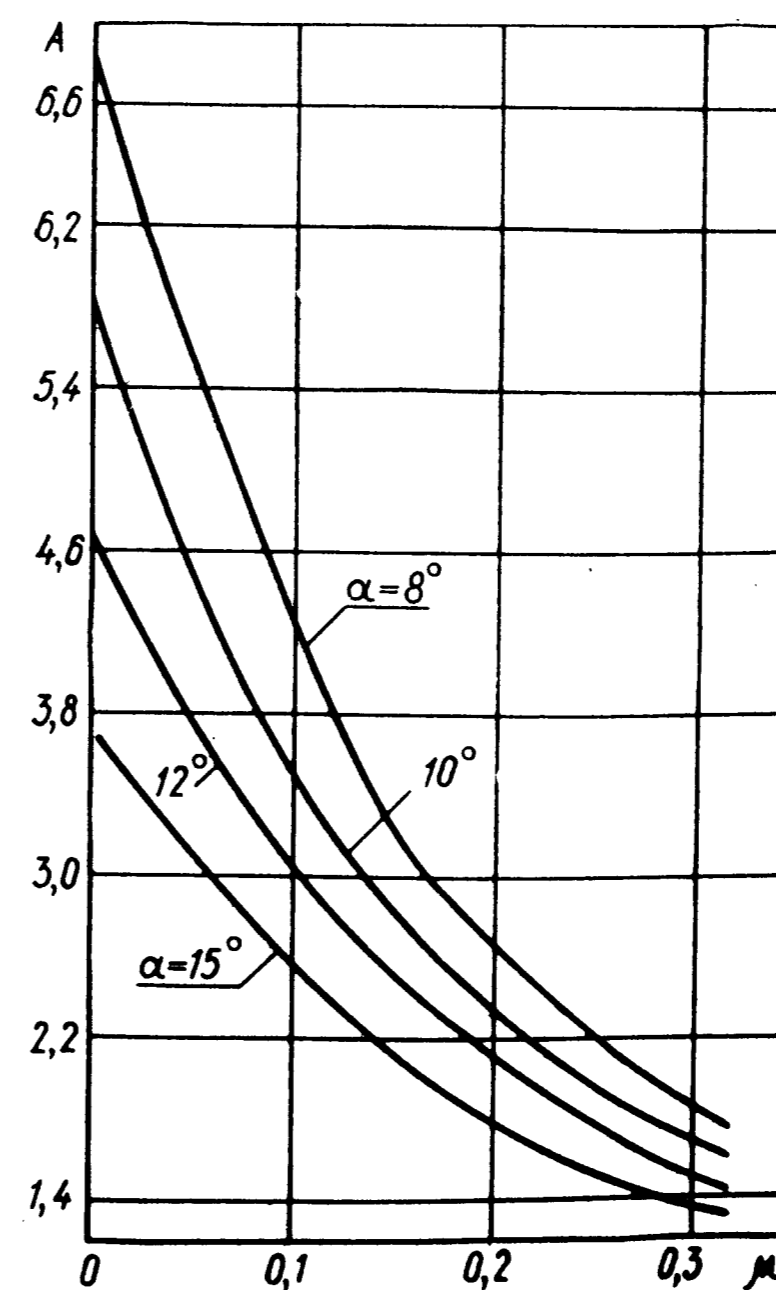
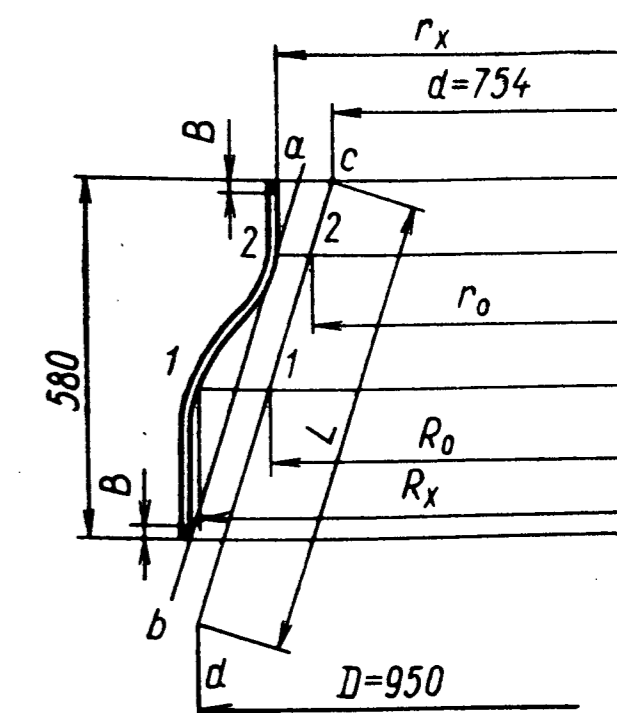


Рис. 59. Зависимость величины A от коэффициента трения μ и угла α конуса

Рис. 60. Схема расчета заготовки



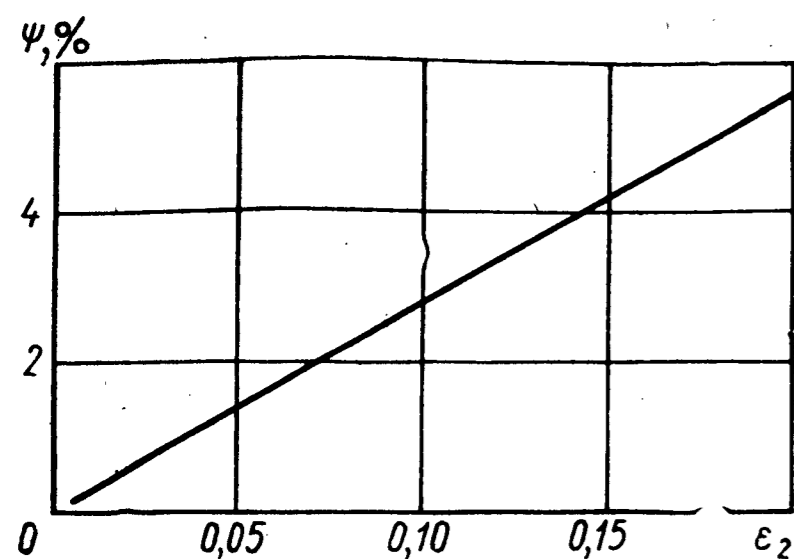


Рис. 61. График зависимости утяжки заготовки по образующей ψ от степени деформации ϵ

К вычерченному в масштабе или натуральную величину наружному контуру детали с припуском на подрезку, равным 8—10 мм с каждой стороны, проводим касательную ab . Определив по табл. 11 предельно допустимую степень деформации (для сплава 12X18H9T она равна 18—20%), проводим параллельно линии ab образующую заготовки cd таким образом, чтобы участки наибольших деформаций испытывали растяжение

$\leq 18-20\%$, а участки наименьших $\geq 10\%$. При этом начало образующей заготовки должно совпадать с верхним торцом детали. Длина образующей

$$L = L_0(1 + \psi) + B,$$

где L_0 — длина образующей по чертежу; ψ — уменьшение длины образующей в зависимости от степени деформации, % (определяют по графику на рис. 61); B — припуск на подрезку.

Подставив в формулу известные величины, получим длину образующей.

Диаметры заготовки определяют графическим путем: $D = 950$ мм, $d = 754$ мм. Допуск на изготовление обечайки принимают равным +3 мм.

Проверим степень относительной деформации (см. рис. 60): в сечении 1—1

$$\epsilon = \frac{R_x - R_0}{R_0} = \frac{480 - 430}{430} = 0,116, \text{ или } 11,6\%;$$

в сечении 2—2

$$\epsilon = \frac{r_x - r_0}{r_0} = \frac{407 - 402}{402} = 0,012, \text{ или } 1,2\%.$$

Высоту конической обечайки определяют графически, она равна 612 мм. Зная диаметры обечайки и ее высоту, определяем развертку для изготовления конической обечайки. Развертка может быть изготовлена вырубкой на штампе, вырезкой на роликовых ножницах и т. п.

Свертывание заготовок под сварку выполняют на трехвалковых машинах или в штампах. Свернутую заготовку сваривают, автоматическая аргодуговая сварка обеспечивает высокое качество соединения и наименьшую зону термического влияния. Проковывать сварные швы не рекомендуется.

Для получения детали высокой точности формообразование следует выполнять за две операции: в первой деталь недоформовывается на 2—3%, во второй, после термической обработки, формируется окончательно. Упругую деформацию легко учесть опусканием разжимного пуансона.

Зазор между секторами разжимного пуансона

$$b = \frac{2\pi r_0 \epsilon}{n},$$

где ϵ — наибольшая деформация; n — число секторов разжимного пуансона.

Утонение материала при формообразовании не превышает 10—15% толщины исходного материала.

ПРИМЕРЫ КОНСТРУКЦИЙ ШТАМПОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Штамп для свертывания конуса из тонколистовой заготовки.

В качестве примера рассмотрим способ получения конических заготовок свертыванием в вертикальном штампе.

Как известно, при гибке П-образных и других симметричных деталей заготовка равномерно располагается в зазоре между пуансоном и матрицей. В описываемом способе заготовка располагается по одну сторону пуансона и при его рабочем движении изгибается под действием сил P_1 и P_2 (рис. 62).

Рассмотрим свертывание конуса из листовой заготовки (стали 12X18H9T) толщиной 1,5 мм (рис. 63). В процессе отработки процесса гибки установлено, что для данного материала и размеров конуса упругая деформация после свертывания составляет примерно 10% диаметра большего основания конуса; не обеспечивается стыковка кромок по образующей конуса, они получают «открытыми».

Упругую деформацию учитывают при проектировании штампа, окончательные размеры которого устанавливают при доводке. Стыковка кромок обеспечивается их предварительной гибкой в специальном штампе на угол 45° на длине 10 мм.

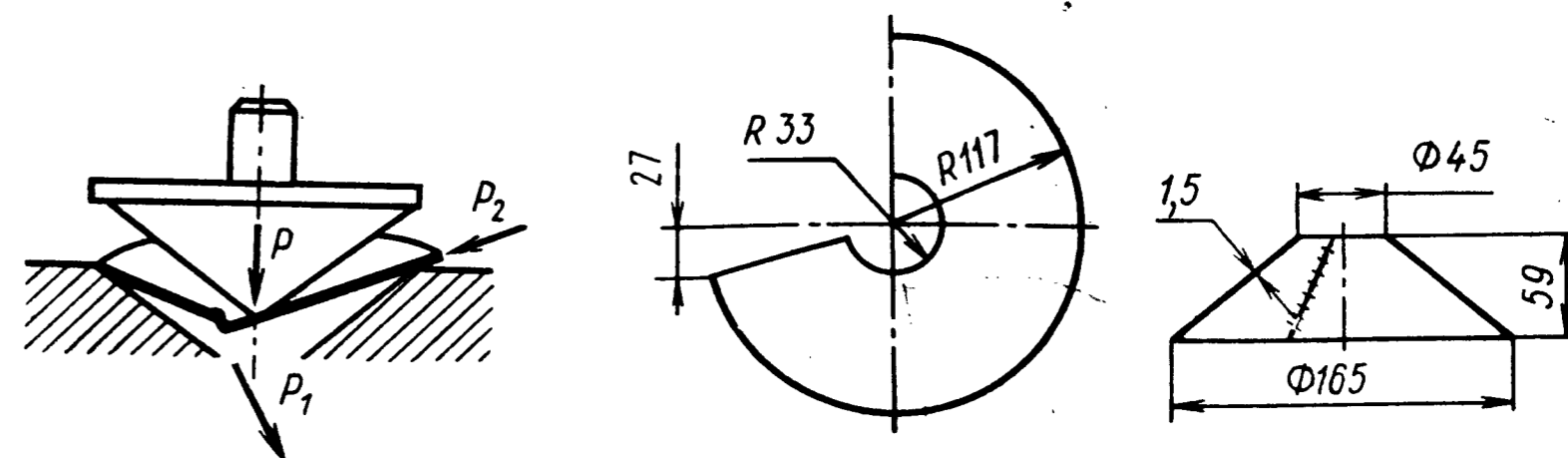


Рис. 62. Схема свертывания конуса в вертикальном штампе

Рис. 63. Конус, свернутый в вертикальном штампе

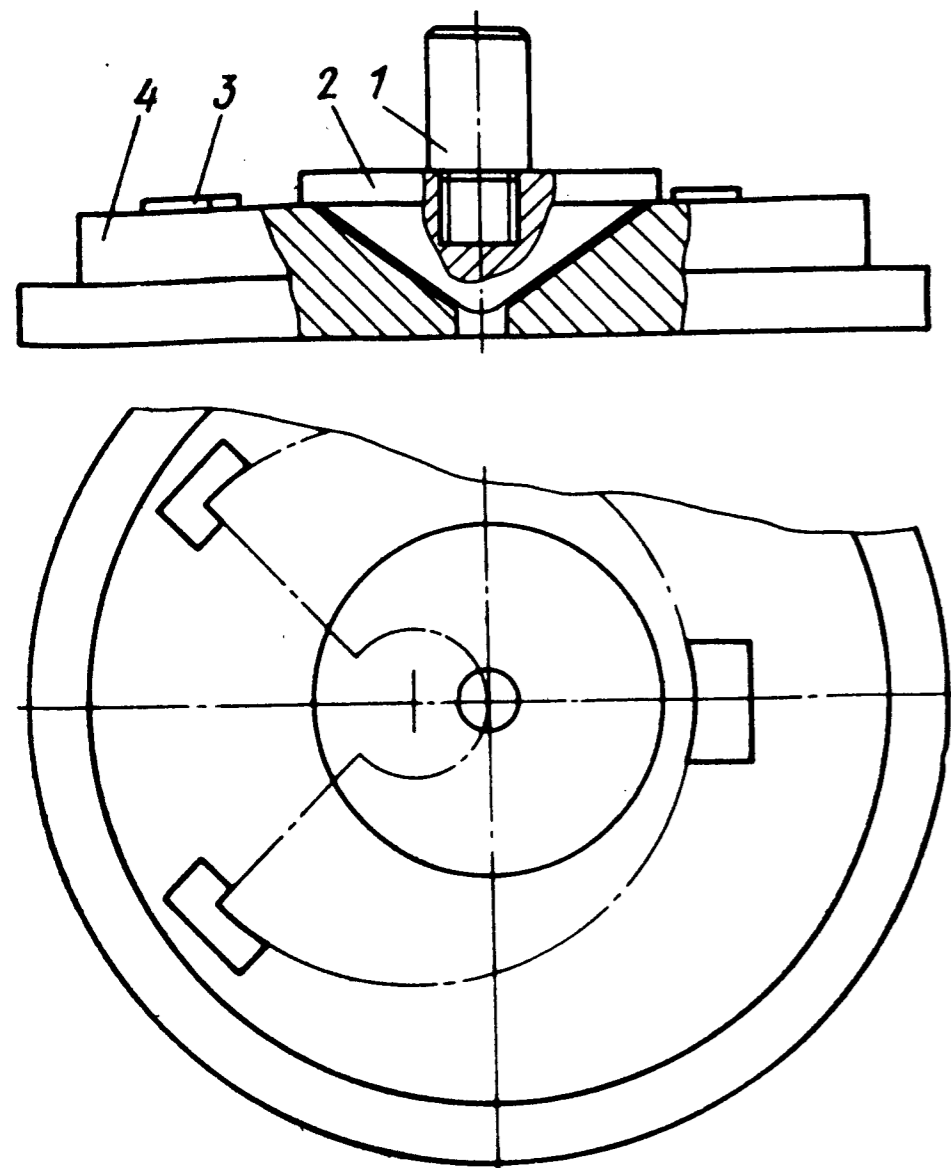


Рис. 64. Штамп для свертывания конуса

толщиной 1,5 мм) является цилиндрическая обечайка диаметром 783 мм, высотой 175 мм, сваренная аргонодуговой сваркой (рис. 65). На выходах швы усиливают ручной сваркой, что предотвращает разрыв обечайки во время формовки растяжением. Формовку выполняют на гидравлическом прессе с помощью сменного элемента (рис. 66), установленного на универсальный блок 3. Сменный элемент состоит из секторов 1 с фиксаторами 2.

В первой стадии формообразования происходит одноосное растяжение обечайки, которое совмещается с гибкой по скруглению сменного элемента (см. рис. 65). Тангенциальные напряжения, возникающие в это время, приводят к волнообразованию на этой поверхности. При дальнейшем формообразовании волны расплавляются. Во время формообразования возможно перемещение обечайки вверх. Этому препятствует канавка А (см. рис. 66), выполненная в нижней части сменного элемента, в которую при растяжении заворачивается нижний край обечайки. При этом изменяется схема напряженного состояния, вместо напряжения растяжения возникают напряжения сжатия, что предотвращает ее разрыв.

Технология формообразования кольца методом формовки растяжением (см. рис. 65) включает следующие операции: резку листа на полосы размером 1230×175 мм (две полосы); гибку полос по диаметру 783 мм на трехвалковой машине; автоматиче-

Штамп для свертывания конуса (рис. 64) состоит из хвостовика 1, пуансона 2, фиксаторов 3 и матрицы 4. Штамп изготовляют из высокопрочного чугуна, например, хромоникелевого или магниевое. При проектировании предусматривают припуск по высоте пуансона и матрицы с тем, чтобы обеспечить возможность доводки. Положение фиксаторов определяют опытным путем.

Изготовление фасонных колец из сварных цилиндрических заготовок формовкой растяжением. Заготовкой 1 для формовки фасонного кольца (лист из сплава ХН78Т

скую аргонодуговую сварку; усиление швов на кромках ручной аргонодуговой сваркой (I); термическую обработку; предварительную растяжку до диаметра 854 мм (II); термическую обработку; окончательную растяжку до диаметра 884 мм (III); калибровку и отбортовку в специальном штампе (IV).

Технология изготовления другого кольца из того же материала (рис. 67) формовкой растяжением из сварной цилиндрической заготовки аналогична предыдущей технологии и включает следующие операции: резку листа на полосы; гибку полос по диаметру 790 мм на трехвалковой машине; автоматическую аргонодуговую сварку; усиление швов на кромках ручной аргонодуговой сваркой (I); термическую обработку; растяжку до диаметра 880,4 мм (II); разрезку на роликовых ножницах (III); калибровку в специальном штампе (IV).

Лабораторные исследования колец, изготовленных методом формовки растяжением, показали, что основной материал и

Рис. 65. Технологический процесс изготовления фасонного кольца формовкой растяжением

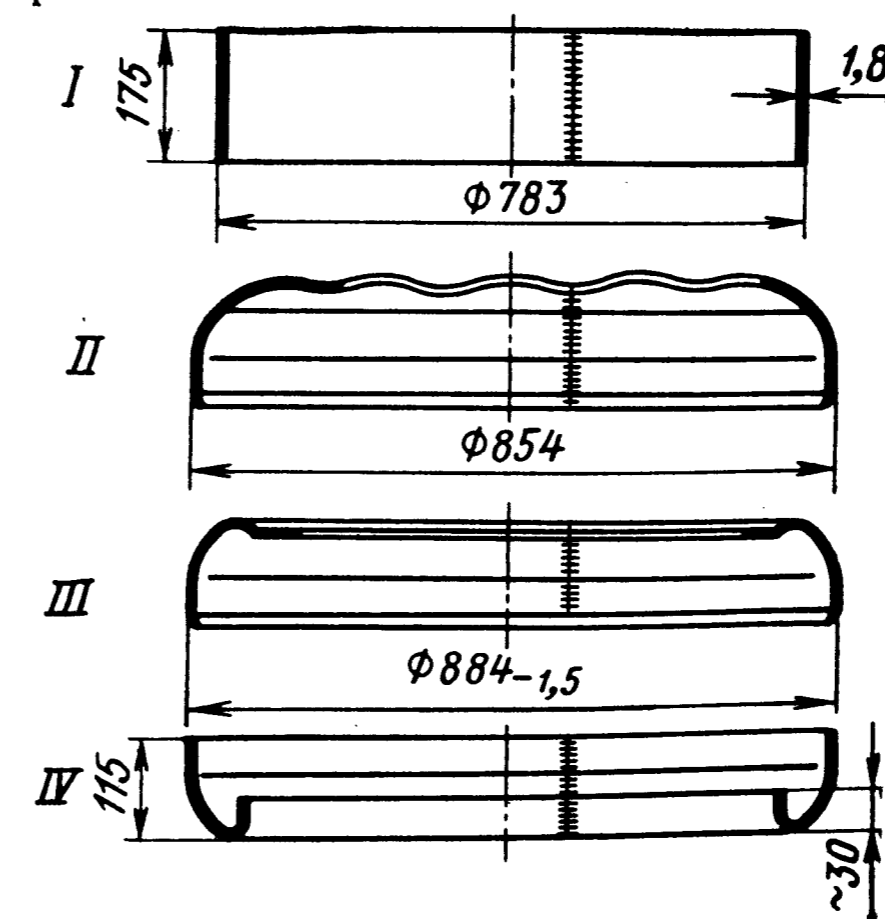
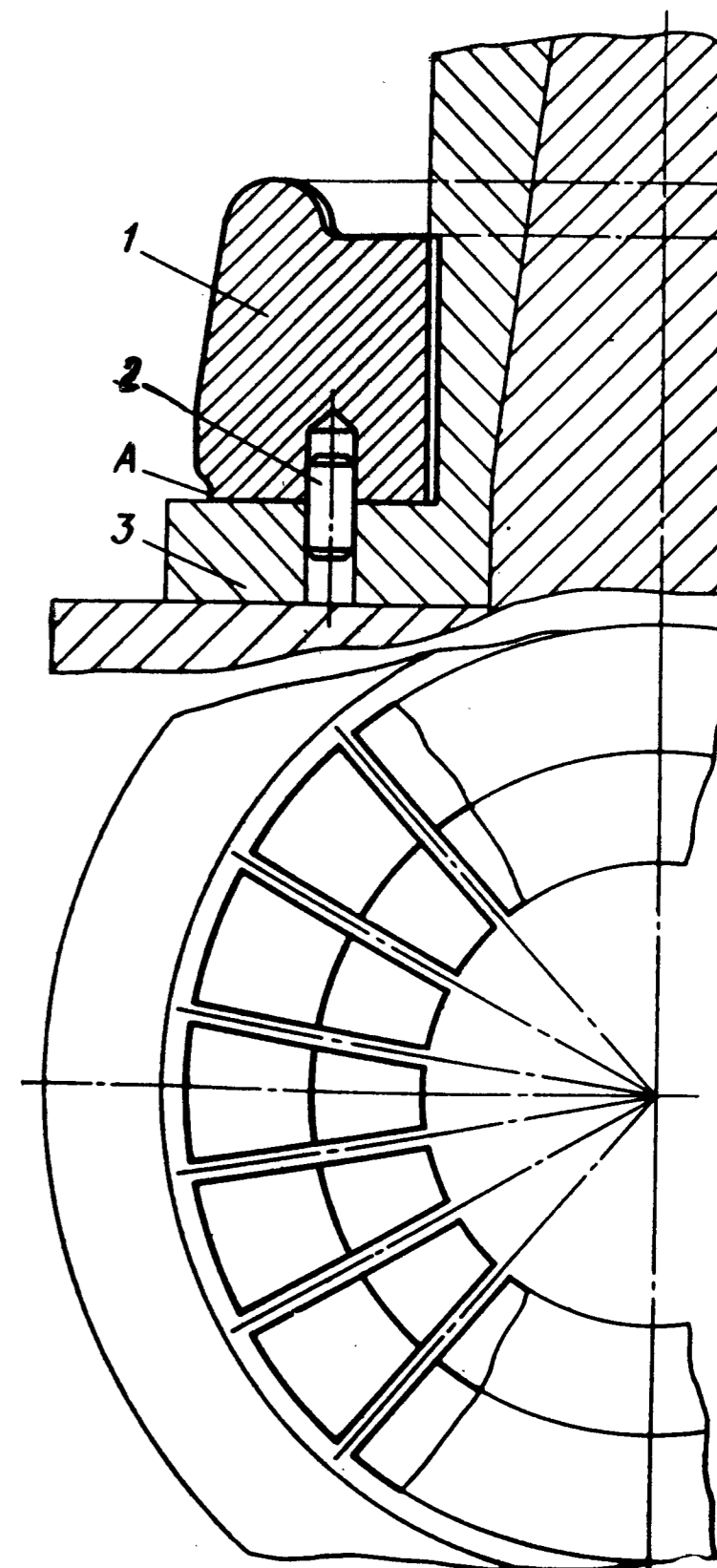


Рис. 66. Сменный элемент для формовки растяжением



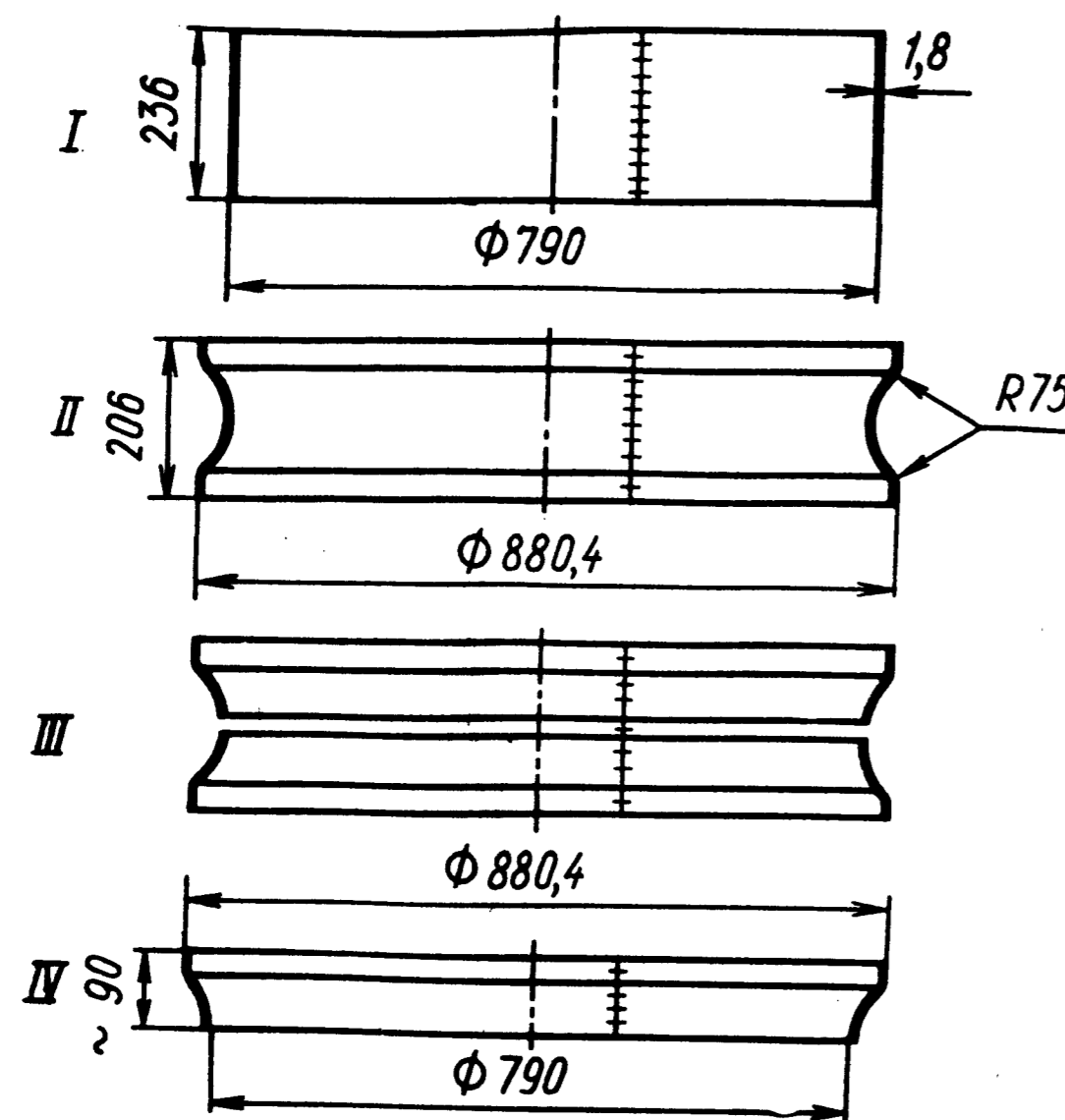


Рис. 67. Технологический процесс изготовления кольца формовкой растяжением

сварные швы не претерпевают каких-либо изменений, снижающих прочность колец.

Штамп для формообразования обечайки из титанового сплава ОТ4-1. Обечайку из сплава ОТ4-1 (рис. 68) ранее изготавливали из круглой заготовки вытяжкой за две операции с промежуточной термической обработкой. После вырезки дна проводили термофиксацию, которая обеспечивала требуемые форму и размеры детали. Расход металла на одну деталь составлял 1780 г, коэффициент использования металла — 0,23.

С целью экономии титанового сплава разработан метод формовки растяжением этой обечайки. Заготовкой служит цилиндрическая обечайка диаметром 240 мм, высотой 90 мм, изготовленная на трехвалковом стане с последующей аргонодуговой сваркой. Предварительную формовку с растяжением выполняют в штампе (рис. 69).

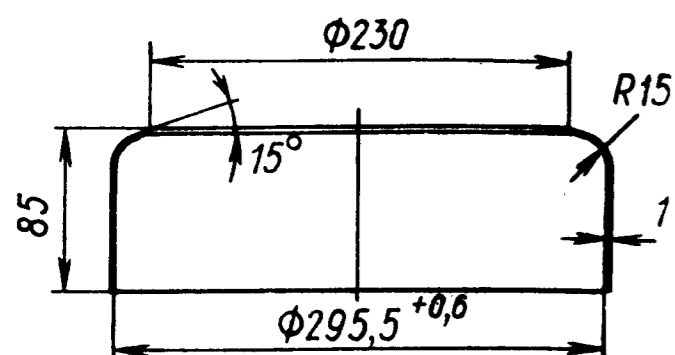


Рис. 68. Обечайка из титанового сплава ОТ4-1

Рис. 69. Штамп для предварительного формообразования обечайки

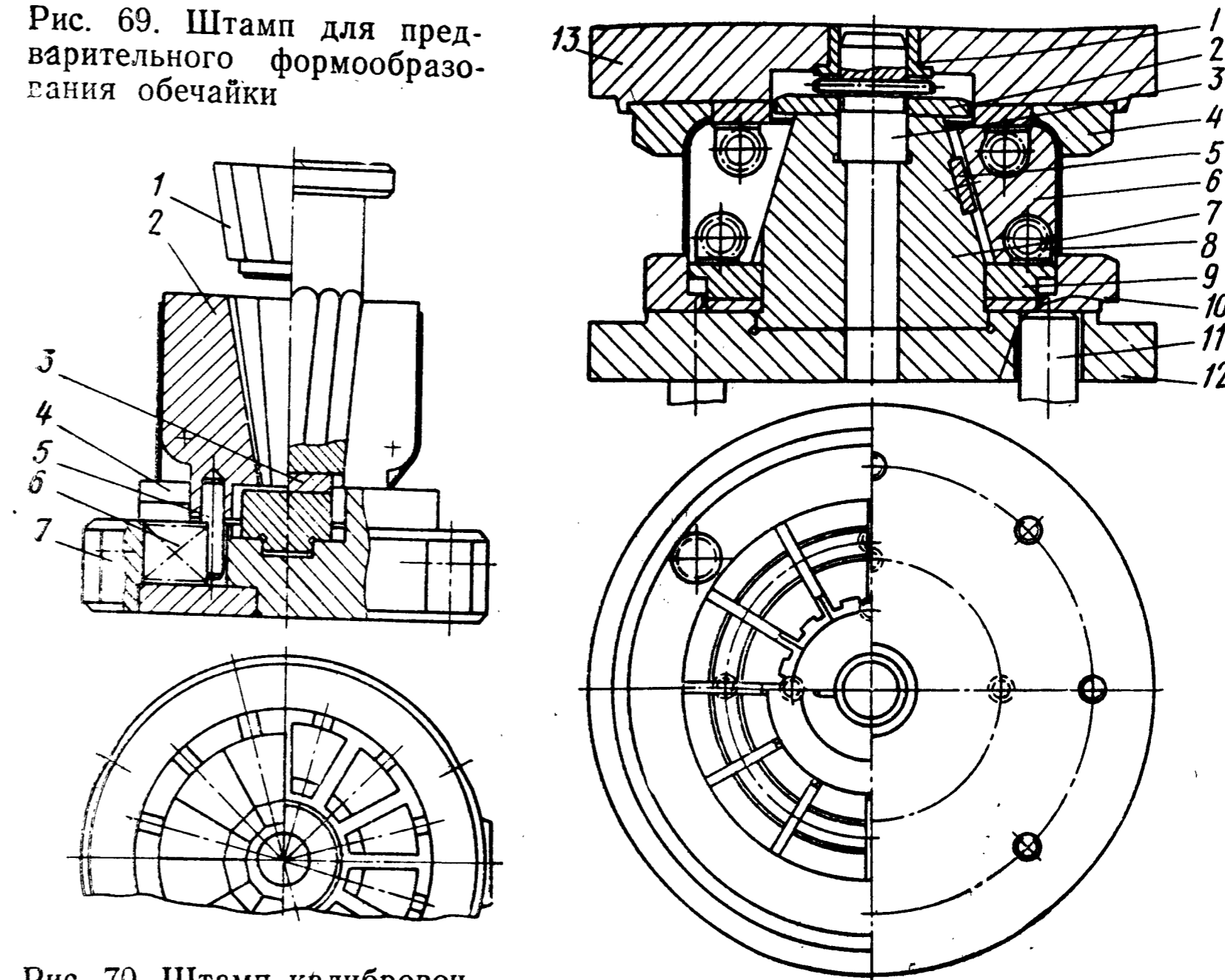


Рис. 70. Штамп калибровочный для обечайки

Сварную цилиндрическую заготовку устанавливают на секционную разжимную оправку 2, состоящую из 12 секторов, с упором в торец плиты 4. Во избежание разрыва заготовки при растяжении сварной шов не должен попадать в зазор между секторами. При ходе ползуна пресса вниз клин 1 (выполненный в виде двенадцатигранной пирамиды, что уменьшает его износ и увеличивает точность штампуемой детали) разжимает секторы штампа, в результате чего цилиндрическая заготовка растягивается до диаметра 256 мм. При этом ее нижний край «подкатывается» по скруглению разжимной оправки и образуется предварительная форма детали. Настройка штампа достигается подбором высоты регулировочной прокладки 3. В исходное положение секторы оправки возвращаются пружинами 6, расположенными в пазах плиты 7 и опирающимися на штыри 5.

Степень относительной деформации при выполнении данной операции составляет ~7%. После термической обработки заготовка растягивается до диаметра $259,5 \pm 0,6$ мм, затем следует калибровка; коэффициент использования материала — 0,5.

Штамп калибровочный для обечайки. Калибровочный штамп (рис. 70) также состоит из двенадцати секционных оправок 6, смонтированных на пирамиде 7, установленной на плите 12. Секторы оправки направляются шпонками 5. Пружины 8 возвращают оправку в исходное положение. На верхней плите 13

укреплена матрица 4. Втулка 1 и колонка 3 — направляющие штампа. Прокладка 2 — регулировочная, служит для подбора диаметра обечайки.

Штамп устанавливают на гидравлический пресс с прижимным устройством. После включения устройства шпильки 11 поднимают оправку 6 и она занимает исходное положение. Заготовка надевается на оправку и опирается на кольцо 10, включается прижимное устройство и кольца 9 и 10 возвращаются в исходное положение. При ходе ползуна пресса вниз выполняется окончательная растяжка детали и ее калибровка. По новой технологии изготовления обечайки расход титанового сплава ОТ4-1 уменьшился на 62%, снизилась трудоемкость, улучшилось качество детали.

Штампы для изготовления ступенчатых колец из сварных цилиндрических заготовок растяжением с развальцовкой и наружной отбортовкой. Ступенчатые кольца, изготовленные из листа, например ребра жесткости (рис. 71), широко применяют в промышленности. Обычно их изготавливают прокаткой на роликовых машинах с последующей подгонкой и сваркой или многооперационной вытяжкой из круглой листовой заготовки. Эти способы трудоемки, не обеспечивают требуемого качества, недопустимо мал коэффициент использования металла (0,1—0,15).

При применении нового технологического процесса изготовления ступенчатых колец из сварных цилиндрических заготовок растяжением с развальцовкой и наружной отбортовкой повышается коэффициент использования металла до 0,5, снижается трудоемкость и повышается качество деталей.

Лист из сплава ХН78Т толщиной 1,8 мм раскраивают на заготовки (I). На гибочном трехвалковом стане заготовка свертывается в цилиндр диаметром ~ 283 мм (II) и после соответствующей подготовки сваривается автоматической аргодуговой сваркой (III). Во избежание оплавления и прожога заготовки при сварке на входе и выходе шва устанавливают технологические планки, которые после сварки удаляют. Сварочные напряжения снимаются термической обработкой. После покрытия защитным лаком заготовку растягивают до диаметра 286 мм и одновременно отбортовывают на угол 30° (IV). После повторной термической обработки и покрытия защитным лаком следует отбортовка на угол 60° (V). Затем после очередной термической обработки и покрытия защитным лаком следует предварительная формовка (VI) и калибровка деталей (VII), придающая требуемую чертежом форму и размеры.

Внедрение в производство новой технологии позволило получить большую экономию металла: при двухоперационной вытяжке из листа 1000×2000 мм ранее изготавливали 8 деталей, а по новой технологии 25.

Штамп для предварительной растяжки по диаметру и отбортовки ступенчатого кольца. Предварительную растяжку по диа-

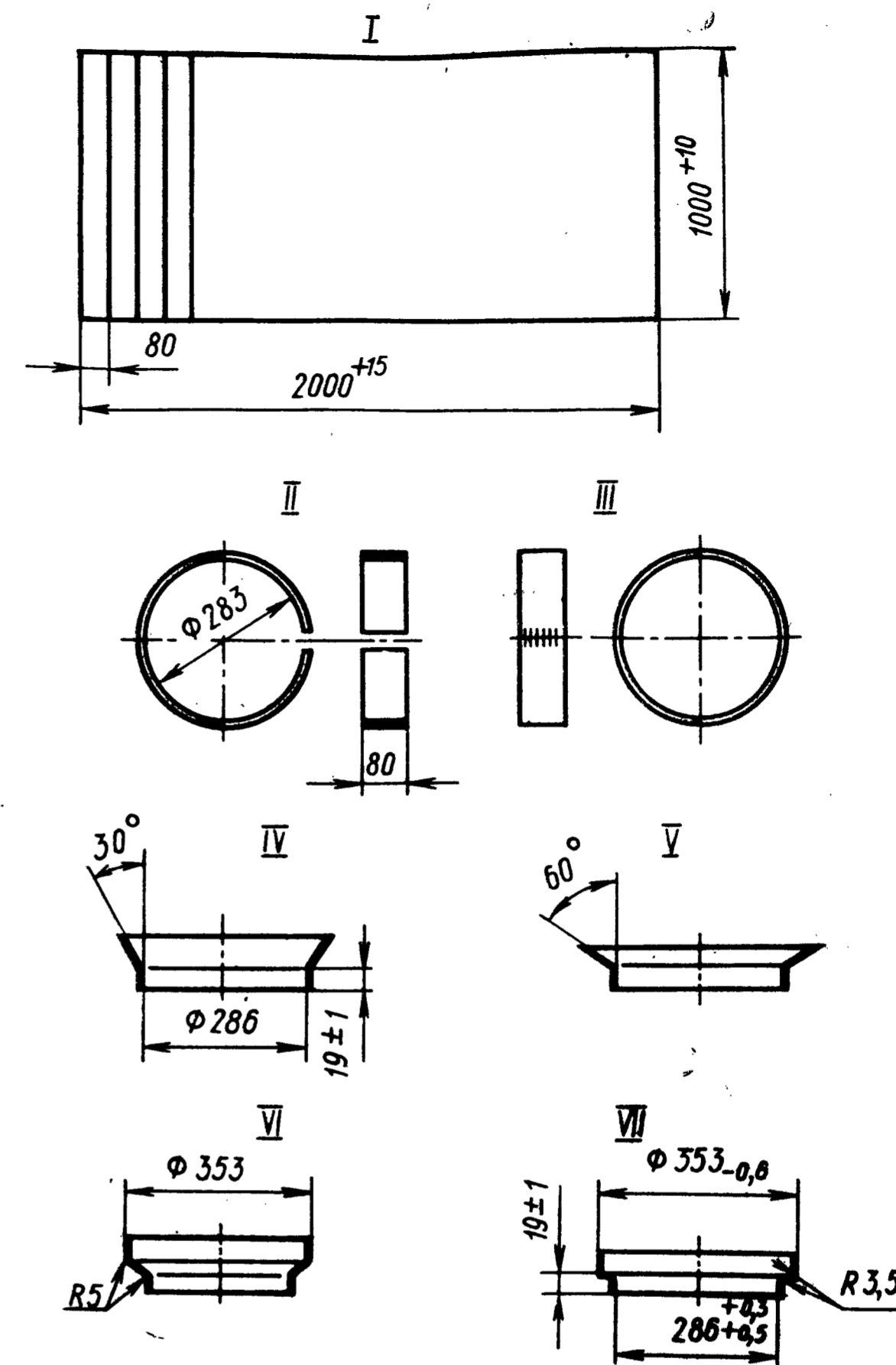


Рис. 71. Технологический процесс изготовления ступенчатого кольца из сварной цилиндрической заготовки растяжением с развальцовкой и наружной отбортовкой

метру и отбортовку листового ступенчатого кольца выполняют в штампе, показанном на рис. 72. На нижней плите 1 штампа установлена матрица 2, внутри которой имеется шестисекционная разжимная оправка 3. Секторы оправки направляются винтами 7 по пазам основания 8, в исходное положение они возвращаются пружиной 12. Выталкиватель 9 закреплен на плите 10, лежащей на маркетных шпильках 11. На верхней плите 4 смонтированы клин 5 и пуансон 6.

Сваренную цилиндрическую заготовку устанавливают на торец выталкивателя 9 в зазор между деталями 2 и 3. При этом выталкиватель 9 находится в нижнем положении. При рабочем ходе пресса клин 5 разжимает секционную оправку 3, растяги-

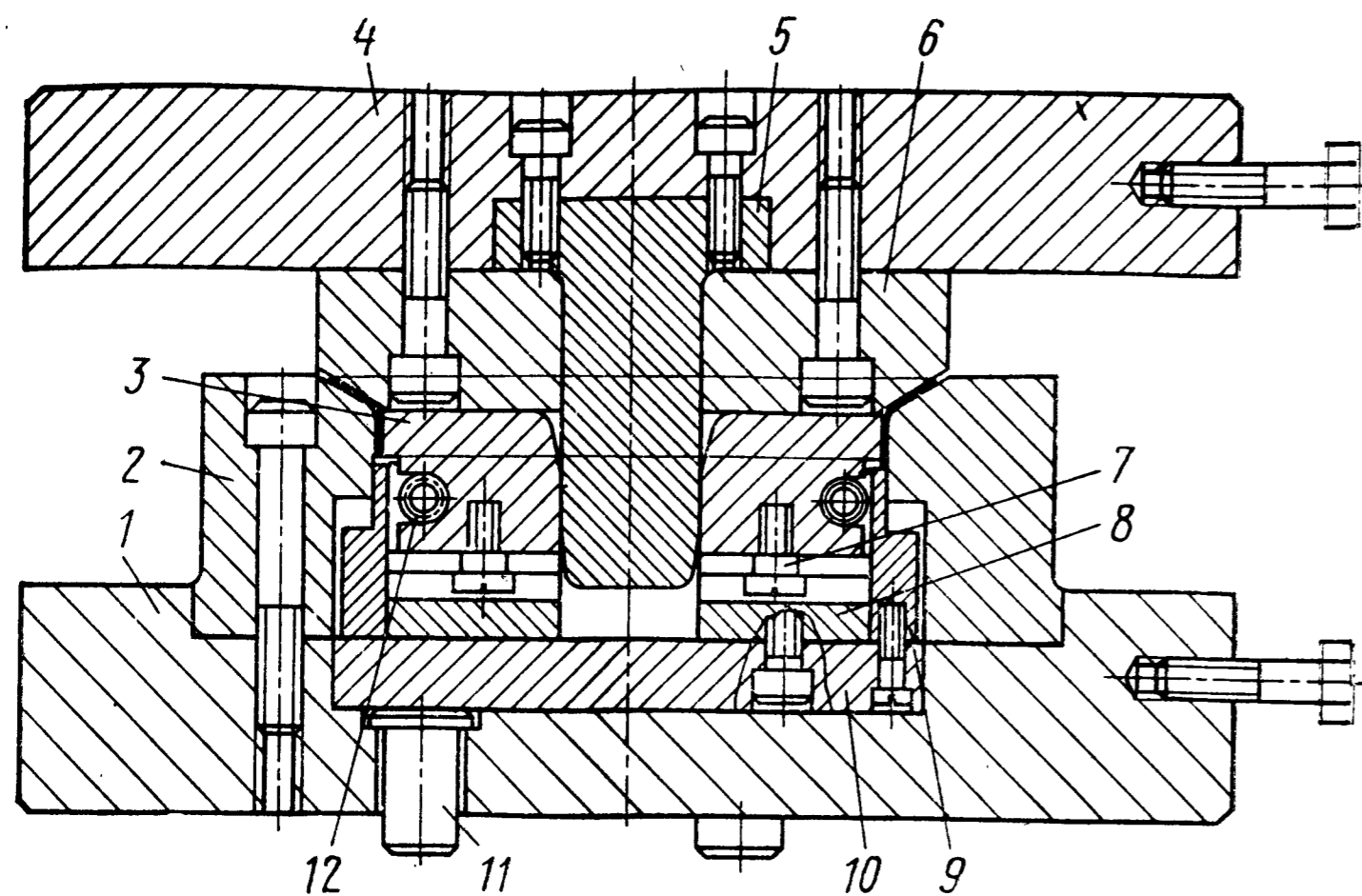


Рис. 72. Штамп для предварительной растяжки и отбортовки ступенчатого кольца

вая цилиндрическую заготовку с диаметра 283 до 286 мм. При дальнейшем ходе ползуна пресса пуансон 6 выполняет отбортовку цилиндра на угол 30° . После термической обработки и покрытия защитным лаком заготовки в штампе меняют пуансон, который выполняет отбортовку на угол 60° .

Наружная отбортовка осуществляется в другом штампе, конструкция которого аналогична рассмотренной и отличается только формой пуансона и матрицы.

Штамп для калибровки ступенчатого кольца. Калибровка кольца выполняется в штампе, показанном на рис. 73. На верхней плите 1 установлен пневмоцилиндр 4, в котором находится поршень 2 с уплотнительным кольцом 3. На корпусе пневмоцилиндра 4 смонтирован пуансон 7, в прорезях которого расположена планка 5. На нижней плите 10 установлена матрица 8 с выталкивателем 9 и маркеттными шпильками 11.

Отбортованную на угол 60° деталь устанавливают в матрицу 8. При опускании ползуна пресса пуансон 7 калибрует деталь. Из матрицы деталь извлекается выталкивателем 9, а с пуансона снимается толкателями 6, действующими через планку 5 от поршня 2, работающего от сжатого воздуха цеховой сети.

Штамп разжимной формообразующий для изготовления секции гильзы. Секцию гильзы получают методом формообразования растяжением. В качестве заготовки используют сварной цилиндр, изготовленный из листа стали ХН78Т, толщиной 1,2 мм. Диаметр цилиндрической заготовки уменьшен на 3% по сравнению с максимальным диаметром детали. Перед операцией формообразования растяжением сварной шов уплотняется прокат-

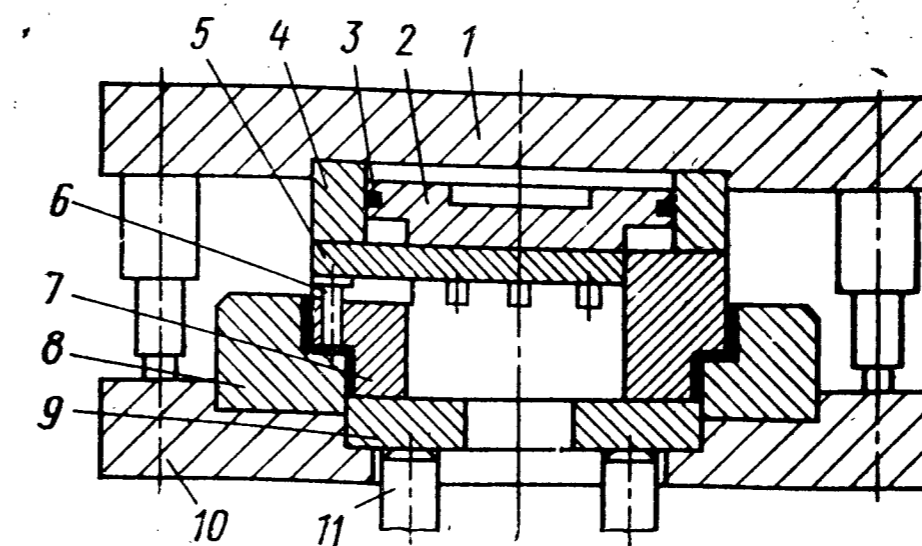


Рис. 73. Штамп для калибровки ступенчатого кольца

кой на специальной машине. Напряжения, возникаемые в цилиндрической заготовке в процессе сварки и прокатки, снимаются термической обработкой.

Цилиндрическую заготовку (рис. 74) устанавливают на секторы разжимного пуансона 8, которые в нерабочем положении

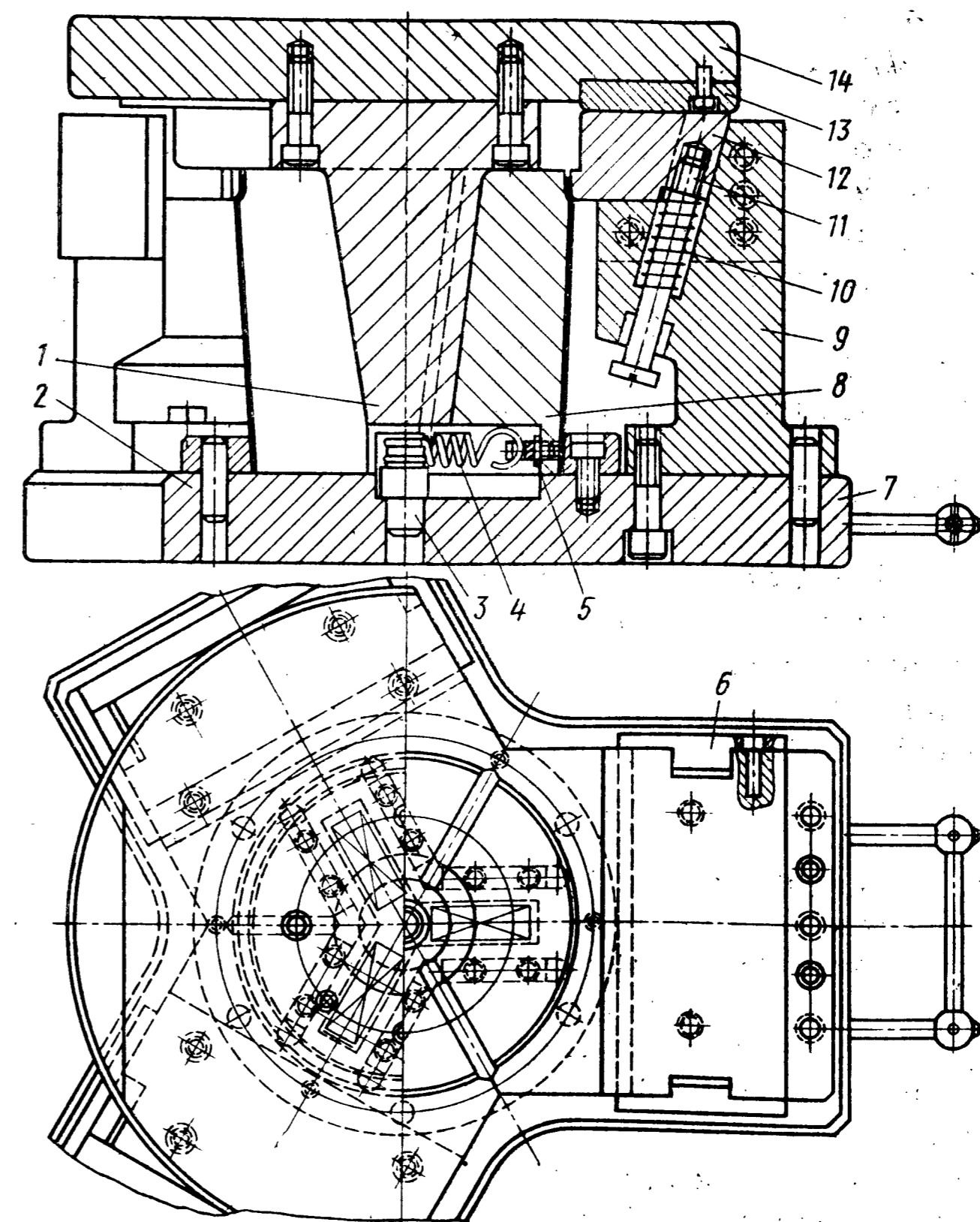


Рис. 74. Штамп разжимной формообразующий для секции гильзы

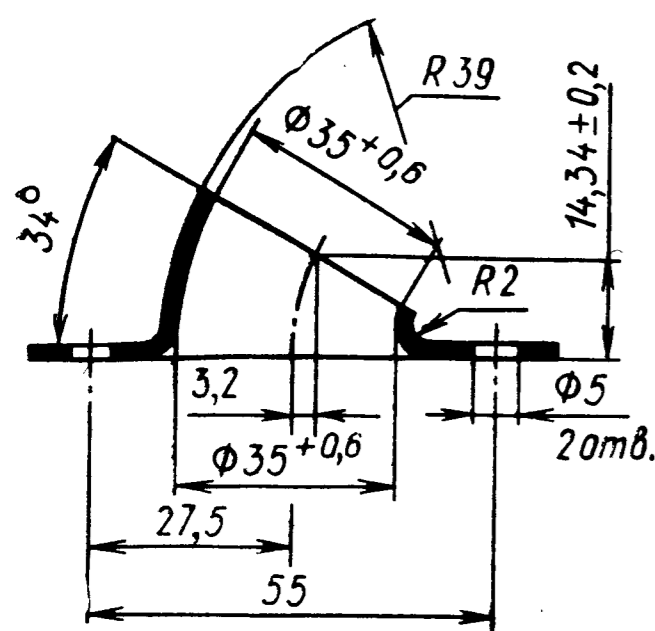


Рис. 75. Патрубок

находятся в сжатом состоянии под действием пружин 4, закрепленных в державках 3 и 5. На нижней плите 7 установлены матрица 2 и стойка 9, по которой передвигаются секции матрицы 12, находящиеся в верхнем положении благодаря пружинам 10, надетым на винты 11. Пластики 6, прикрепленные к стойке 9, фиксируют положение матриц 12. Разжим секционного пуансона осуществляется клином 1, прикрепленном к верхней плите 14. Пластики 13, нажимая на плоскость секционной матрицы 12, приводят ее в рабочее движение.

Процесс формообразования происходит следующим образом: клин 1 разжимает секции пуансона 8, создавая тем самым предварительную форму детали; в конце хода неподвижная матрица 2 и секционная матрица 12, передвигающаяся по скосу стойки 9, оформляют цилиндрические участки детали и придают ей окончательную форму. Точность диаметров детали после формообразования составляет $\pm 0,2$ мм.

Штамп для калибровки патрубка растяжением. Калибровка патрубка из сплава ХН78Т по диаметру $36^{+0,6}$ мм (рис. 75) в штампе специальной конструкции (рис. 76), у которого пуансоном является стальной закаленный шарик, позволила исключить трудоемкую ручную операцию правки и улучшить качество детали.

На нижней плите 1 установлена матрица 2 с фиксаторами 3. Для упрощения изготовления матрица выполнена разъемной из двух частей. На выходе шарика из матрицы установлен лоток 4, изготовленный из листового железа и оклеенный внутри резиной 5. Лоток наполнен маслом 6 и является приемником шарика после операции калибровки, что обеспечивает его смазку. На верхней плите 8 смонтированы прижим 9 и толкатель 12.

Штамп устанавливают на эксцентриковый или гидравлический пресс. В зафиксированную на штампе деталь специальными щипцами вкладывают шарик. При рабочем ходе пресса фланец детали прижимается прижимом 9 посредством пружины 10, надетой на винты 11 к зеркалу матрицы 2, после чего толкатель 12 проталкивает шарик 7 через патрубок, придавая ему правильную геометрическую форму.

Перед калибровкой патрубок покрывают защитным лаком, что предохраняет его и шарик от рисок и задиров.

Степень относительной деформации при калибровке составляет $\sim 3\%$, что следует учитывать при расчете диаметра предварительной вытяжки.

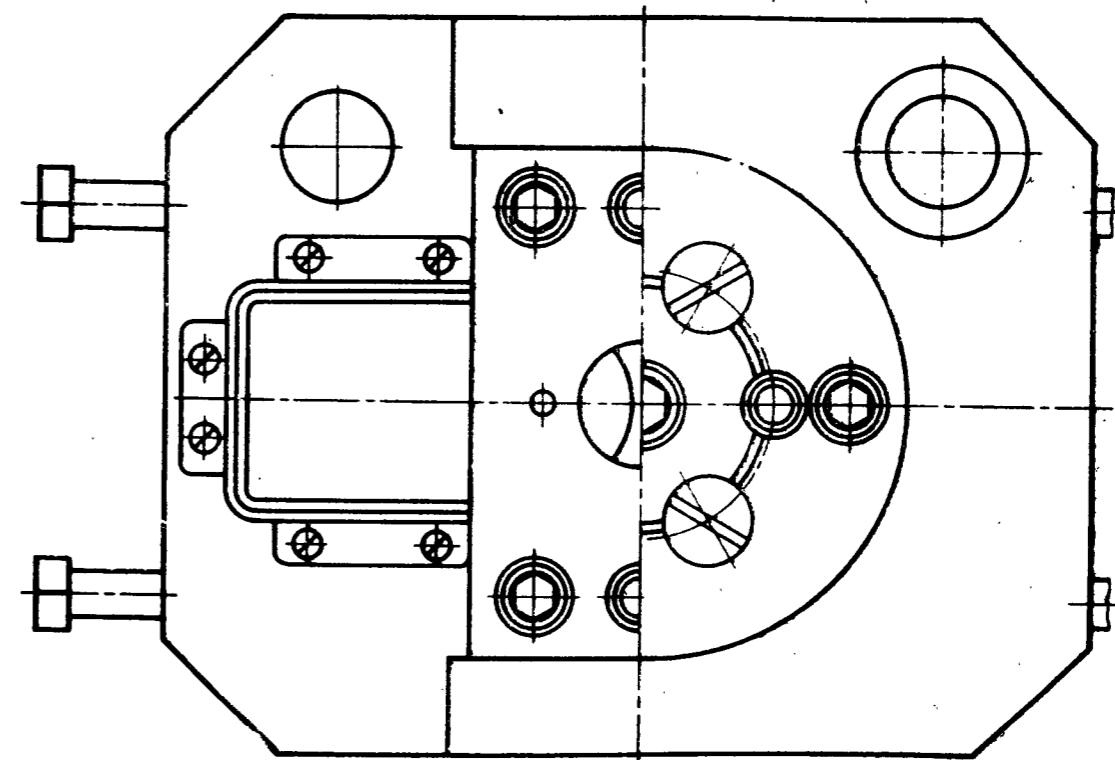
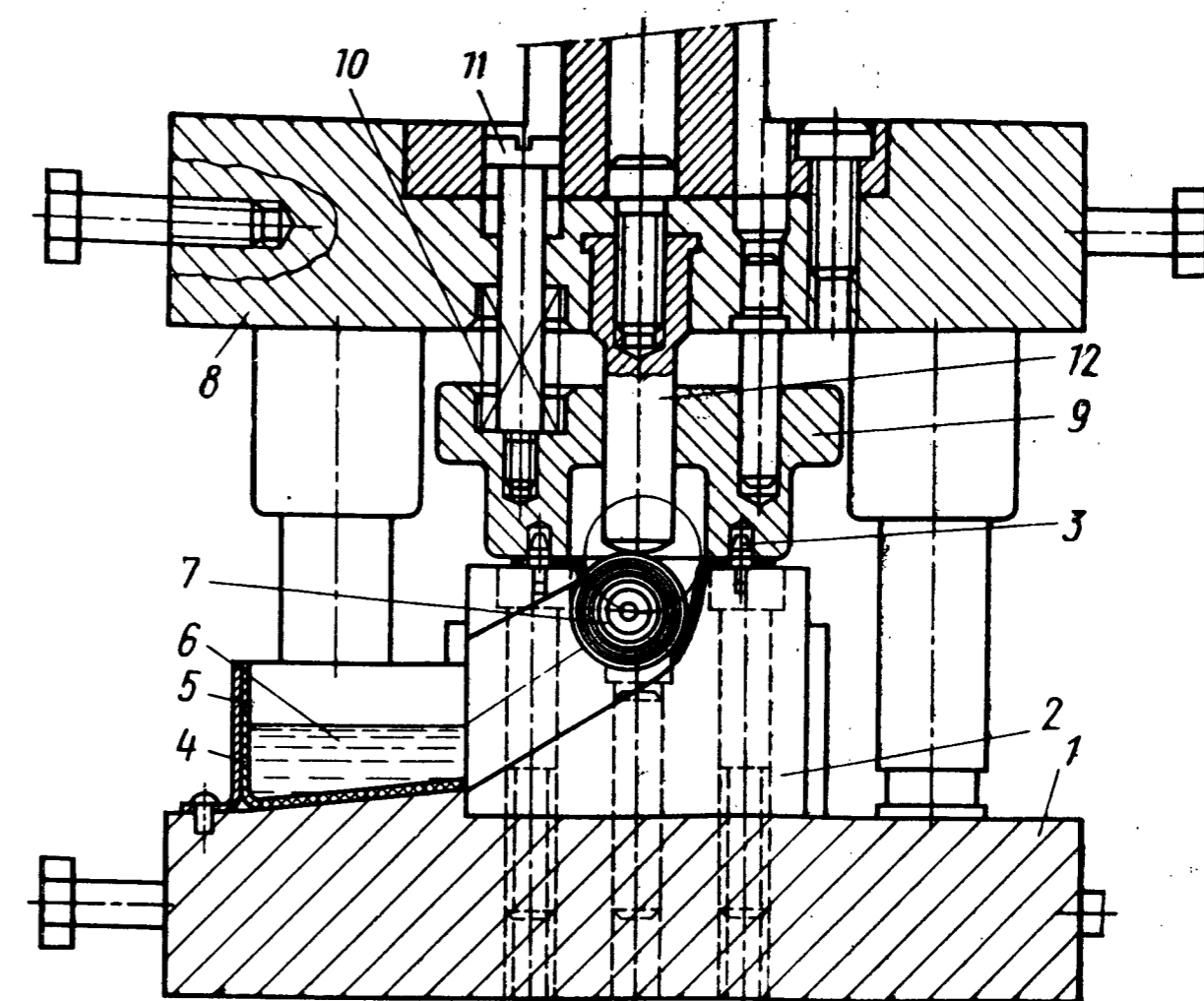


Рис. 76. Штамп для калибровки патрубка растяжением

При диаметре патрубка $36^{+0,6}$ мм диаметр шарика равен $36,3_{-0,05}$ мм, а диаметр матрицы $39,3^{+0,05}$ мм.

Матрицу изготавливают из стали 9ХС, а шарик из стали ШХ15, после закалки и отпуска их твердость $HRC 58-62$.

6. ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИУРЕТАНА В ШТАМПАХ

Резину в штампах применяют давно, однако используют мало из-за неспособности ее выдерживать многократные высокие нагрузки, недостаточного временного сопротивления разрыву, а также разрушения под действием смазочных масел и других смесей.

Открытие новых синтетических резин, например полиуретана, дало возможность расширить их применение. Полиуретан — материал, в котором сочетаются высокие сопротивления разрыву, истиранию и способность выдерживать большие давления без потери эластичности. Полиуретан стоек к действию масел, спирта, бензина и др. Механические свойства полиуретана различных марок приведены в табл. 12.

Таблица 12. Механические свойства литевых полиуретанов [11]

Показатель	Марка полиуретана				
	СКУ-ПФЛ	СКУ-ПФ-15	СКУ-6	СКУ-7Л	СКУ-М
Плотность, г/см ³	1,2	—	1,21	1,25	—
Модуль эластичности при 300%-ном растяжении, кгс/см ²	300	—	40	80—100	—
Предел прочности при растяжении, кгс/см ²	400—500	350	450—500	500—600	550
Удлинение, %:					
относительное	350—400	500	500—550	500—600	600
остаточное	6—10	2	0—2	2—4	10
Сопротивление раздиру, кгс/см ²	90—100	40	30	50—70	100
Твердость по ТМ-2 (шкала А)	92—95	80	55—60	75—80	60

В штамповой оснастке для изготовления матриц, пуансонов, съемников, буферов, прижимов и других деталей применяют литевую полиуретан марок СКУ-7Л, СКУ-ПФЛ, не требующий дополнительной вулканизации. Полиуретан этих марок легко поддается всем видам обработки резанием.

Преимущества и технологические возможности штампов с применением элементов из полиуретана. Основными преимуществами таких штампов являются их низкая стоимость, простота изготовления и универсальность. Применение полиуретана в штампах расширяет технологические возможности штамповки. Например, благодаря свойству полиуретана не повреждать поверхность штампуемой детали его можно использовать в штампах для формоизменения металлов, имеющих рисунок или покрытия различных видов. Полиуретан способствует созданию в замкнутом объеме высокого давления, что позволяет применять его для вырубки и пробивки. В штампах с деталями из полиуретана можно штамповать сферические, конические и другие детали сложной формы, которые трудно получить на обычных штампах.

Если на обычном штампе изготавливают деталь из листа одной толщины, то на штампе с элементами из полиуретана можно получить детали различных толщин. Благодаря несжимаемости полиуретана применение его в гибочных штампах обеспечивает

получение деталей более точной формы и с малыми радиусами изгиба. Это объясняется тем, что реактивные силы, возникающие в процессе гибки, равномерно распределяются по всей поверхности, с которыми соприкасается полиуретан, при этом значительно уменьшается упругая отдача.

Штампы с элементами полиуретана применяют для выполнения следующих операций: вырубки по контуру; пробивки отверстий и пазов; вырубки по контуру с одновременной пробивкой пазов, отверстий, совмещая эти операции с формовкой рифтов, пуклевок; вытяжки, чеканки и гибки. Эти операции выполняют при изготовлении деталей из различных материалов, в том числе и легированных сплавов.

Особенности вырубки и пробивки деталей из листа. В процессе вырубки и пробивки в штампе с элементами из полиуретана в заготовке возникает сложное напряженно-деформированное состояние: изгиб, растяжение и срез. Определяющей деформацией является срез. При вырубке и пробивке большое значение имеет скорость деформации. Большая скорость обеспечивает лучшую поверхность среза и меньшее утонение по контуру или отверстию штампуемой детали. Число ходов пресса может достигать 200 ударов в минуту.

В общем виде уравнение для определения усилия пресса при вырубке и пробивке имеет вид [11]

$$P = kqF,$$

где $k=1,25$ — коэффициент запаса для механических прессов; q — давление; F — рабочая площадь полиуретановой матрицы.

Усилие, необходимое для пробивки отверстия в штампе с полиуретановой матрицей диаметром 127 мм, рассчитывают по эмпирической формуле

$$P = (39\sigma_v + 224) \left[\left(\frac{S}{d} \right) + SC \right] + G,$$

где C и G — постоянные величины, определяемые по табл. 13.

При пробивке нескольких отверстий в трубе полиуретаном, помещенным в ее внутреннюю полость, усилие пробивки равно

Таблица 13. Постоянные величины C и G

Материал	C	G
Медь:		
отожженная	—0,12	7,5
полутвердая	0,10	5,0
Латунь Л68	—0,046	10,0
Закаленная фосфористая бронза	0,126	8,0
Коррозионно-стойкая сталь	—0,023	15,0
Отожженный алюминий	—0,024	5,0

усилию пробивки одного отверстия, так как пробивка происходит поочередно.

Следует отметить, что величина перемычек a между вырубными деталями при вырубке в штампах с полиуретановыми матрицами больше, чем при вырубке в инструментальных штампах. Эмпирически определено, что

$$a = 15 \sqrt{S}.$$

Конструктивные рекомендации по применению полиуретана. В штампах для вырубки, пробивки, формовки и гибки применяют эластичную полиуретановую матрицу. Вытяжку производят по двум схемам: эластичный пуансон с жесткой матрицей, эластичная матрица с жестким пуансоном.

Использование полиуретана вместо резины и пружин в съемниках и прижимах дает значительные преимущества. При этом достигается большее и более равномерное давление при меньшей деформации.

Для обеспечения долговечности полиуретановые детали штампа не должны деформироваться больше чем на $\frac{1}{3}$ их высоты. Стойкость полиуретановых деталей штампа повышается при правильном применении и эксплуатации. Например, острые кромки металлического пуансона могут повредить поверхность полиуретановой матрицы. Такое же повреждение могут нанести заусенцы на заготовке.

Поскольку давление, создаваемое посредством полиуретана, равномерно передается по всем направлениям, контейнеры, в которые вставляются полиуретановые детали штампа, рассчитывают по методике расчета толстостенных цилиндров [10]. Радиус сопряжения стенок контейнера с дном должен быть 10—15 мм.

Контейнеры изготовляют из высокопрочной конструкционной стали достаточной пластичности (относительное удлинение 10—15%, ударная вязкость $\geq 4-5$ кгс·м/см²).

КОНСТРУКЦИИ ШТАМПОВ

Штамп с полиуретановой матрицей для вырубки шайбы. На штампе (рис. 77) вырубают шайбу из стали 12X18H9T толщиной 0,1 мм. Вырубка такой шайбы в инструментальном штампе затруднена, так как в результате быстрого износа увеличивается зазор между пуансоном и матрицей, что приводит к появлению заусенцев, снять которые с шайбы такой толщины практически невозможно.

В штампе с матрицей из полиуретана обеспечивается вырубка шайбы без заусенцев вне зависимости от числа изготовленных деталей.

Нижняя часть штампа, состоящая из плиты 12, пуансонодержателя 11, полиуретанового буфера 10 и пуансон-матрицы 13,

не отличается по конструкции от нижней части обычного вырубного штампа. В верхней части штампа находится полиуретановая матрица 5, помещенная в стальной контейнер 6. Корпус 15 опирается на буфер 4. Верхняя плита 3 с хвостовиком 1 и вкладышем 2, создающим замкнутый объем для полиуретановой матрицы 5, соединена с нижней частью штампа направляющими колонками 8 и втулками 7. На съемнике 9 установлены фиксаторы 14.

Полосу штампуемого материала укладывают на съемник 9 с упором в фиксаторы 14. При рабочем ходе ползуна прессы полиуретановая матрица 5, сжимаясь, создает давление, необходимое для вырубки шайбы.

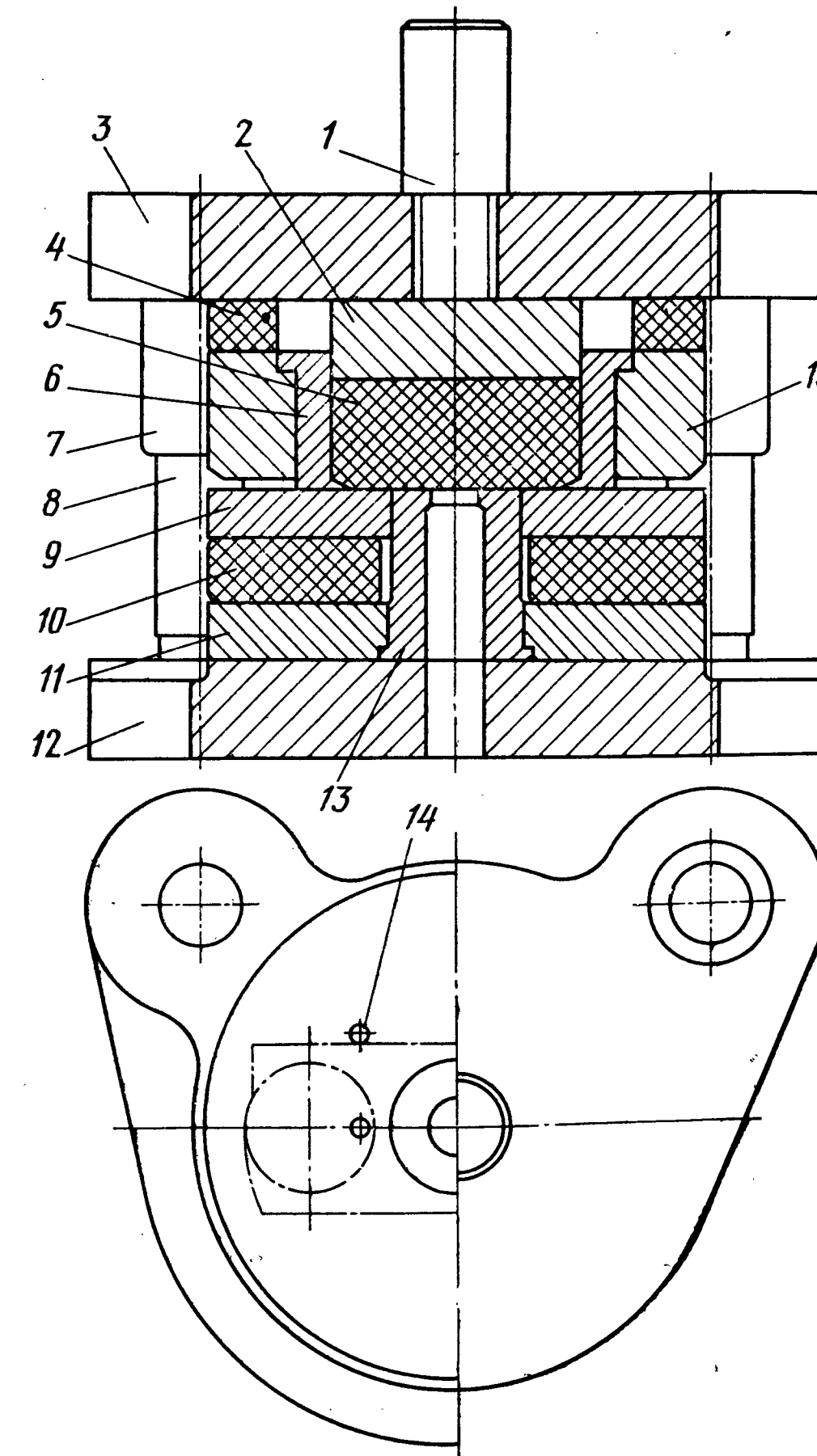


Рис. 77. Штамп с полиуретановой матрицей для вырубки шайбы

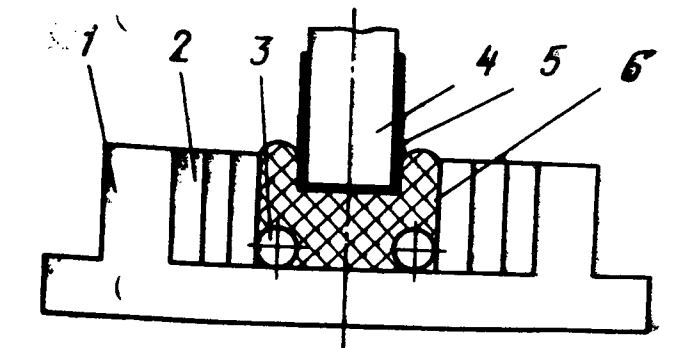


Рис. 78. Универсальный гибочный штамп с полиуретановой матрицей

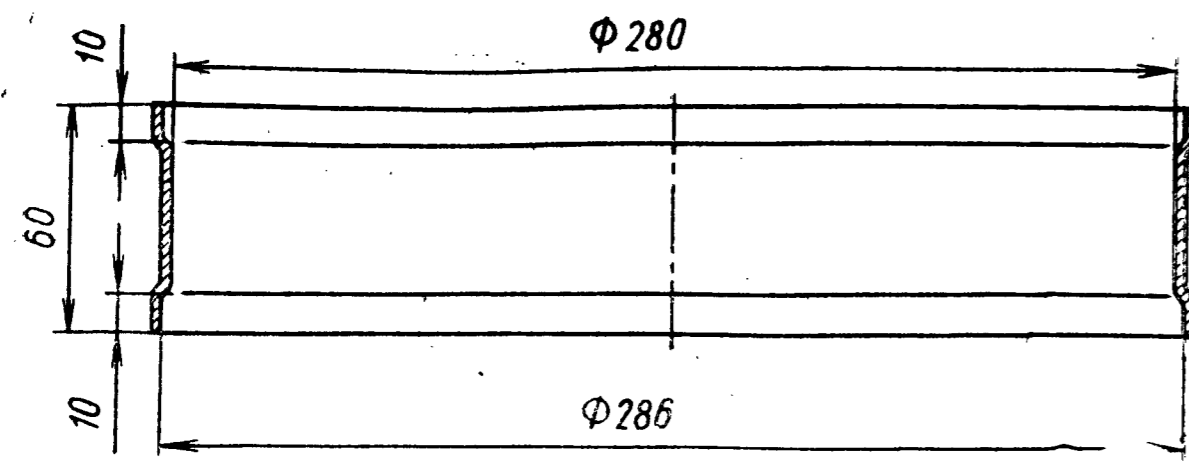


Рис. 79. Обечайка

Перед штамповкой полосу обезжиривают авиационным бензином или этиловым спиртом. Штамп устанавливают на механический пресс, оборудованный противоперегрузочным устройством.

Универсальный гибочный штамп с полиуретановой матрицей. Этот штамп (рис. 78) предназначен для гибки деталей различной формы. Штамп состоит из контейнера 1, прокладок 2, прутков 3, пуансона 4 и полиуретановой матрицы 6.

Штамп для гибки деталей 5 различной формы из листа разной толщины переналаживают подбором прокладок 2 и диаметра прутков 3. Зазор между прутками 3 и полиуретановой матрицей 6 обеспечивает хорошее прилегание полиуретановой матрицы к пуансону.

Формовочный штамп с полиуретановым пуансоном. Рельеф в деталях часто выполняют вручную или последовательной формовкой в штампах. Детали, полученные такими способами, недостаточно точны, их поверхность низкого качества. Применение пуансона из полиуретана позволяет штамповать детали замкнутого контура с рельефом за одну операцию, обеспечивая при этом точность размеров и высокое качество поверхности.

Примером может служить формовочный штамп для обечайки (рис. 79, 80). Обечайка 6 из листа сплава ХН78Т толщиной 0,3 мм надевается на цилиндрический полиуретановый блок 7, фиксируемый стойкой 8, установленной на

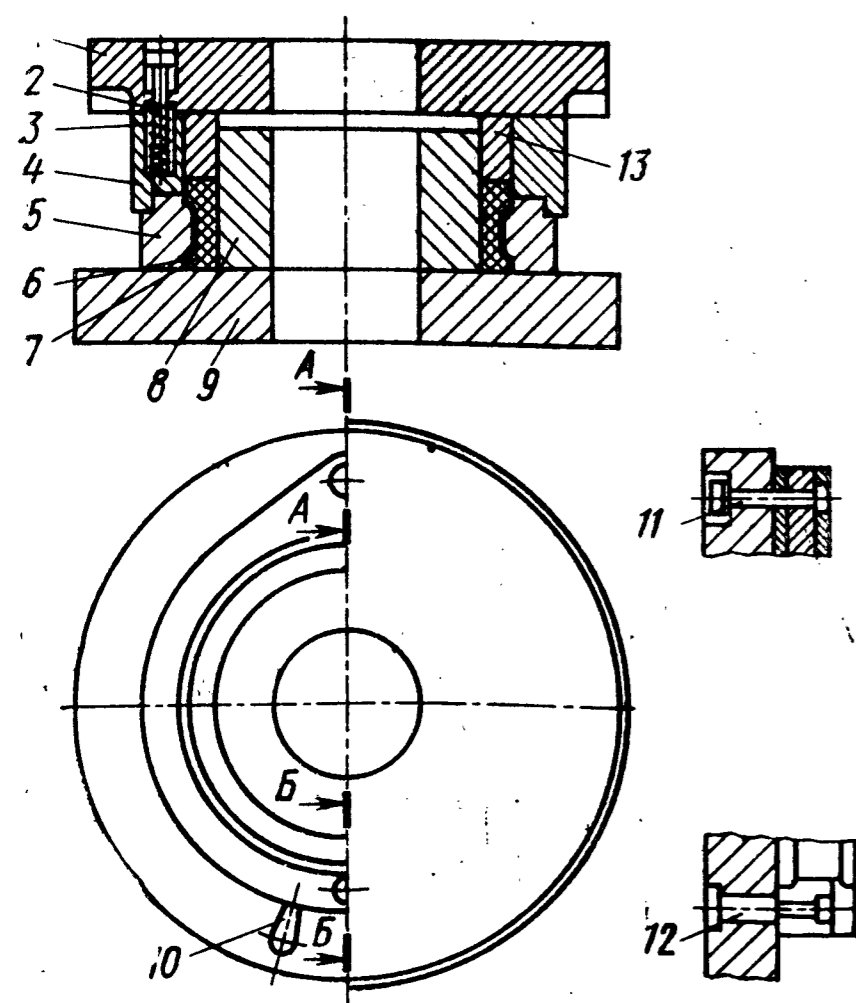


Рис. 80. Формовочный штамп с полиуретановым пуансоном

нижней плите 9. Разъемная матрица 5, секции которой вращаются на оси 11, закрывается с помощью ручек 10 до упора в палец 12. На плите 1 ступенчатыми винтами 2 закреплен корпус 4 с пружинами 3.

При рабочем ходе ползуна пресса корпус 4 входит в уступ разъемной матрицы 5 и фиксирует ее положение. Кольцо 13, сжимая полиуретановый блок 7, создает в замкнутом объеме давление, необходимое для растяжки обечайки по диаметру и формовки рельефа. Диаметр обечайки перед штамповкой меньше на 1,5—2% диаметра ее после штамповки.

7. ШТАМПЫ ИЗ ПЛАСТМАСС

Широкое внедрение листовой штамповки в мелкосерийное производство ограничено из-за высокой стоимости металлических штампов. Изменение конструкции детали или изделия происходит раньше, чем изнашиваются штампы. Затраты труда, времени на изготовление штампов и расход металла не окупаются. Опыт показал, что некоторые конструкции штампов из пластмасс можно с успехом применять для изготовления деталей из легированных сплавов в серийном производстве.

Применение штампов из пластмасс сокращает сроки подготовки производства новых изделий в несколько раз, уменьшает затраты металла и стоимость штампов.

Исходные материалы. Исходными материалами для изготовления штампов из пластмасс являются эпоксидные смолы. Они обладают хорошими технологическими свойствами: отверждаются при комнатной температуре без создания давления, обладают хорошей адгезией с различными материалами, легко заполняют сложные формы, допускают применение различных наполнителей, при длительном хранении не изменяют своих свойств.

Хорошей подвижности композиции при заливке в форму и более высокой пластичности после отверждения достигают введением пластификатора.

Для удешевления композиции, уменьшения усадки и придания более высоких физико-механических свойств в нее вводятся наполнители: железный порошок, каолин и др. В качестве отвердителя применяют полиэтилен-полиамин, гексометилендиамин или кубовый остаток от его производства.

Состав композиции пластмассы. Для изготовления штампов из пластмасс применяют литьевую композицию холодного отверждения следующего состава (в массовых частях):

Эпоксидная смола ЭД-5 (связывающее вещество)	100
Дибутилфталат (пластификатор)	15
Железный порошок АСМ	200
Кубовый остаток от производства гексаметилендиамина (отвердитель)	20

Ниже приведены механические свойства пластмассы холодного отверждения [5]:

Предел прочности, кгс/см ² :	
при статическом изгибе	800
при сжатии	1200
Твердость <i>HV</i> , кгс/мм ²	30
Ударная вязкость, кгс·м/см ²	8
Плотность, г/см ³	3

Массу композиции рассчитывают по формуле

$$m = 1,1V\rho, \quad (5)$$

где V — объем формы, см³; ρ — плотность композиции, $\rho = 3$ г/см³; 1,1 — коэффициент, учитывающий потери композиции при заливке.

Массу компонентов, входящих в состав композиции пластмассы, определяют по формуле

$$m_{с.к} = \frac{mK}{C}, \quad (6)$$

где K — количество компонента, мас. ч; C — суммарный состав композиции по рецептуре, мас. ч.

Пример. Определить массу составляющих компонентов по приведенной рецептуре для формы объемом 30 000 см³. Плотность композиции 3 г/см³.

По формуле (5) определяем массу композиции:

$$m = 1,1 \cdot 30\,000 \cdot 3 = 99 \text{ кг.}$$

Суммарный состав композиции

$$C = 100 + 15 + 200 + 20 = 335 \text{ массовых частей.}$$

По формуле (6) определяем массу каждой из составляющей композиции: эпоксидная смола ЭД-5

$$m_{э.с} = \frac{99 \cdot 100}{335} = 29,5 \text{ кг;}$$

дибутилфталат

$$m_{дбф} = \frac{99 \cdot 15}{335} = 4,43 \text{ кг;}$$

железный порошок

$$m_{ж.п} = \frac{99 \cdot 200}{335} = 59,1 \text{ кг;}$$

кубовый остаток от производства гексаметелендиамина

$$m_{гмд} = \frac{99 \cdot 20}{335} = 5,9 \text{ кг.}$$

Детали, требующие сложной копировально-фрезерной обработки и слесарной доводки, штампуют в штампах из пластмасс.

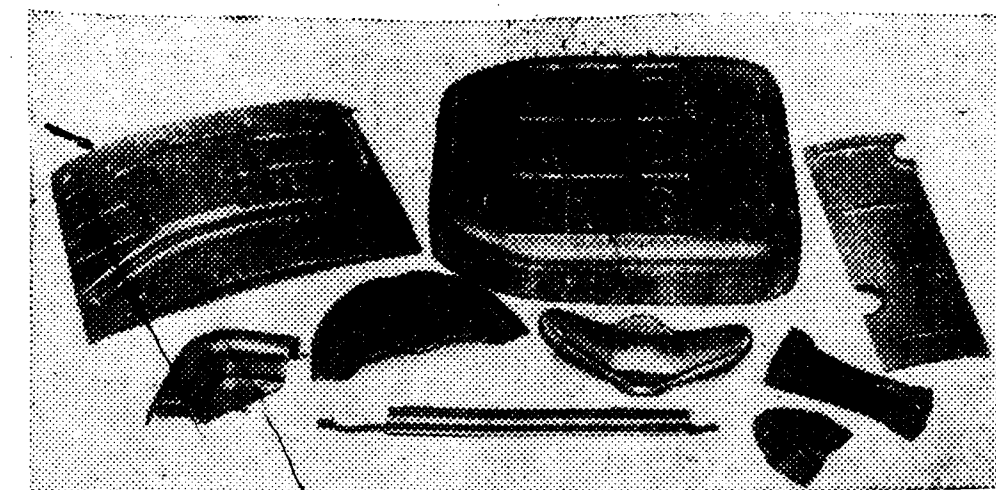


Рис. 81. Детали, изготовленные в штампах из пластмасс

Типаж таких деталей показан на рис. 81. Это детали из алюминиевых, коррозионно-стойких и других сплавов толщиной до 0,8 мм.

Особенности проектирования штампов из пластмасс. По конструктивно-технологическим особенностям штампы разбивают на три группы: чисто пластмассовые; чугунные, облицованные пластмассой, и из пескомассы, облицованные пластмассой.

Конструкции штампов из пластмасс имеют некоторые особенности: в зависимости от конструкции штампа пластмассовые детали его с металлическими соединяются адгезией (пластмассы с металлом) и механическим способом. На рис. 82, а показано крепление пластмассовой детали штампа 2 с металлической плитой 1 болтом 3. Число болтов рассчитывают из условий прочности. Допускаемое напряжение при срезе для рассматриваемой композиции 3 кгс/мм², сопрягаемые поверхности пластмассовых деталей механически обрабатываются, что предотвращает их поломку при затяжке болтами.

Чугунные сердечники, облицованные пластмассой, крепят к основанию обычным способом, а пескомассовый сердечник 5 посредством залитых в него болтов 4 (рис. 82, б). Сердечник изготовляют из чугуна любой марки. Его размеры должны приблизительно соответствовать размерам окончательной формы детали с учетом толщины последующей пластмассовой облицовки, равной 15—20 мм. Эта толщина является оптимальной и выбрана из условия качественного отверждения композиции и наименьшей усадки. С чугунными сердечниками рекомендуется проектировать штампы габаритными размерами в плане ≤ 400 мм. Как показала практика, при больших размерах пластмассовая облицовка растрескивается вследствие усадки и неодинакового коэффициента расширения сердечника и пластмассовой облицовки. Поверхности пластмассового сердечника, подлежащие облицовке, обрабатывают по возможности грубее, что обеспечивает лучшую адгезию.

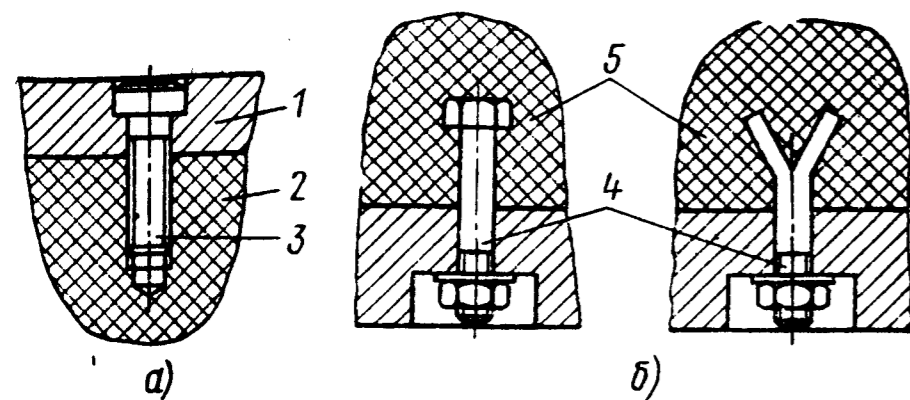


Рис. 82. Способы крепления пластмассы к металлическим деталям штампа

Штампы размером >400 мм в плане проектируют с сердечниками из пескомассы следующего состава (массовых частях) [5]:

Эпоксидная смола ЭД-5	100
Дибутилфталат	10
Кварцевый песок 70/40 влажностью 1%	100
Кубовый остаток	15—20

Пластмассовую композицию для облицовки сердечника заливают через отверстия, расположенные в местах максимальной глубины формы. Здесь же предусматривают отверстия для выхода воздуха.

Пластмассовые штампы независимо от назначения должны иметь направляющие колонки и втулки. При большом ходе ползуна прессы втулки делают удлиненными. В отверстиях предусматривают конус, равный $10—15^\circ$ на длине 15 мм. Матрицы и прижимные кольца калибровочных и других штампов, имеющих сквозной рабочий проем, изготавливают из хромоникелевого или магниевого чугуна, что обеспечивает их надежную и длительную эксплуатацию, особенно при штамповке жаропрочных и коррозионно-стойких сталей. Наиболее нагруженные детали штампов армируют металлическими вкладышами. Пластмассовые штампы по механической прочности нельзя сравнить с металлическими, поэтому во избежание поломки пластмассовых деталей штампов следует предусматривать специальные стеллажи для их хранения, осторожно устанавливать и т. д.

Формы для отливки рабочих деталей штампов. Для отливки рабочих деталей штампов из пластмассы используют формы деревянные разборные и гипсовые. Могут быть применены металлические оправки, по которым были получены опытные образцы деталей. Возможно применение эталонных изделий, изготовленных различными способами. Наименее трудоемко изготовление гипсовых форм по мастер-моделям деталей. Формы тщательно контролируют и покрывают двумя слоями нитролака.

Если в качестве формы используется эталонный образец детали, то для получения отливки требуемых размеров необходимо увеличивать жесткость эталонной детали.

Участок изготовления штампов из пластмасс. Этот участок должен находиться в изолированном помещении с хорошей вентиляцией. На участке должно быть следующее оборудование:

смеситель с вакуум-насосом для приготовления композиции, сушильная камера с выдвижной тележкой для термической обработки крупных штампов, термостат для обработки мелких штампов, металлический шкаф с вытяжкой для хранения химикатов, чугунная подмодельная плита, электроталь требуемой грузоподъемности, весы. Кроме того, необходимы индивидуальные средства защиты: респираторы, очки, резиновые перчатки. На участке должна быть холодная и горячая вода.

Изготовление сердечника из пескомассы. Материалы взвешивают в соответствии с рецептурой, затем в смеситель загружают смолу и перемешивают ее с дибутилфталатом, вводят отвердитель и затем при перемешивании песок. Полученную массу выгружают в тару.

Для изготовления пескомассового сердечника используют форму 1 (рис. 83), предназначенную для отливки штампа. Зазор под пластмассовую облицовку создают деревянными брусками 2, которые выкладывают по внутренней поверхности формы, толщина брусков примерно равна толщине облицовки. Опалубку покрывают полиамидной или полихлорвиниловой пленкой 3. Для получения литевых отверстий под заливку пластмассы предусмотрены деревянные стержни 4. Подготовленную пескомассу 5 набивают в форму до верхнего края опалубки. Затем в пескомассу вставляют болты 6 для крепления пескомассового сердечника к плите. Расстояние между ними выдерживается с помощью шаблона 7.

Пескомасса отвердевает при комнатной температуре через 24 ч. Пескомассовый сердечник извлекают из формы и снимают разделительную пленку. Поверхности пескомассового сердечника, подлежащие облицовке эпоксидной композицией, зачищают шабером, рифленая поверхность сердечника обеспечивает хорошую адгезию эпоксидной композиции с пескомассовым сердечником.

Приготовление композиции пластмассы. Композиции на основе эпоксидных смол необратимы, их жидкотекучесть составляет 30—40 мин, поэтому одновременно не рекомендуется готовить более 30 кг композиции. Большие формы заливают в несколько приемов, что не отражается на качестве отливки.

Последовательность приготовления композиции: эпоксидную смолу загружают в бак смесителя, вводят пластификатор и пе-

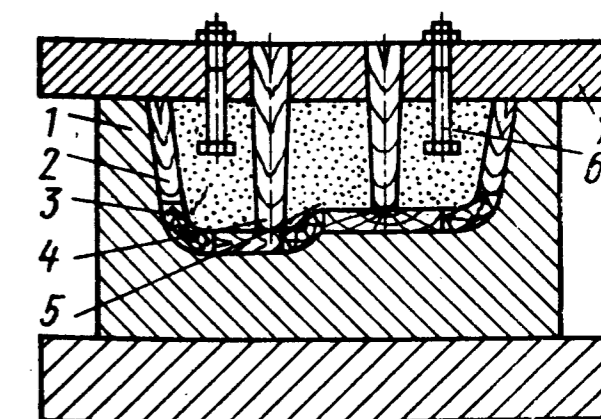


Рис. 83. Форма для изготовления пескомассового сердечника

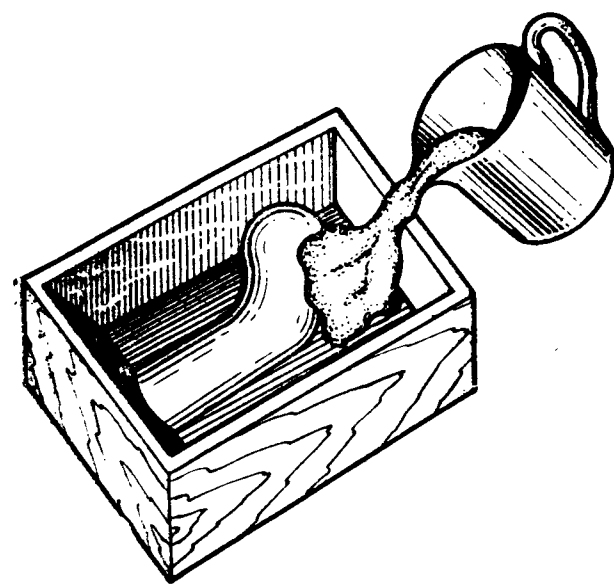


Рис. 84. Схема заливки штампа без сердечника

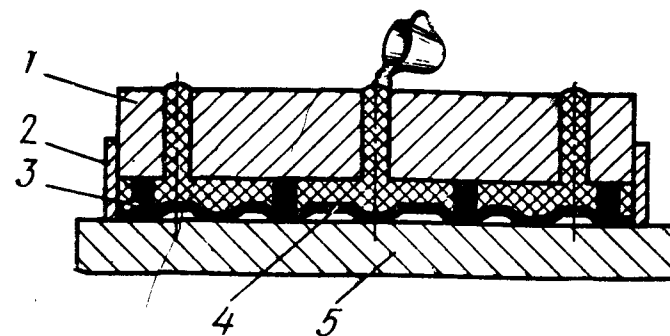


Рис. 85. Схема заливки штампа по готовой детали

ремешивают в течение 5—10 мин. Затем через отверстие в крышке смесителя вводят предварительно высушенный железный порошок и перемешивают в течение 10—15 мин при вакууме 650 мм рт. ст. После снятия вакуума в смесь вводят отвердитель.

Подготовка форм и сердечников под заливку. Хорошее извлечение пластмассовой детали штампа из формы обеспечивает разделительный слой, наносимый широкой мягкой кистью на внутреннюю поверхность формы перед заливкой композиции. Разделительный слой представляет собой 10%-ный раствор полиизобутилена в бензине «Калоша». Разделительный слой должен хорошо просохнуть, после чего его полируют шкуркой.

Поверхность чугунного сердечника, подлежащая облицовке, должна быть очищена от окалины, коррозии и обезжирена бензином или ацетоном. Перед установкой сердечника в форму его поверхности под облицовку смазывают жидкой эпоксидной композицией.

Способы заливки. Штампы без сердечников заливают непосредственно в открытую верхнюю полость формы (рис. 84), а с сердечником — через литниковые отверстия. По эталонному образцу детали штамп заливают следующим образом (рис. 85): готовую деталь 4, покрытую разделительным слоем укладывают на подмодельную плиту 5, вокруг нее устанавливается деревянная рамка 2, которую также покрывают разделительным слоем. Необходимый зазор между сердечником и плитой штампа создается кубиками 3 требуемой высоты, нарезанными из отвержденной композиции. Кубики окунают в жидкую композицию (это обеспечивает одинаковую фактуру отливки) и равномерно укладывают на деталь, используемую в качестве формы. На кубики устанавливают плиту штампа 1 или сердечник, которые прижимают деталь к подмодельной плите, выравнивая ее и создавая необходимый зазор под облицовку.

Отливка сопряженных деталей штампа. Отливка сопряженных деталей штампа производится по другой ранее изготовлен-

ной детали, например, по готовому пуансону отливают матрицу, выталкиватель и другие детали. Зазор между пуансоном и матрицей выдерживают с помощью свинцовых прокладок необходимой толщины. При повторном изготовлении штампа зазор можно выдержать, прокладывая между сопрягаемыми поверхностями штампа готовую деталь.

Термическая обработка отливок. После отверждения отливки при комнатной температуре в течение 24 ч ее подвергают термической обработке для повышения физико-механических свойств и вместе с моделью загружают в электропечь при температуре 60—70°. Выдержка 24—96 ч в зависимости от размеров отливки, например, при размерах 500×400×150 мм ее выдерживают 36—40 ч. После термической обработки отливку охлаждают вместе с печью до 60—70°, а затем на воздухе до температуры окружающей среды.

Извлечение отливок из формы и исправление дефектов. Термообработанную отливку извлекают из формы. Извлечение ее из деревянной разборной формы не представляет трудностей. Из гипсовой формы, несмотря на наличие разделительного слоя, извлечь отливку затруднительно. В этом случае форму разбирают. Разделительный слой с отливки снимают чистой тряпкой, смоченной в бензине.

Обнаруженные на отливке дефекты (раковины, выбоины и др.) заделывают, наносят на эти места специально приготовленную композицию с увеличенным содержанием наполнителя (250 массовых частей вместо 200). После отверждения на воздухе отливку подвергают слесарной обработке.

Техника безопасности. При изготовлении штампов из пластмасс следует соблюдать правила техники безопасности. Все рабочие места должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией. Химикаты следует хранить в закрытом железном шкафу с вытяжкой. Рабочий, находящийся в сушильной камере в период отверждения отливки, должен надеть противогаз или химические очки, а рот и нос закрыть марлевой повязкой, смоченной в растворе соды. При попадании эпоксидной композиции на кожу ее протирают салфеткой, смоченной в дибутилфталате, и промывают горячей водой с мылом.

КОНСТРУКЦИИ ШТАМПОВ

Рассмотрим некоторые типовые конструкции штампов с применением пластмасс.

Вытяжной штамп, на котором штампуются цилиндрическая деталь с фигурным дном из листа сплава 12Х18Н9Т, толщиной 1 мм, показан на рис. 86. Формообразующий выталкиватель 1 и пуансон 2 облицованы пластмассой на основе эпоксидной смолы ЭД-5, сердечник пуансона 2 изготовлен из пескомассы, а сердеч-

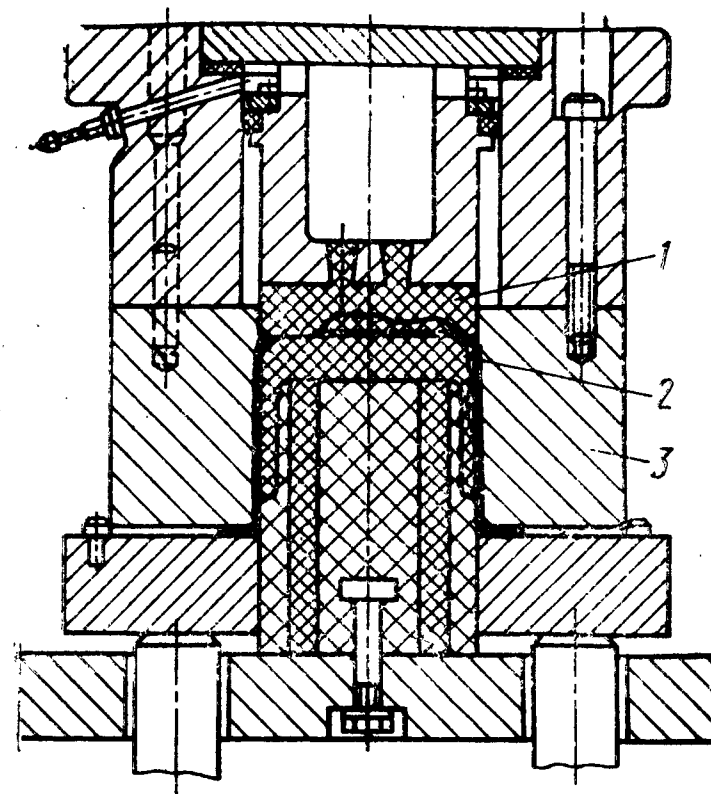


Рис. 86. Вытяжной штамп

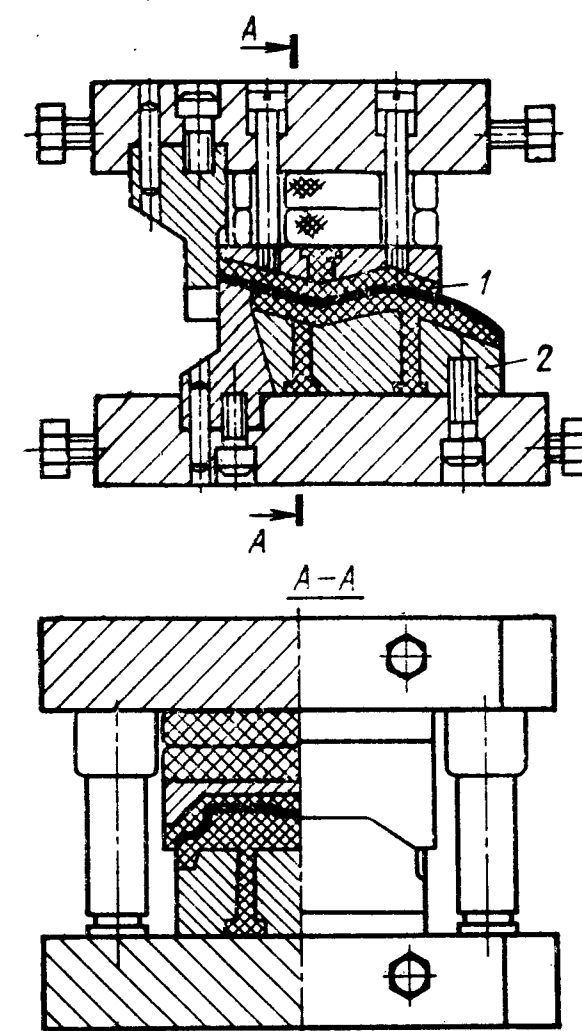


Рис. 87. Обрезной штамп

чик выталкивателя 1 из чугуна. Хорошую стойкость штампа обеспечивает матрица 3 из хромоникелевого чугуна.

Прижим 1 и фиксатор 2 обрезного штампа (рис. 87) также облицованы эпоксидной композицией. Моделью для облицовки служит готовая деталь, что обеспечивает хорошую фиксацию при обрубке.

Особенностью конструкции пробивного штампа (рис. 88) является то, что втулочные матрицы 3 и направляющие втулки 5 залиты эпоксидной композицией или карбинольным цементом.

Состав карбинольного цемента (в массовых частях):

Карбинольный сироп	100
Портландцемент	50
Перекись бензоила	3

Как видно из рис. 88, пуансоны 1 запрессованы в пуансонодержатель 2. Втулочные матрицы 3 вставлены в державку 4 с зазором 3—5 мм. Перед заливкой матрицу и державку обезжиривают.

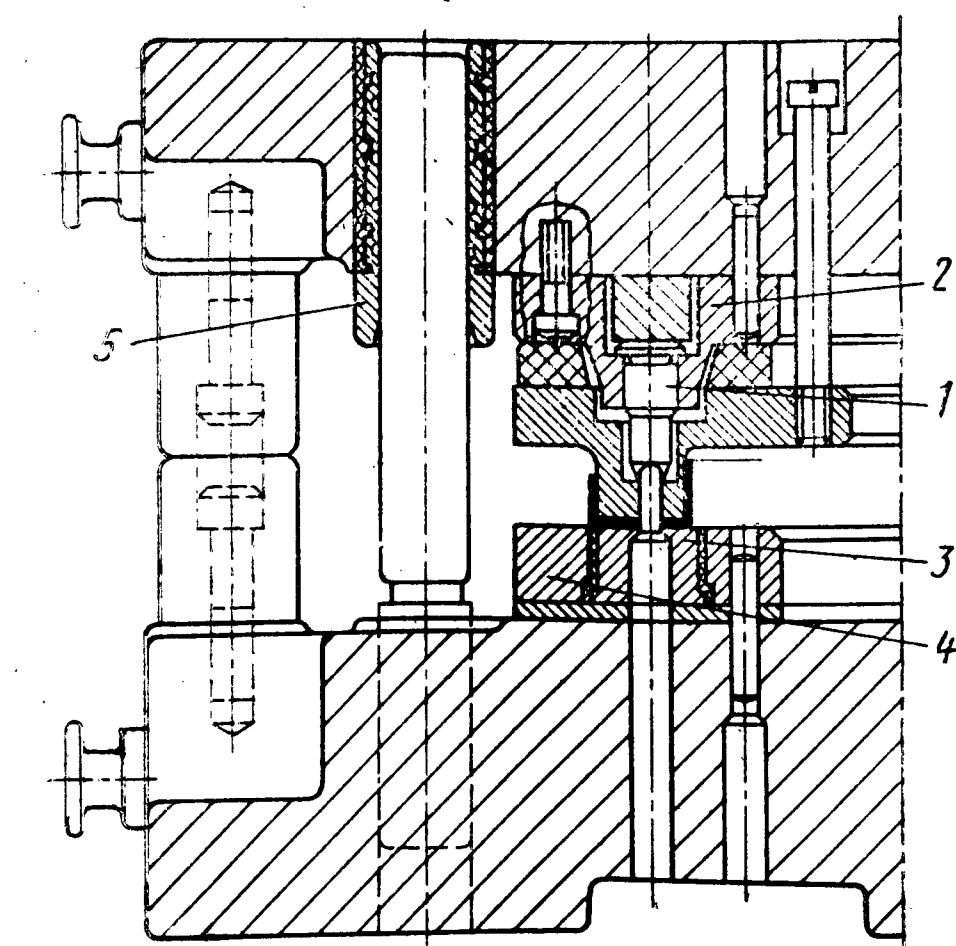


Рис. 88. Пробивной штамп

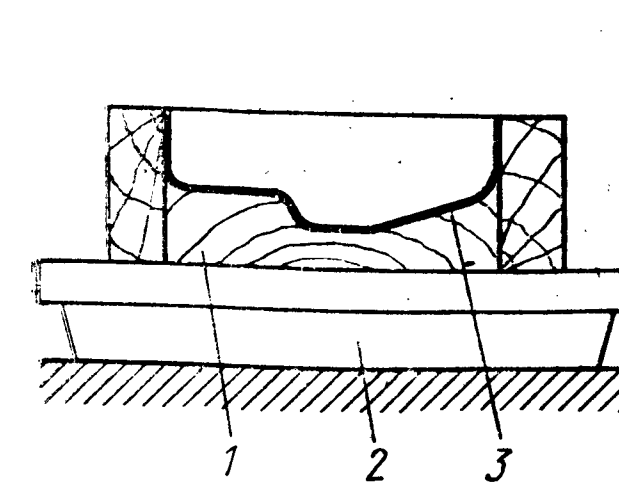


Рис. 89. Форма с нанесенным на нее разделительным слоем

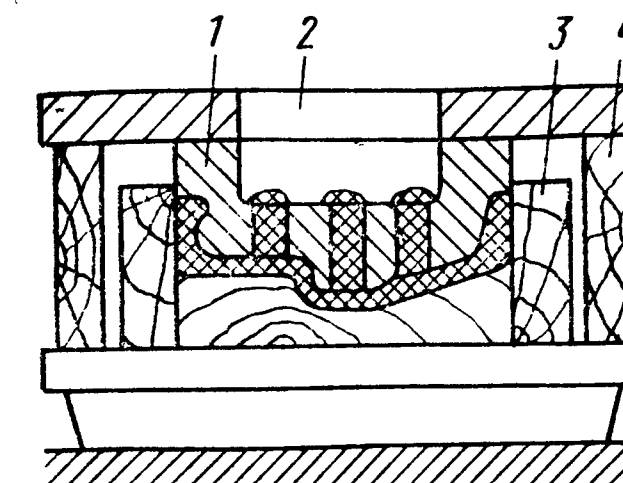


Рис. 90. Схема заливки пуансона

Карбинольный цемент отверждается при температуре 20° С в течение 12 ч.

Преимущества такой конструкции пробивного штампа очевидны: не требуется расточка по координатам у одной из деталей штампа, облегчается установка и пригонка.

Большой эффект дает заливка карбинольным цементом или эпоксидной композицией направляющих втулок в штампах различного назначения.

Ниже приведен типовой технологический процесс изготовления пластмассовых деталей вытяжного штампа.

Изготовление пуансона. Форму 1 устанавливают на подмодельную плиту 2 (рис. 89). На рабочую поверхность формы широкой мягкой кистью наносят разделительный слой 3, представляющий собой 10%-ный раствор полиизобутилена в бензине «Калоша». Разделительный слой сушат при комнатной температуре. Полируют разделительный слой мелкой шлифовальной шкуркой. После выполнения этих операций опускают сердечник пуансона 1 с плитой 2 в форму 3 (рис. 90). Зазор под пластмассовую облицовку выдерживают с помощью прокладки 4. Через отверстия сердечника форму заливают эпоксидной композицией. После отверждения композиции в течение 24 ч при комнатной температуре форму загружают в сушильную камеру с терморегулятором. Отливку обрабатывают при температуре 50—70° С (время устанавливают в зависимости от размера штампа). Отливку охлаждают вместе с камерой. После извлечения отливки из формы разделительный слой снимают салфеткой, смоченной в бензине «Калоша».

При наличии на отливке дефектов (раковин, выбоин и др.) их устраняют нанесением на поврежденные места эпоксидной композиции с увеличенным количеством наполнителя. После отверждения композиции эти места обрабатывают вручную.

Изготовление матрицы (выталкивателя). Пуансон 1 с пластмассовой облицовкой устанавливают на подмодельную плиту 2 (рис. 91). Для того чтобы выдержать необходимый зазор между

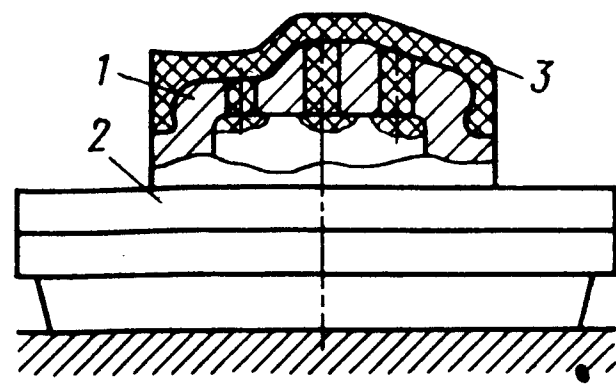


Рис. 91. Подготовка пуансона под заливку выталкивателя

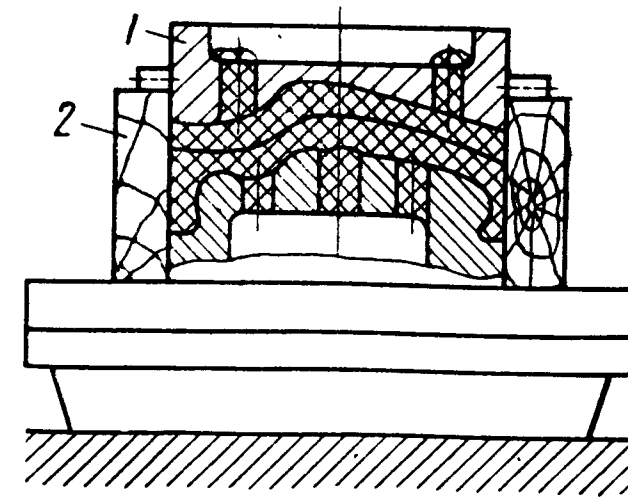


Рис. 92. Схема заливки выталкивателя

пуансоном и матрицей, пуансон покрывают свинцовой фольгой 3 (толщина фольги равна толщине штампуемого материала, для этой цели можно применить эталонную деталь). На свинцовую фольгу или эталонную деталь наносят разделительный слой, который после высыхания полируют. Пуансон 1 устанавливают в деревянную опоку 2 (рис. 92) и заливают форму эпоксидной композицией через отверстия в сердечнике. Дальнейшая обработка производится по технологии, описанной для изготовления пуансона.

8. ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ, ПОДБОРА МАТЕРИАЛОВ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШТАМПОВ

Опыт штамповки деталей из легированных сплавов позволяет дать некоторые, мало освещенные в технической литературе, рекомендации.

Рабочие детали штампов для холодной листовой штамповки должны обладать двумя противоположными свойствами: иметь максимальную твердость и быть достаточно пластичными. Задача конструктора состоит в том, чтобы найти оптимальное решение. Поиск этого решения осложняется невозможностью точного расчета напряжений, возникающих при работе штампа. Поэтому конструирование штампов основано главным образом на личном опыте конструктора. Обобщение этого опыта показывает, что стойкость штампов зависит по крайней мере от шести факторов: конструкции, применяемых материалов, механической обработки, термической обработки, шлифования, обслуживания в процессе эксплуатации.

Рассмотрим некоторые из этих факторов.

Конструктивные дефекты. Считая, что конструкция штампа полностью соответствует принятому технологическому процессу и обеспечивает качественное его выполнение, отметим некоторые конструктивные факторы, влияющие на стойкость штампов. При конструировании необходимо правильно назначать марки стали,

обеспечивающие качественную механическую и термическую обработку. Однако правильное назначение марки материала и качественное выполнение механической и термической обработки не всегда обеспечивает высокую стойкость штампа из-за ошибок в конструкции, приводящих к преждевременной поломке штампа.

При конструировании рабочих деталей штампов следует избегать резких переходов между сечениями, они должны сопрягаться максимально возможными радиусами или плавными переходами. Отверстия должны быть по возможности сквозными и располагаться на соответствующих расстояниях от рабочего контура пуансона и матрицы. Хвостовик располагают в центре давления штампа и, наконец, зазоры между пуансоном и матрицей в разделительных штампах должны быть минимальными, назначают их в зависимости от толщины и марки штампуемого материала.

Материалы, применяемые для изготовления штампов. Выбор материала для изготовления рабочих частей штампов, предназначенных для штамповки легированных сплавов, имеет решающее значение для их стойкости. Так, широко распространенные углеродистые инструментальные стали, применяемые для изготовления рабочих частей штампов, непригодны для штампов, предназначенных для штамповки легированных сплавов. Их малая стойкость объясняется тем, что углеродистые инструментальные стали марок У8А, У10А и др. характеризуются твердой поверхностной зоной и мягкой сердцевиной. Отсутствие легирующих элементов вызывает необходимость закалки этих сталей в воде (обычно соленой) с целью получения необходимой твердости в зоне быстрого охлаждения. Быстрое охлаждение при закалке приводит к поводке и образованию трещин. Кроме этого, углеродистые стали чувствительны к образованию так называемых «мягких пятен», снижающих стойкость штампов.

При формообразовании легированных сплавов происходит их сильное упрочнение, при этом твердость штампуемого материала приближается к твердости рабочих деталей штампа. Наличие «мягких пятен» на рабочих поверхностях штампа приводит к интенсивному налипанию штампуемого материала на рабочие поверхности и их быстрому износу. При этом штампуемые детали получают с рисками и надирами, устранение которых требует дополнительной обработки вручную, повышающей трудоемкость и ухудшающей качество деталей.

Материалы, рекомендуемые для изготовления штампов, предназначенных для штамповки легированных сплавов, приведены в табл. 14. Эти материалы применяются много лет для изготовления штампов. Отметим некоторые особенности этих материалов.

Сталь 9ХС повышенной прокаливаемости, достигающей 40 мм при охлаждении в масле. Она характеризуется равномерным распределением карбидов; карбидная неоднородность в прутке

88 Таблица 14. Материалы, применяемые для изготовления рабочих частей штампов

Марка материала	Состав, %									
	C	Si	Mn	Cr	W	V	Mo	Ni	Mg	
9XC	0,85—0,95	1,2—1,6	0,3—0,6	0,95—1,25	1,2—1,6	—	—	—	—	
XBCГ	0,95—1,05	0,15—0,3	0,8—1,1	0,9—1,2	—	—	—	—	—	
7XГ2ВМ	0,68—0,76	0,2—0,4	1,8—2,3	1,5—1,8	0,6—0,9	0,1—0,2	0,5—0,8	—	—	
X12Ф1	1,25—1,45	0,15—0,35	—	1,1—1,2,5	—	—	0,7—0,9	—	—	
6X3ФС	0,56—0,62	0,35—0,65	0,15—0,4	2,3—2,6	—	0,2—0,5	0,2—0,5	—	—	
3X2В8Ф	0,35	0,3	—	2,5	8,5	0,3	до 0,3	—	—	
4X4В4ФМ	0,35—0,45	0,6—1,0	0,2—0,4	3,0—4,0	3,5—4,2	0,3—0,6	0,4—0,6	—	—	
Хромоникелевый чугун	3,0—3,3	0,8—1,5	0,5—1,0	0,4—0,8	—	—	—	1,25—1,75	0,03—0,08	
Магнийный чугун	3,0—3,6	2,0—3,4	0,6—1,2	—	—	—	—	До 2	—	

Продолжение табл. 14

Марка материала	Температураковки, °С		Температура закалки, °С	Температура отпуска, °С	Твердость HRC	Назначение
	Начало	Окончание				
9XC	1100—1125	820—870	865—875	165	57—58	Пуансоны и матрицы вырубных, пробивных, вытяжных, калибровочных и гибочных штампов Пуансоны и матрицы вырубных и пробивных штампов сложной формы с острыми углами Пуансоны и матрицы вырубных и пробивных штампов сложной формы Пуансоны и матрицы штампов для выдавливания и чеканки Пуансоны и матрицы вытяжных и гибочных штампов, работающих с нагревом заготовки Пуансоны и матрицы вытяжных и гибочных штампов Матрицы вырубных штампов для алюминиевых сплавов
XBCГ	1100—1125	820—870	855—870	200—250	57—59	
7XГ2ВМ	1100—1140	860—900	850—870	150—180	60—62	
X12Ф1	1140	850	1030—1050	500	59—62	
6X3ФС	1200	900	950	200—220	57—59	
3X2В8Ф	1140—1160	850—925	1080—1100	600—610	58—59	
4X4В4ФМ	1150	950	1050—1070	640—650	50	
Хромоникелевый чугун	—	—	850	600—650	45	
Магнийный чугун	—	—	—	350	40—50	
					HB 350	

Примечание. Охлаждающая среда для сталей — масло.

размером до 60 мм не превышает 1—2 баллов. Для уменьшения карбидной неоднородности в больших сечениях производится ковка заготовок. Сталь 9XC имеет небольшую чувствительность к перегреву.

Стали высокой прокаливаемости марок 7XГ2ВМ и 7XНМ применяют для изготовления пуансонов и матриц сложной формы для разделительных штампов. Эти стали благодаря высокому содержанию легирующих элементов закаляются на воздухе, что обеспечивает их минимальную деформацию. Они в малой степени подвержены опасности растрескивания в процессе закалки. Детали сечением до 120 мм приобретают твердость HRC 59—60. В этих сталях практически отсутствует карбидная неоднородность, они имеют повышенную вязкость, которая может изменяться в зависимости от содержания углерода.

Высокоуглеродистые, высокохромистые стали X12M, X12, X12Ф1 обладают высокой износостойкостью вследствие большого содержания в них твердых карбидов. Эти стали хорошо шлифуются, они незначительно деформируются при закалке. Высокая карбидная неоднородность — отрицательное свойство этих сталей. Их применяют для изготовления пуансонов и матриц сложной формы для разделительных штампов.

Все большее распространение при изготовлении штампов получают хромоникелевые и магниевые чугуны, обладающие высокими антифрикционными и физико-механическими свойствами. Например, по своим свойствам магниевый чугун превосходит все виды высококачественных чугунов и приближается к качественным конструкционным сталям.

Чугун модифицируют в ковше 75%-ным ферросилицием и никель-магниевого лигатурой следующего состава: 15—20% Mg, 80—85% Ni. Чугун, обработанный магнием, имеет в своей структуре графит шаровидной формы, что заметно повышает его прочность.

Из хромоникелевого и магниевого чугуна изготовляют вытяжные, формовочные и гибочные штампы. Хорошие результаты получены при изготовлении пуансонов и матриц разделительных штампов для штамповки алюминиевых сплавов.

Для листовой штамповки с нагревом заготовки применяют стали 3X2В8Ф и 4X4В4ФМ. Сталь 3X2В8Ф сохраняет высокую прочность при нагреве до 400—450°С, 4X4В2ФМ — при нагреве до 600—625°С. Прокаливаемость стали 4X4В2ФМ выше, чем стали 3X2В8Ф.

Термическая обработка рабочих деталей штампов. Термическая обработка значительно влияет на качество и стойкость штампов. Исследования показали, что ~70% штампов разрушаются из-за неправильной и некачественной термической обработки. Себестоимость штампуемых деталей связана со стойкостью штампов, которая, в свою очередь, во многом зависит от выбора режима термической обработки.

Ниже приведены некоторые обобщенные рекомендации, которые необходимо знать технологу и конструктору для правильного конструирования, изготовления и эксплуатации штампов.

Как известно, закалка инструментальных сталей состоит из четырех основных стадий: предварительного нагрева, нагрева под закалку, охлаждения и отпуска. Предварительный нагрев деталей под закалку производится для уменьшения тепловых напряжений, которые могут вызвать растрескивание при основном нагреве под закалку; для улучшения температурной однородности при последующем нагреве; для сталей, у которых температура закалки выше 830°C (предварительный нагрев обеспечивает равномерность нагрева до температуры закалки); для деталей, у которых имеются сечения различной толщины.

После предварительного нагрева деталь нагревают до температуры закалки, рекомендованной для данной стали. Температуру и время выдержки необходимо тщательно контролировать. Обычное время выдержки 1,2—2,5 мин на 1 мм толщины.

Закалка — решающий этап термической обработки, в результате которой закаленная деталь получает требуемые свойства. При этом аустенит превращается главным образом в мартенсит, изменяется размер зерен, что сопровождается ростом внутренних напряжений, приводящих к короблению.

Упущения в конструкции или неправильный выбор марки стали приводят к растрескиванию в процессе закалки. При подборе марки стали следует учитывать, что стали, закаливаемые в воде или масле, растрескиваются чаще, чем стали, закаливаемые на воздухе, они практически не подвержены растрескиванию при закалке, что объясняется низкой скоростью охлаждения, создающей не более 10% напряжений, возникающих в результате быстрого охлаждения в жидкой среде.

По окончании закалки детали удаляют из закалочной среды. Стали, закаливаемые в жидких средах, охлаждаются до $65\text{—}95^{\circ}\text{C}$, стали, закаливаемые на воздухе, до 65°C . Закаленные детали немедленно подвергают отпуску для снятия внутренних напряжений. Любая задержка между закалкой и отпуском может привести к растрескиванию.

Для некоторых сталей, особенно закаливаемых на воздухе, иногда применяют повторный отпуск. Первоначальный отпуск снимает напряжения в мартенсите, возникшие в процессе закалки. При медленном охлаждении от температуры отпуска, аустенит превращается в мартенсит. Повторный отпуск снимает напряжения, вызванные превращением остаточного аустенита в дополнительный мартенсит.

Шлифование пуансонов и матриц. Стойкость штампов, особенно для легированных сплавов, зависит и от качества шлифования. Неправильный режим шлифования приводит к образованию поверхностных напряжений, трещин, пригоранию шлифуе-

мой поверхности, изменению ее цвета. Эти дефекты можно обнаружить визуально до установки штампа на пресс.

Дефекты при шлифовании возникают из-за перегрева металла вследствие большой подачи, шлифования мелкозернистым кругом, шлифования засаленным кругом, неправильного режима охлаждения.

Направление шлифования также влияет на стойкость штампов. Известно, что вне зависимости от шероховатости шлифуемой детали эта поверхность содержит шлифовочные риски, параллельные направлению шлифования. В процессе эксплуатации штампа эти риски могут привести к поломке или разрушению штампа. Здесь следует придерживаться следующего правила: вырубные матрицы шлифуются в направлении подачи полосы, пуансоны и матрицы вытяжных штампов — в направлении движения пуансона; последнее не всегда возможно из-за отсутствия соответствующего оборудования.

ПРИЛОЖЕНИЕ

КОЭФФИЦИЕНТ n ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

S=0,5 мм		S=0,8 мм		S=1,0 мм	
$R_{отн}$	n	$R_{отн}$	n	$R_{отн}$	n

Материал ОТ4-1 (изгиб поперек волокон)

0,100	0,760	0,160	0,800	0,200	0,800
0,083	0,750	0,133	0,787	0,167	0,808
0,071	0,714	0,114	0,766	0,143	0,857
0,062	0,710	0,100	0,762	0,125	0,872
0,055	0,677	0,089	0,755	0,111	0,806
0,050	0,67	0,080	0,740	0,100	0,760
0,033	0,633	0,0533	0,693	0,067	0,733
0,02	0,520	0,0400	0,650	0,050	0,700
0,0167	0,483	0,0267	0,567	0,040	0,640
0,0143	0,457	0,0230	0,543	0,033	0,633
0,0125	0,425	0,020	0,525	0,028	0,600
0,0111	0,422	0,0178	0,489	0,025	0,625
0,010	0,400	0,016	0,480	0,022	0,533
0,0083	0,375	0,0133	0,442	0,020	0,520
0,0071	0,336	0,0114	0,412	0,017	0,483
0,0063	0,312	0,010	0,400	0,014	0,457
0,0056	0,305	0,009	0,378	0,0125	0,425
0,0050	0,280	0,008	0,370	0,0111	0,422
0,0033	0,220	0,0053	0,393	0,010	0,400
0,0025	0,187	0,004	0,245	0,0067	0,333
0,0020	0,16	0,032	0,216	0,005	0,285
		0,027	0,200	0,004	0,244
		0,0023	0,177	0,0033	0,223
		0,002	0,16	0,0029	0,200
				0,0025	0,187
				0,0022	0,171
				0,002	0,160

Продолжение прилож.

S=1,2 мм		S=1,5 мм		S=1,8 мм	
$R_{отн}$	n	$R_{отн}$	n	$R_{отн}$	n
0,200	0,816	0,214	0,824	0,200	0,822
0,171	0,805	0,187	0,787	0,180	0,810

Продолжение прилож.

S=1,2 мм		S=1,5 мм		S=1,8 мм	
$R_{отн}$	n	$R_{отн}$	n	$R_{отн}$	n
0,150	0,735	0,167	0,815	0,120	0,733
0,133	0,810	0,150	0,794	0,090	0,800
0,120	0,774	0,100	0,760	0,072	0,720
0,080	0,733	0,075	0,750	0,060	0,700
0,060	0,700	0,060	0,700	0,0500	0,641
0,048	0,680	0,050	0,666	0,045	0,645
0,034	0,614	0,0033	0,637	0,040	0,644
0,030	0,600	0,030	0,633	0,036	0,610
0,027	0,577	0,025	0,600	0,030	0,600
0,024	0,550	0,0214	0,558	0,026	0,557
0,020	0,516	0,019	0,528	0,022	0,537
0,017	0,485	0,017	0,487	0,020	0,522
0,015	0,462	0,015	0,483	0,018	0,485
0,013	0,444	0,010	0,460	0,012	0,430
0,008	0,370	0,005	0,350	0,0072	0,385
0,006	0,280	0,0043	0,312	0,006	0,336
0,0048	0,243	0,0038	0,283	0,005	0,291
0,004	0,226	0,0033	0,257	0,045	0,240
0,0034	0,210	0,003	0,242	0,040	0,244
0,003	0,200	0,0027	0,222	0,0036	0,230
0,0027	0,182	0,0021	0,210	0,0033	0,210
0,0024	0,160	0,0019	0,186		

Продолжение прилож.

S=0,5 мм		S=0,8 мм		S=1,0 мм	
$R_{отн}$	n	$R_{отн}$	n	$R_{отн}$	n

Материал 12X18H9T

0,100	0,800	0,160	0,832	0,200	0,880
0,083	0,766	0,133	0,806	0,170	0,841
0,071	0,771	0,114	0,800	0,143	0,830
0,0625	0,737	0,100	0,800	0,125	0,812
0,0555	0,783	0,088	0,791	0,111	0,805
0,050	0,710	0,080	0,760	0,100	0,805
0,033	0,666	0,053	0,746	0,067	0,766
0,025	0,600	0,040	0,700	0,050	0,725
0,020	0,560	0,032	0,660	0,040	0,680
0,0166	0,533	0,0266	0,600	0,0033	0,670
0,0142	0,514	0,0228	0,600	0,0285	0,628
0,0125	0,487	0,020	0,562	0,025	0,612
0,011	0,466	0,0177	0,533	0,022	0,580
0,010	0,450	0,016	0,520	0,020	0,560
0,0083	0,425	0,0133	0,486	0,017	0,533
0,0071	0,407	0,010	0,450	0,0142	0,514
0,0062	0,387	0,0088	0,405	0,0125	0,487

Продолжение прилож.

S=0,5 мм		S=0,8 мм		S=1,0 мм	
R _{отн}	n	R _{отн}	n	R _{отн}	n
0,0055	0,366	0,008	0,415	0,0111	0,472
0,005	0,350	0,0053	0,360	0,010	0,450
0,0033	0,300	0,0040	0,360	0,0066	0,400
0,0025	0,275	0,0032	0,296	0,005	0,350
0,002	0,248	0,0027	0,267	0,004	0,328
		0,0023	0,267	0,0033	0,300
		0,0020	0,250	0,0028	0,285
				0,0025	0,275

Продолжение прилож.

S=1,2 мм		S=1,5 мм		S=1,8 мм	
R _{отн}	n	R _{отн}	n	R _{отн}	n
0,200	0,880	0,214	0,857	0,200	0,880
0,170	0,857	0,187	0,853	0,180	0,855
0,150	0,840	0,166	0,842	0,120	0,800
0,133	0,811	0,150	0,840	0,090	0,800
0,120	0,800	0,100	0,800	0,072	0,740
0,080	0,766	0,075	0,750	0,060	0,733
0,060	0,725	0,060	0,740	0,051	0,714
0,048	0,700	0,050	0,717	0,045	0,700
0,040	0,683	0,043	0,714	0,040	0,689
0,034	0,671	0,0375	0,687	0,036	0,670
0,030	0,625	0,0333	0,666	0,017	0,633
0,027	0,600	0,030	0,630	0,026	0,593
0,024	0,600	0,025	0,583	0,0225	0,587
0,020	0,558	0,0214	0,578	0,020	0,561
0,014	0,528	0,019	0,562	0,018	0,540
0,013	0,483	0,017	0,533	0,012	0,487
0,012	0,480	0,015	0,510	0,009	0,410
0,008	0,413	0,010	0,453	0,0072	0,388
0,006	0,380	0,0075	0,405	0,006	0,377
0,005	0,336	0,006	0,376	0,005	0,350
0,004	0,330	0,005	0,350	0,0045	0,332
0,0034	0,306	0,0043	0,320	0,004	0,329
0,003	0,285	0,0038	0,285	0,0036	0,320
0,0027	0,271	0,0033	0,300	0,003	0,285
0,0024	0,256	0,0025	0,275	0,0026	0,270
				0,0023	0,255

Продолжение прилож.

S=0,5 мм		S=0,8 мм		S=1,0 мм	
R _{отн}	n	R _{отн}	n	R _{отн}	n
Материал 14X17H2, ХН75МБТЮ, ХН77ТЮР					
0,10	0,94	0,16	0,944	0,20	0,96
0,083	0,933	0,133	0,933	0,167	0,95

Продолжение прилож.

S=0,5 мм		S=0,8 мм		S=1,0 мм	
R _{отн}	n	R _{отн}	n	R _{отн}	n
0,071	0,928	0,114	0,928	0,143	0,929
0,0625	0,937	0,10	0,94	0,125	0,937
0,0556	0,922	0,089	0,922	0,114	0,933
0,05	0,925	0,08	0,945	0,10	0,95
0,033	0,89	0,053	0,92	0,068	0,947
0,025	0,85	0,04	0,92	0,05	0,925
0,02	0,82	0,032	0,896	0,04	0,92
0,016	0,775	0,027	0,863	0,033	0,89
0,014	0,763	0,026	0,863	0,0286	0,886
0,0125	0,742	0,02	0,82	0,025	0,85
0,011	0,722	0,018	0,80	0,022	0,833
0,01	0,69	0,016	0,784	0,02	0,82
0,0083	0,633	0,0133	0,746	0,0167	0,775
0,07	0,603	0,0114	0,703	0,0143	0,786
0,0063	0,562	0,01	0,65	0,0125	0,744
0,0056	0,533	0,008	0,624	0,0111	0,722
0,005	0,50	0,0053	0,533	0,01	0,69
0,0033	0,42	0,004	0,46	0,0067	0,58
0,0025	0,362	0,0032	0,416	0,005	0,50
0,002	0,31	0,0027	0,373	0,004	0,46
		0,0023	0,343	0,0033	0,423
		0,002	0,31	0,0029	0,386
				0,0025	0,362

Продолжение прилож.

S=1,2 мм		S=1,5 мм		S=1,8 мм	
R _{отн}	n	R _{отн}	n	R _{отн}	n
0,20	0,958	0,214	0,95	0,20	0,96
0,171	0,943	0,187	0,962	0,18	0,96
0,15	0,937	0,166	0,944	0,12	0,96
0,133	0,933	0,150	0,955	0,09	0,935
0,12	0,95	0,10	0,96	0,072	0,94
0,08	0,947	0,075	0,935	0,06	0,933
0,06	0,935	0,06	0,94	0,051	0,943
0,048	0,936	0,05	0,93	0,045	0,97
0,04	0,92	0,043	0,937	0,04	0,922
0,0343	0,891	0,037	0,895	0,036	0,90
0,03	0,885	0,0330	0,844	0,03	0,883
0,027	0,862	0,03	0,88	0,026	0,836
0,024	0,82	0,025	0,846	0,022	0,844
0,02	0,82	0,021	0,81	0,02	0,819
0,017	0,771	0,019	0,812	0,018	0,810
0,015	0,765	0,017	0,772	0,012	0,72
0,013	0,747	0,015	0,761	0,009	0,655
0,012	0,720	0,01	0,693	0,0072	0,592
0,008	0,623	0,0075	0,60	0,006	0,55

Продолжение прилож.

S=1,2 мм		S=1,5 мм		S=1,8 мм	
$R_{отн}$	n	$R_{отн}$	n	$R_{отн}$	n
0,005	0,496	0,006	0,552	0,005	0,514
0,004	0,460	0,005	0,50	0,0045	0,485
0,0034	0,437	0,0043	0,474	0,004	0,46
0,003	0,395	0,0038	0,45	0,0036	0,432
0,0027	0,273	0,0033	0,422	0,003	0,397
0,0024	0,36	0,001	0,396	0,0026	0,36

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блох А. А. Изготовление деталей из прутка на геликоидных штампах. Л.: Знание, 1963. 14 с.
2. Вайнтрауб Д. А. Гибочные штампы с шарнирными матрицами. Л.: Знание, 1963. 22 с.
3. Геллер Ю. А. Инструментальные стали. М.: Металлургия, 1975. 386 с.
4. Давыдов Ю. П., Покровский Г. В. Листовая штамповка легированных сталей и сплавов. М.: Оборонгиз, 1963. 199 с.
5. Красичкова Б. Г., Ленков С. С. Изготовление штамповочной оснастки из пластмасс. М.: Машгиз, 1961. 236 с.
6. Поляков Ю. Л. Штампы для вытяжки и формовки деталей сложной формы. Л.: Знание, 1964. 12 с.
7. Поляков Ю. Л., Цыганов А. С. Изготовление штампов для холодной штамповки из пластических масс на основе эпоксидных смол. Л.: Знание, 1960. 16 с.
8. Платонов М. А. Вытяжка с конусным складкодержателем. — Кузнечно-штамповочное производство, 1962, № 3, с. 48.
9. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке. М. — Л.: Машиностроение, 1971, 782 с.
10. Расчеты на прочность в машиностроении/Под ред. д-ра техн. наук С. Д. Пономарева. Т. 2. М.: Машгиз, 1958, 974 с.
11. Ходырев В. А. Проектирование, изготовление и эксплуатация штампов с полиуретаном. Пермь: Пермское кн. изд-во, 1975. 362 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
1. Вырубка и пробивка	5
Особенности процесса	5
Конструкции штампов	8
2. Гибка	17
Особенности процесса	17
Конструкции штампов	22
3. Вытяжка без преднамеренного утонения материала	34
Особенности процесса	34
Конструкции штампов	40
Гидромеханическая вытяжка	51
4. Вытяжка с преднамеренным утонением материала	53
Особенности процесса	53
Конструкции штампов	54
5. Формообразование листовых деталей замкнутого контура растяжением	56
Примеры конструкций штампов и технологических процессов	61
6. Применение полиуретана в штампах	71
Конструкции штампов	74
7. Штампы из пластмасс	77
Конструкции штампов	83
8. Принципы конструирования, подбора материалов и изготовления штампов	86
Приложение	92
Список литературы	96