

С.С. КЛИМЕНКОВ, И.Г. ДОБРОВОЛЬСКИЙ

ИНСТРУМЕНТ И ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ
Курсовое проектирование

ВИТЕБСК, 2001

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**Учреждение образования "Витебский государственный
технологический университет"**

С.С. Клименков , И.Г. Добровольский

ИНСТРУМЕНТ И ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ

Курсовое проектирование

Допущено

**Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов
специальности "Технология и оборудование высокоэффективных
процессов обработки материалов" высших учебных заведений**

Витебск

2001

УДК 621.7 (075.8)

ББК 34.5

К49

Рецензенты: доктор технических наук, профессор Г.Н. Здор;

кандидат технических наук, доцент В.М. Кенько;

кандидат технических наук, доцент Н.И. Стригель

Клименков С.С., Добровольский И.Г.

К49.

Инструмент и обработка материалов. Курсовое проектирование: Учеб. пособие - Витебск:
УО "ВГТУ", 2001. - 132 с.

ISBN _____

Изложены конструкторско-технологические основы проектирования инструмента для обработки металлов давлением в условиях массового, крупно- и мелкосерийного производства. Пособие предназначено для студентов специальности Т.03.02.00 «Технология и оборудование высокоэффективных процессов обработки материалов».

УДК 621.7 (075.8)

ББК 34.5

ISBN _____

© Клименков С.С.

Добровольский И.Г., 2001

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	04
СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	05
ГЛАВА 1. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШТАМПОВ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ.....	06
1.1. Общие положения.....	06
1.2. Раскрой полосового материала.....	08
1.3. Определение центра давления.....	12
1.4. Конструктивно-технологические размеры матриц и пуансонов.....	14
1.5. Классификация штампов.....	21
1.6. Формообразующие операции листовой штамповки.....	25
1.7. Гибка. Определение основных технологических параметров.....	25
1.7.1. Определение размеров матриц и пуансонов.....	27
1.7.2. Конструкторско-технологические схемы гибочных штампов.....	33
1.8. Вытяжка без утонения стенок.....	38
1.8.1. Расчет основных технологических параметров.....	38
1.8.2. Конструктивные размеры матриц и пуансонов.....	41
1.8.3. Штампы для вытяжки.....	44
1.9. Отбортовка.....	46
1.10. Обжим пустотелых цилиндрических заготовок.....	50
1.11. Общие требования к конструкции и изготовлению штампов.....	53
1.12. Последовательность проектирования штампов.....	58
1.13. Оформление чертежа штампа.....	61
1.14. Материалы для изготовления штампов.....	64
ГЛАВА 2. ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА.....	65
2.1. Разработка чертежа поковки. Общие требования.....	65
2.1.1. Степень сложности поковок.....	66
2.1.2. Определение исходного индекса.....	68
2.1.3. Припуски на механическую обработку.....	70
2.1.4. Допуски.....	70
2.1.5. Пример расчета (назначения) допусков отклонений и припусков на поковки.....	71
2.2. Технология и инструмент горячей безоблойной штамповки.....	74
2.2.1. Штамповка поковок типа угольников, тройников и крестовин.....	74
2.2.2. Многопереходная безоблойная штамповка шестерен.....	79
2.2.3. Закрытая штамповка поковок типа шестерен.....	81
2.3. Расчет и конструирование штампов для горячей безоблойной штамповки.....	88
2.3.1. Рычажные штампы.....	88
2.3.2. Клиновые штампы с одним вертикальным подвижным пуансоном.....	92
2.3.3. Клиновые штампы с двумя горизонтальными подвижными пуансонами.....	96
2.4. Обработка выдавливанием.....	101
2.4.1. Холодное выдавливание.....	101
2.4.2. Горячее выдавливание.....	106
ЛИТЕРАТУРА.....	115
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	116

ВВЕДЕНИЕ

Основная цель учебного пособия – научить студентов разрабатывать технологические процессы формирования заготовок наиболее эффективными методами листовой и объемной штамповки, а также привить навыки конструирования обрабатывающего инструмента.

Пособие состоит из двух глав, охватывающих круг вопросов, необходимых для выполнения расчетной и графической части курсового проекта. В рамках учебного пособия, ограниченного определенным объемом и содержанием рабочей программы, все наиболее эффективные технологические операции рассмотреть не представляется возможным. Не все операции в равной степени используются в различных операциях машиностроения. Поэтому в пособии подробное освещение получили только наиболее широко применяемые в машиностроении технологические операции и инструмент для их реализации.

В целом авторы стремились к краткости изложения материала, опуская в большинстве случаев общие формулировки и определения. По возможности авторы насыщали пособие справочными данными, необходимыми для разработки технологии и конструирования инструмента.

Содержание учебного пособия соответствует рабочей программе дисциплины "ИНСТРУМЕНТ И ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ" специальности Т.03.02.00 "ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ".

Авторы благодарят д.т.н., профессора ЗДОРА Г.Н. (физико-технический институт НАН РБ), к.т.н., доцентов КЕНЬКО В.М. и СТРИКЕЛЬ Н.И. (Гомельский государственный технический университет) за рецензирование рукописи и ценные замечания, касающиеся ее содержания.

СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Задания курсовых проектов выдаются преподавателем индивидуально и должны быть максимально увязаны с существующим производством деталей, а лучшего всего с вновь проектируемыми или осваиваемыми. Объекты курсового проекта (заготовки деталей) должны быть достаточно сложными, чтобы в процессе работы перед студентами стояли комплексные и разнообразные технологические и конструкторские задачи. Задание курсового проекта может являться составной частью задания дипломного проекта.

Курсовой проект состоит из технологической и конструкторской частей. По характеру выполняемой работы имеет расчетную и графическую части.

Технологическая часть должна содержать качественный анализ технологичности конструкции детали; обоснование оптимального метода получения заготовки; выбор последовательности технологических операций и переходов; расчет силовых параметров; выбор оборудования; заполненные технологические карты.

Конструкторская часть проекта должна содержать сборочные чертежи штампов для реализации технологических операций листовой штамповки (по указанию преподавателя) и штампа закрытого типа для последнего перехода объемной штамповки. Кроме того, должны быть выполнены рабочие чертежи основных формообразующих деталей.

Пояснительная записка оформляется в соответствии с требованиями к текстовым документам. Она может быть написана от руки, напечатана на машинке или набрана на компьютере. Материал следует излагать кратко, аргументировано и в логической последовательности. Недопустимо дословное переписывание из литературы общепринятых положений. Пояснительная записка сброшюровывается в следующем порядке: титульный лист, задание на курсовой проект, оглавление, разделы пояснительной записки в соответствии с содержанием, литература, технологические карты.

ГЛАВА 1. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШТАМПОВ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

1.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Разработка технологических процессов листовой штамповки состоит из следующих этапов:

- ♦ анализ технологичности формы и конструктивности элементов детали;
- ♦ определение формы и размеров заготовки, а также расхода материала при минимальном его использовании;
- ♦ установление наиболее рационального технологического процесса, обеспечивающего изготовление требуемых деталей;
- ♦ установление типа, мощности и габаритов требуемого оборудования;
- ♦ определение трудоемкости изготовления штампуемых деталей, а также количества и разряда производственных рабочих и расценки на одну деталь.

При разработке технологических процессов должны быть решены следующие вопросы:

- ♦ определение наименьших размеров заготовки и оптимального раскроя материала;
- ♦ установление характера, количества и последовательности операций;
- ♦ выбор степени сложности (совмещенности) операций;
- ♦ установление количества одновременно штампуемых деталей;
- ♦ определение операционных размеров и установление операционных допусков.

Многообразие встречающихся на практике конфигураций и различных сочетаний конструктивных элементов вместе с разнообразными технологическими требованиями и экономическими предпосылками не позволяет установить типовое решение, применимое для любого случая. Поэтому могут быть даны лишь следующие общие принципы и технологические рекомендации:

1. *Как правило, необходимо стремиться к наименьшему количеству операций и увеличению их производительности. Исключением может быть штамповка в мелкосерийном производстве в том случае, если уменьшение количества операций приводит к необходимости изготовления сложных дорогостоящих штампов.*

2. При штамповке плоских деталей с большим количеством близко расположенных отверстий целесообразно производить пробивку отверстий рядами; пробивку большого числа боковых отверстий на вытянутых изделиях группами с автоматическим поворотом изделия – за несколько ходов прессы, но с применением простых и стойких штампов; пробивку ряда боковых отверстий в крупных деталях – за одну операцию клиновым штампом.
3. В ряде случаев последовательность операций зависит от требуемой точности отдельных элементов изделия. Так, например, при изготовлении изогнутой детали с отверстиями в случае невысокой точности положения отверстий относительно базы пробивку их следует производить в плоской заготовке, в случае же высокой точности, превышающей погрешность при гибке, пробивку отверстий, как правило, следует производить после гибки.
4. При изготовлении сложно изогнутых деталей замкнутой или полузамкнутой конфигурации количество операций гибки и их совмещенность зависят от конфигурации деталей, требуемой точности и экономической целесообразности применения дорогих сложногибочных (клиновых, шарнирных и т. п.) штампов.
5. Количество последовательных операций вытяжки зависит от относительной глубины детали и определяется общеизвестными методами по оптимальной величине коэффициентов вытяжки.
6. В большинстве случаев после глубокой вытяжки необходимо производить обрезку края детали так же, как и после холодного выдавливания.
7. При повышенных требованиях к геометрической форме плоских деталей следует предусматривать их правку в штампах.
8. Для деталей, требующих повышенной чистоты поверхности среза, следует применять зачистку после вырубки или чистовую вырубку.
9. При изготовлении полых деталей с фланцем, но без дна следует отдать предпочтение операции отбортовки перед вытяжкой. В случае высокой стенки борта желательно применить неглубокую вытяжку с последующей пробивкой и отбортовкой дна или отбортовку с утонением стенок.
10. При изготовлении полых или гнутых деталей с острым углом вместо закругления необходимо после вытяжки или гибки применить операцию калибровки.

Наиболее сложным вопросом при разработке технологических процессов холодной штамповки является вопрос о степени совмещенности операций, т.е. о том, применять ли сложные и дорогие комбинированные штампы, выполняющие сразу

несколько операций, или применять раздельную пооперационную штамповку простыми и более дешевыми штампами.

1.2. РАСКРОЙ ПОЛОСОВОГО МАТЕРИАЛА

Разделительные операции широко применяются в машиностроительном производстве. Наиболее распространенным являются разделка рулонного и листового проката на ленты и полосы, вырубка и пробивка плоских деталей, вырубка заготовок для последующей штамповки объемных пустотелых деталей. Основные разделительные операции приведены в таблице 1.1.

Различные способы раскроя полосового материала по экономичности и величине технологических отходов могут быть разделены на три вида:

- ♦ раскрой с отходами, когда вырезка происходит по всему контуру детали, а перемычка имеет замкнутую форму;
- ♦ малоотходный раскрой, когда вырезается или отрезается только часть контура детали, а в отход идет или перемычка между двумя вырезками, или только боковая перемычка;
- ♦ безотходный раскрой, когда вырезаемая деталь получается путем прямолинейной или криволинейной отрезки без образования перемычек.

Схемы раскроя приведены в таблице 1.2.

Экономичность раскроя в значительной степени определяет величина перемычек, которая зависит от следующих факторов:

1. Толщины и твердости материала.
2. Размеров и конфигурации деталей.
3. Типа раскроя (прямой, встречный и т.п.).
4. Способа подачи полосы (с боковым прижимом или без него).
5. Типа упора (неподвижный, подвижный, шаговый нож, ловители).

В таблице 1.3. приведены проверенные в массовом производстве величины перемычек для основных случаев вырубки [1].

Таблица 1.1.

Схемы основных разделительных операций и их определение по ГОСТ 18970-84

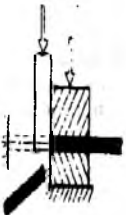
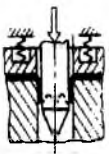
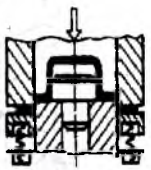
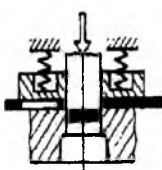
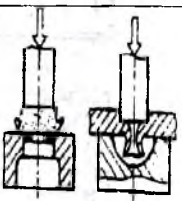
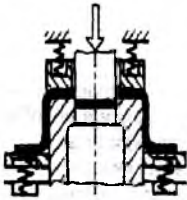
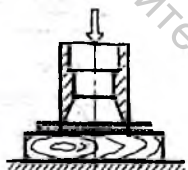
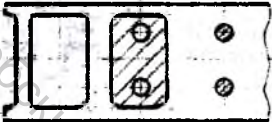
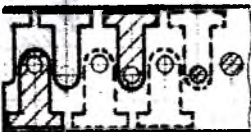
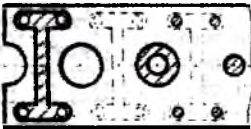
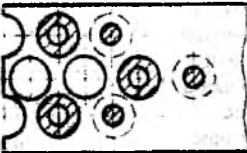
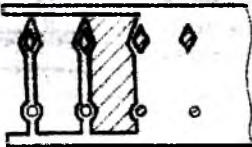
Термин и его определение	Схема операции	Термин и его определение	Схема операции
1. Отрезка – полное отделение части заготовки по незамкнутому контуру путем сдвига		5. Проколка – образование в заготовке отверстия без удаления металла в отход	
2. Надрезка – неполное отделение заготовки путем сдвига		6. Обрезка – удаление излишков металла (припусков, облоя) путем сдвига	
3. Вырубка – полное отделение заготовки или изделия от исходной заготовки по замкнутому контуру путем сдвига (отдельная часть – изделие)		7. Зачистка – удаление технологических припусков с помощью штампа с образованием стружки для повышения точности размеров и уменьшения шероховатости штамповочной заготовки	
4. Пробивка – образование отверстия или паза путем сдвига с удалением отдельной части металла в отход		8. Просечка в штампе – образование отверстия в заготовке путем внедрения в нее инструмента с удалением части материала в отход	

Таблица 1.2.

Основные типы раскроя

Тип раскроя и эскиз	Применение раскроя	Способ подачи материала
Прямой 	Для деталей простой геометрической формы (прямоугольной, круглой, квадратной)	Ручная или автоматическая
Наклонный 	Для деталей Г-образной или другой сложной конфигурации, которые при прямом расположении дают большие отходы металла	
Встречный 	Для деталей Т-, П-, Ш-образной конфигурации, которые при прямом и наклонном расположении дают большие отходы	
Комбинированный 	Для двух различных деталей одинаковых по толщине и марке металла, в крупносерийном и массовом производствах	Автоматическая подача
Многорядный 	Для деталей небольших размеров в крупносерийном и массовом производстве	Ручная, чаще автоматическая подача
С вырезкой перемычек 	Для мелких и узких деталей (часовые стрелки и подобные детали) или для последовательной вытяжки в ленте при крупносерийном и массовом производствах	

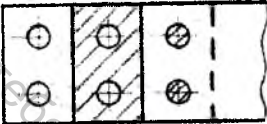
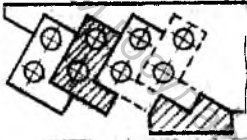
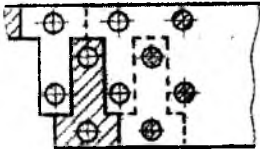
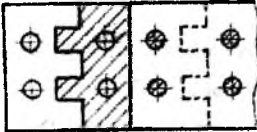
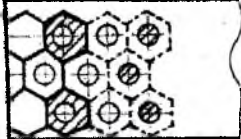
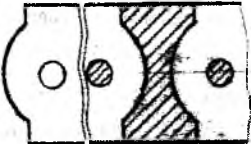
Тип раскроя и эскиз	Применение раскроя	Способ подачи материала
Прямой 	Для деталей прямоугольной или трапециевидальной конфигурации	Ручная подача до упора (возможно по 2 шт. за один ход пресса)
Наклонный 	Для деталей Г-образной или другой конфигурации, допускающих небольшие дефекты контура	
Встречный 	Для деталей Т-, П-, Ш-образной конфигурации, допускающих небольшие дефекты	Ручная или автоматическая подача (по 2 шт. за один ход пресса)
Комбинированный 	Для двух различных деталей, взаимовписывающихся по конфигурации	
Многорядный 	Для деталей прямоугольной, квадратной или шестигранной конфигурации небольших размеров в крупносерийном и массовом производствах	Ручная или автоматическая подача (по несколько штук за один ход пресса)
С вырезкой перемычек 	Для деталей удлиненной формы, изготавливаемых из мерной полосы или ленты, без обрезки вдоль длинных сторон	Ручная подача до упора

Таблица 1.3.

Ширина перемычек при вырубке деталей из стальной полосы

Толщина материала в мм	Перемычка в мм		Толщина материала в мм	Перемычка в мм	
	a и b	a_1 и b_1		a и b	a_1 и b_1
0,3	1,4	2,3	4,0	2,5	3,5
0,5	1,0	1,8	5,0	3,0	4,0
1,0	1,2	2,0	6,0	3,5	4,5
1,5	1,4	2,2	7,0	4,0	5,0
2,0	1,6	2,5	8,0	4,5	5,5
2,5	1,8	2,8	9,0	5,0	6,0
3,0	2,0	3,0	10,0	5,5	6,5
3,5	2,2	3,2			

Обозначения: a – перемычка между вырезами для небольших деталей простой конфигурации;

a_1 – перемычка между вырезами для больших деталей или деталей сложной конфигурации;

b – боковая перемычка при работе с боковым прижимом полосы;

b_1 – то же при работе без бокового прижима.

1.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРА ДАВЛЕНИЯ

Для правильной уравновешенной работы штампа необходимо вырезаемый контур расположить на матрице таким образом, чтобы центр давления совпадал с осью хвостовика. Если хвостовик в штампе расположен не в центре давления, то в процессе работы вследствие неравномерного распределения усилия нагрузки пресса, а вместе с ним и верхняя часть штампа, будут смещаться, что вызовет нарушение соосности между пуансоном и матрицей. Нарушение соосности приведет к неравномерному распределению зазора между пуансоном и матрицей, а значит, к появлению заусенцев на поверхности среза штампуемых деталей. В результате нерекоса быстро изнашиваются направляющие и затупляются режущие кромки.

Аналитический способ нахождения центра давления основан на равенстве моментов равнодействующей нескольких сил сумме моментов этих сил относительно одной и той же оси. Направление осей XU берем по сторонам пуансонодержателя, от которых производится его разметка (см. рис. 1.1.) Ввиду несимметричного расположения пуансонов (на рисунке заштрихованы) составляем уравнение равенства моментов относительно обеих осей.

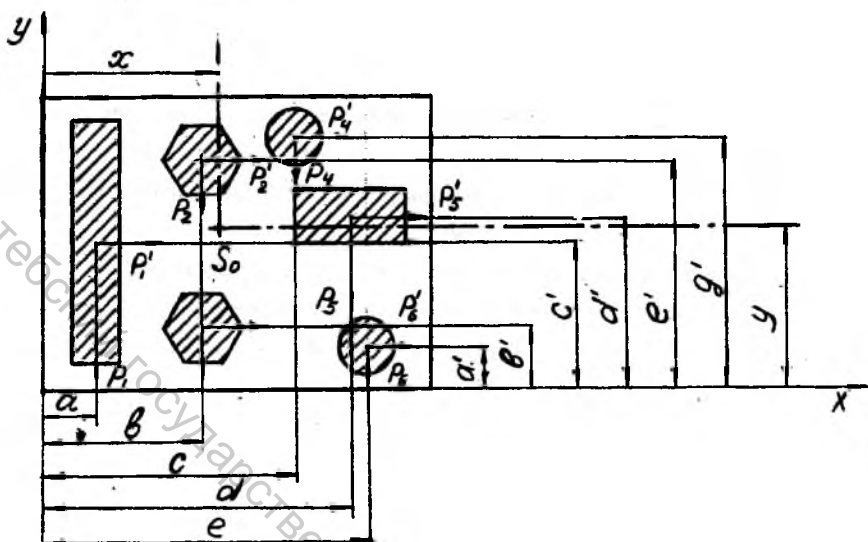


Рис. 1.1. Схема для аналитического определения центра давления

Уравнение моментов относительно оси Y :

$$x = \frac{P_1 a + P_2 b + P_3 b + P_4 c + P_5 d + P_6 e}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6}; \quad (1.1)$$

Уравнение моментов относительно оси X :

$$y = \frac{P_1 c' + P_2 e' + P_3 b' + P_4 g' + P_5 d' + P_6 a'}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6}; \quad (1.2)$$

где x – искомое расстояние от оси OY до центра давления;

y – искомое расстояние от оси OX до центра давления;

a, b, c, d, e – расстояние от центра тяжести фигуры (пуансона) до оси OY ;

a', b', c', d', e', g' – то же до оси OX ;

P_1, P_2 и т.д. – усилия вырубки.

При расчете вместо усилий вырубки (P_1, P_2 и т.д.) можно подставлять длину соответствующего контура.

1.4. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗМЕРЫ МАТРИЦ И ПУАНСОНОВ

Размеры изделия, получаемого вырубкой, соответствуют размерам рабочего отверстия матрицы. Изнашивание матрицы приводит к увеличению ее рабочего отверстия. Поэтому исполнительные размеры рабочего отверстия матрицы для вырубки должны быть наименьшими предельными.

Если штампуемое изделие имеет форму круга и допуски на его диаметр назначены в системе отверстия, то исполнительный диаметр рабочего отверстия матрицы определяется как разность между номинальным диаметром изделия и допуском на этот диаметр [2]:

$$D_M = (D_n - \Delta)^{+\delta_n}, \quad (1.3)$$

где D_n – номинальный диаметр штампуемого изделия; Δ – допуск на диаметр изделия; δ_n – допуск на размер матрицы.

Рабочий (исполнительный) диаметр пуансона для вырубки в данном случае будет меньше диаметра матрицы на значение зазора (z) между ними:

$$D_n = (D_M - z)_{-\delta_n}, \quad (1.4)$$

где δ_n – допуск на размер пуансона.

Диаметр отверстия, получаемого пробивкой, соответствует диаметру пуансона. Изнашивание пуансона приводит к уменьшению его диаметра. Поэтому исполнительный диаметр пуансона должен быть наибольшим предельным.

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

$$D_n = (D_M + \Delta)_{-\delta_n}, \quad (1.5)$$

Рабочий, исполнительный диаметр матрицы для пробивки будет больше диаметра пуансона на значение зазора между ними: $D_M = D_n + z$, или, учитывая (1.5)

$$D_M = (D_n + \Delta + z)^{+\delta_n}. \quad (1.6)$$

Приведенные формулы (1.3) – (1.6) для определения исполнительных размеров пуансонов и матриц применимы в том случае, когда толщина штампуемого материала

сравнительно невелика (до 1 – 2 мм), так как при этом условии боковая поверхность отдельной части металла может считаться приблизительно перпендикулярной плоскости листа.

При штамповке более толстого металла (свыше 2 мм) необходимо принимать во внимание конусность боковой поверхности отдельной части металла, которая образуется вследствие того, что скалывающие трещины направлены под определенным углом к образующей.

Поэтому для устранения возможности выхода размеров штампуемой детали за предельные, поле допуска на диаметр детали искусственно уменьшается. Уменьшенный допуск Δ' принимается равным 0,6 – 0,8 номинального допуска Δ . В этом случае формулы для определения исполнительных размеров пуансонов и матриц имеют вид:

для вырубки

$$D_M = [D_H - (0,6 \div 0,8)\Delta]^{+\delta_n}; \quad (1.7)$$

$$D_n = [D_H - (0,6 \div 0,8)\Delta - z]_{-\delta_n} \quad (1.8)$$

для пробивки

$$D_n = [D_H + (0,6 \div 0,8)\Delta]_{-\delta_n}; \quad (1.9)$$

$$D_M = [D_H + (0,6 \div 0,8)\Delta + z]^{+\delta_n}; \quad (1.10)$$

Допуск на рабочие размеры пуансонов и матриц, δ_n и δ_m принимают равным 25 – 35 % от допуска на соответствующий размер штампуемой детали. Допуски на размеры инструмента назначают по определенным квалитетам точности: при толщине штампуемого металла до 3 мм – по 8-му квалитету и при толщине металла свыше 3 мм – по 10-му квалитету по СТ СЭВ 145-75 (ЕСДП СЭВ).

Конструкция рабочего отверстия матриц для вырубки и пробивки зависит от толщины штампуемой детали (или заготовки), ее формы и размеров, требуемой точности, характера производства и других факторов. На рис.1.2. показаны различные типы рабочих отверстий матриц для вырубки и пробивки: с цилиндрическим пояском (а), конические по всей высоте (б), цилиндрические по всей высоте (в), с цилиндрическим пояском и уширенным провальным отверстием (г). Матрицы типа а применяют при штамповке деталей сложной формы или повышенной точности. Высота пояска h зависит от толщины заготовки и изменяется от 3 до 15 мм при соответственном изменении толщины заготовки от 0,5 до 10 мм, угол конусности

провального отверстия составляет $3 - 5^\circ$. Данный тип провального отверстия обеспечивает стабильность размеров штампуемой детали после перешлифовки матрицы, однако долговечность матриц невелика.

Матрицы типа *б* применяются при получении небольших деталей простой формы и невысокой точности, так как при перешлифовке рабочее отверстие матрицы увеличивается (при сошлифовке на 3 мм размер отверстия увеличивается на 0,1 мм). Угол конусности рабочего отверстия составляет от $15'$ до 1° , долговечность матрицы выше, чем матрицы с рабочим отверстием типа *а*. Матрицы типа *в* применяют при штамповке с обратным выталкиванием детали на поверхность матрицы (в большинстве случаев в штампах совмещенного действия). Матрицы типа *г* применяют для пробивки отверстий диаметром до 40 мм. Высота *h* цилиндрического пояса матрицы должна быть не менее 3 мм, с увеличением толщины штампуемой детали высота пояса увеличивается; диаметр провального отверстия в матрице на 3 мм больше, чем диаметр *d* рабочего отверстия матрицы.

Пуансоны. Конструкция рабочей части пуансонов, как и матриц, зависит от диаметра пробиваемого отверстия (или вырубаемой заготовки), толщины металла, характера производства, требуемой точности размеров отверстия и пр. На рис. 1.2. показаны четыре типа пуансонов с различной рабочей частью. Тип *д* наиболее прост, в связи с чем наиболее распространен. При диаметре пуансона свыше 50 мм на торцевой его части делается углубление для облегчения перешлифовки (тип *е*). Ширина кольцевой части пуансона должна быть шире очага пластической деформации, возникающего при вырубке-пробивке. Этому условию соответствует ширина 2 – 5 мм. При пробивке отверстий в толстом листе ($s > 8$ мм) появляется необходимость уменьшить усилие сжима, для этого рабочую часть пуансона делают слегка конусной с углом наклона образующей $30' - 1^\circ$ (тип *ж*), а при необходимости уменьшения усилия



Рис. 1.2. Форма матриц и пуансонов для вырубки и пробивки

проталкивания и при пробивке отверстий по разметке керном (например, в мелкосерийном производстве) применяют пуансоны с обратным конусом 1° и коническим выступом (тип з). Пробивка отверстий, диаметр которых меньше толщины заготовки, вызывает возникновение сжимающих напряжений, превышающих критические, в связи с чем происходит потеря устойчивости, завершающаяся разрушением пуансона. Поэтому основное условие при разработке конструкции штампа для пробивки относительно малых отверстий – обеспечение устойчивости пуансонов. Выполнение этого условия обеспечивается направляющими для пуансонов по всей их длине в виде телескопических втулок, набора штифтов или шайб.

Форма матрицы определяется формой и размерами штампуемой детали. Размеры прямоугольной матрицы определяют (ориентировочно), исходя из размеров ее рабочей зоны. В табл. 1.4 [3] приведена зависимость наименьших габаритных размеров прямоугольной матрицы от размеров прямоугольной рабочей зоны. Размеры матрицы уточняют с учетом требуемых величин перемычек между отверстиями, конкретного размещения рабочей зоны и отверстий и т.д.

Ориентировочный выбор диаметров винтов и штифтов осуществляют по табл. 1.5, 1.6. Число винтов определяют из условия, что расстояние не должно превышать 90 мм. Однако в отдельных случаях возникает необходимость некоторого отклонения от приведенных данных. Число штифтов определяют из условия, что каждый самостоятельный элемент штампа, который должен быть неподвижным относительно матрицы и сама матрица (или каждая ее отдельная часть) должны фиксироваться двумя штифтами.

Толщину матрицы H_m определяют из следующей эмпирической зависимости, мм:

$$H_m = s + K_m \sqrt{a_p + b_p} + 7, \quad (1.11)$$

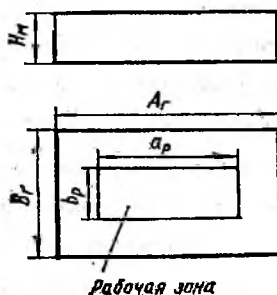
где s – толщина штампуемого материала, мм; a_p и b_p – размеры рабочей зоны матрицы, мм; K_m – коэффициент.

σ_b , МПа	До 120	Св. 120 до 200	Св. 200 до 300	Св. 300 до 500	Св. 500 до 1000	Св. 1000
K_m	0,5	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5-2

где σ_b – предел прочности штампуемого материала (см. приложение 1)

Таблица 1.4

Зависимость наименьших габаритных размеров прямоугольной $A_r \times B_r$ матрицы
от размеров $a_p \times b_p$ ее рабочей зоны



$a_p \times b_p$ не более	$A_r \times B_r$ не менее	$a_p \times b_p$ не более	$A_r \times B_r$ не менее	$a_p \times b_p$ не более	$A_r \times B_r$ не менее	$a_p \times b_p$ не более	$A_r \times B_r$ не менее
30x20	63x50	70x30	125x63	100x40	160x80	110x50	180x100
40x20	80x50	40x40	80x80	50x50	100x100	130x50	200x100
50x20	100x50	50x40	100x80	70x50	125x100	70x60	125x125
40x30	80x63	70x40	125x80	80x50	140x100	80x60	140x125
50x30	100x63	80x40	140x80	100x50	160x100	100x60	160x125

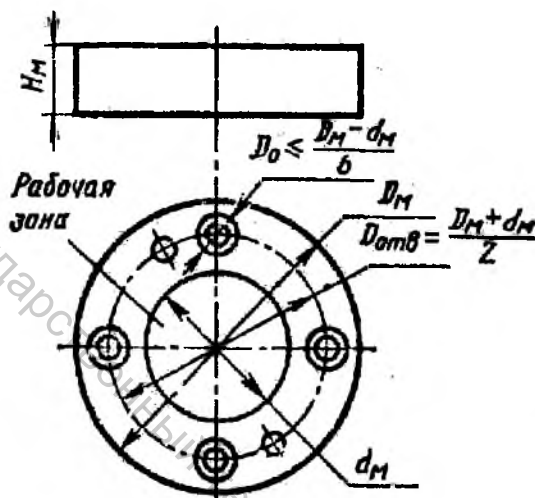
Таблица 1.5

Диаметры винтов и штифтов для крепления матрицы

Наибольший габаритный размер (наружный диаметр) матрицы, мм	Диаметры винтов и штифтов при технологическом усилии Р, воспринимаемом матрицей, «Н					
	До 500		Св. 500 до 1000		Св. 1000	
	Винт	Штифт	Винт	Штифт	Винт	Штифт
До 100	M6	6	M8	6	-	-
Св. 100 до 125	M8	8	M10	8	-	-
Св. 125 до 160	M10	8	M12	10	M12	10
Св. 160 до 250	M10	10	M12	10	M12	10

Таблица 1.6

Наименьший наружный диаметр круглой матрицы, размещение и размеры отверстий для ее крепления



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

ПРИМЕЧАНИЯ: 1. D_0 – диаметр отверстия под головку винта. 2. Число винтов в одном ряду определяется из условия, что расстояние между двумя соседними винтами не должно превышать 90 мм.

Тяжело нагруженные матрицы следует проверять на прочность специальным расчетом, основанным на определении напряжений, возникающих в опасном сечении. Опасным является сечение, проходящее через узкие щелевые отверстия, острые углы и др. Например, при вырубке квадратного контура опасным является сечение, проходящее через противоположные углы и диагональ квадрата. При расчете можно исходить из того, что сила, распирающая матрицу в опасном сечении, составляет не менее 40% технологического усилия. Проверку выполняют по формуле

$$[\sigma_p] \geq \frac{0,4LS\sigma_{ср}}{F}; \quad (1.12)$$

где $[\sigma_p]$ – допускаемое напряжение на разрыв (для сталей У8А, У10А в закаленном состоянии равно 250 МПа); L – длина периметра резания; S – толщина обрезаемого материала; $[\sigma_{ср}]$ – сопротивление срезу (см. приложение 1).

Проверку на сжатие пуансона осуществляют с учетом продольного изгиба в следующей последовательности.

Вначале определяют коэффициент φ понижения допускаемого напряжения $\sigma_{сж}$, зависящий от условной гибкости пуансона и учитывающий возможную потерю устойчивости пуансона (его продольный изгиб). Для пуансонов круглого сечения этот коэффициент зависит от параметра:

$$\mu = 2,8 \frac{h_n}{d_n} \quad (1.13)$$

где h_n – длина рабочей части пуансона; d_n – диаметр (по наименьшему сечению) рабочей части пуансона;

μ	До 4	Св.4 до 8	Св.8 до 12	Св.12 до 16	Св. 16 до 23	Св. 23 до 30
φ	1,0	0,8	0,75	0,72	0,65	0,6

Для пуансонов некруглого сечения μ определяется по следующей формуле:

$$\mu = \frac{0,7h_n\sqrt{F_{раб}}}{\sqrt{I}}, \quad (1.14)$$

где $F_{раб}$ – площадь сечения рабочей части пуансона, мм²; I – минимальный осевой момент инерции поперечного сечения рабочей части пуансона, мм⁴.

Далее определяют площадь F_k (мм²) контакта рабочего торца пуансона со штампуемым материалом. Если диаметр пробиваемого отверстия соизмерим с толщиной материала, $F_k \sim F_{раб}$. Если же диаметр отверстия больше толщины, площадь F_k следует принимать равной площади кольцевого пояска шириной a_k (рис. 1.3).

Ширина a_k кольцевого пояса зависит от отношения d_n/s , величины зазора и наличия нижнего прижима, обеспечивающего при достаточном удельном угилии контакт по всей поверхности торца пуансона. Значение a_k определяют по таблице 1.7.

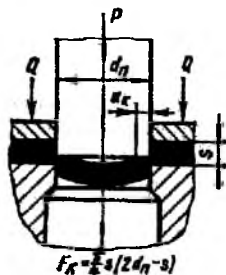


Рис. 1.3. Схема контакта пуансона со штампуемым материалом

Таблица 1.7

Данные для определения ширины кольцевого пояса контакта пуансона с отходом при пробивке отверстий без прижима (см. рис. 1.3)

d_n/s	a_k/d_n при относительном зазоре z/s			
	0,2-0,15	0,15-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005
Св. 0,8 до 1,2	0,35	0,40	0,45	0,50
Св. 1,2 до 2,0	0,30	0,35	0,40	0,45
Св. 2,0 до 5,0	0,25	0,30	0,35	0,40
Св. 5,0 до 10,0	0,20	0,25	0,30	0,35
Св. 10,0 до 20,0	0,15	0,20	0,25	0,30
Св. 20,0	0,10	0,15	0,20	0,25

Площадь кольцевого пояса

$$F_k = \pi a_k (d_n - a_k). \quad (1.15)$$

Напряжение сжатия $\sigma_{сж}$ (МПа) вычисляется по следующей формуле:

$$\sigma_{сж} = \frac{LS\sigma_{ср}}{\phi F_k}; \quad (1.16)$$

Допускаемое напряжение на сжатие для сталей У 10А, У 8А и т.п. после закалки и отпуска принимают 1600 МПа, для стали Х 12М – 1900 МПа.

1.5. КЛАССИФИКАЦИЯ ШТАМПОВ

1. По технологическому признаку все штампы для листовой штамповки могут быть сведены в следующие группы:

- ◆ простого действия;
- ◆ совмещенного действия;
- ◆ последовательного действия.

Основные технологические параметры штампов приведены в таблице 1.8.

Основные технологические параметры штампов

ШТАМПЫ	ПАРАМЕТРЫ		
	Число различных операций	Число шагов подачи	Число ходов ползуна прессы
Простые	1	1	1
Совмещенные	≥ 2	1	1
Последовательные	≥ 2	≥ 2	≥ 2

Штампы *простого действия* (рис. 1.4) производят одну штамповочную операцию за один ход ползуна прессы в пределах одного шага подачи. Штампы этого типа отличаются простотой конструкции и дешевизной изготовления. Производительность простых штампов находится в прямой зависимости от вида подачи материала или полуфабриката. На многопозиционных прессах, как правило, используют простые штампы.

Штампы *совмещенного действия* (рис. 1.5) выполняют одновременно несколько различных операций (две, три, реже – четыре). Вся работа осуществляется за один ход ползуна прессы и в пределах одного шага подачи. Совмещенные штампы сложнее простых и требуют более высокой квалификации при изготовлении. Сложность штампа полностью оправдывается производительностью, точностью и плоскостностью штампованных деталей. Эти штампы обязательно имеют специфичную только для них деталь, выполняющую одновременно функции и матрицы и пуансона (деталь двойного назначения – пуансон-матрица). При малом расстоянии между деформирующими частями детали двойного назначения прочность ее понижается.

Штампы *последовательного действия* (рис. 1.6) выполняют несколько различных операций последовательно (встречаются штампы, выполняющие 10-15 операций). Работа штампа осуществляется за несколько ходов ползуна прессы и за несколько шагов подачи, при этом число шагов подачи равно (рис. 1.6 тип I) или больше числа выполняемых операций (рис. 1.6 тип II). В последнем случае за счет нерабочего перехода расстояние между деформирующими частями матрицы увеличивается, что повышает ее прочность и делает возможным вместо одной, цельной матрицы применить матрицу, изготовленную из нескольких вставок, смонтированных в общем матрицедержателе.

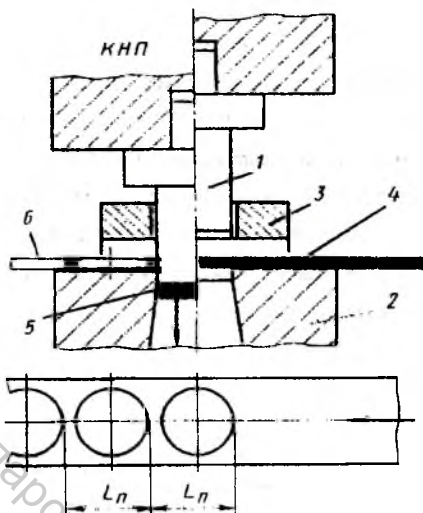


Рис. 1.4. Технологическая схема штампа простого действия:

1 - пуансон; 2 - матрица; 3 - съемник; 4 - заготовка; 5 - деталь; 6 - отход

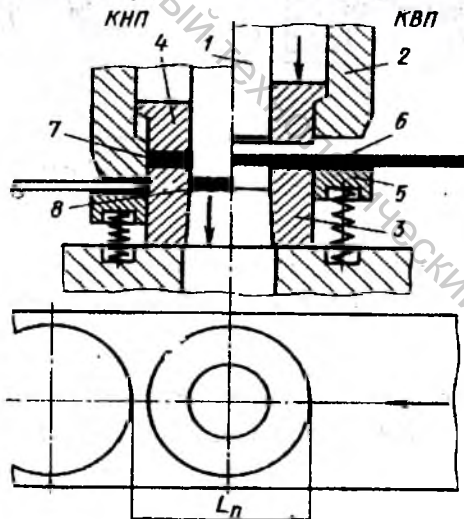


Рис. 1.5. Технологическая схема штампа совмещенного действия

1 - пуансон пробивной; 2 - матрица вырубная; 3 - пуансон вырубной-матрица пробивная; 4 - выталкиватель; 5 - съемник; 6 - заготовка; 7 - деталь (шайба); 8 - отход

Трудоемкость изготовления последовательных штампов соизмерима с трудоемкостью совмещенных, предназначенных для штамповки одной и той же детали (при одном и том же числе операций). В этом случае производительности штампов одинаковы, но габаритные размеры совмещенного меньше, чем последовательного. Точность совпадения контуров детали, штампуемой на нескольких простых штампах, наименьшая, лучшая – на последовательном и отличная – на совмещенном. Плоскостность детали обеспечивается совмещенным штампом, а большая сложность получаемого изделия – последовательным.

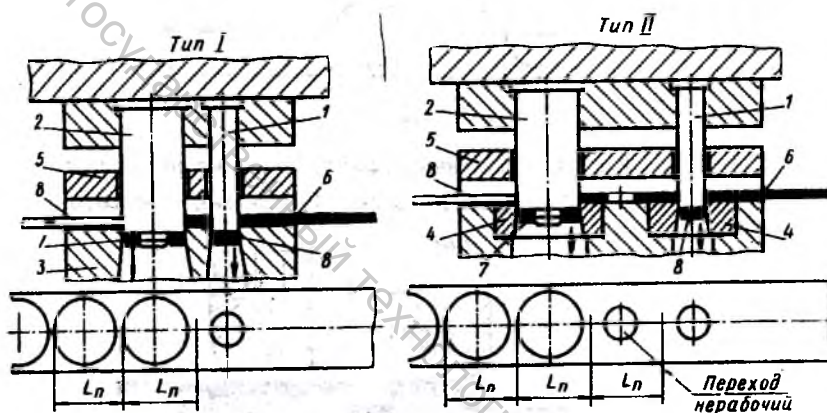


Рис. 1.6. Технологическая схема штампа последовательного действия
тип I – с цельной матрицей; тип II – со вставными матрицами и нерабочим переходом;

- 1 – пуансон пробивной; 2 – пуансон вырубной; 3 – матрица цельная; 4 – матрицы вставные; 5 – съемник; 6 – заготовка; 7 – деталь (шайба); 8 – отход

1.6. ФОРМООБРАЗУЮЩИЕ ОПЕРАЦИИ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ

Формообразующие операции предназначены для формирования пространственных деталей из тонкостенных полуфабрикатов, полученных из листа, полосы, отрезков труб и т.д. Такие детали формируются за счет пластического деформирования (см. таблицу 1.9)

1.7. ГИБКА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Пластическая деформация при гибке протекает различно с каждой стороны изгибаемой заготовки: слой материала со стороны пуансона в продольном направлении сжимаются, а со стороны матрицы – растягиваются. Одновременно, слой металла со стороны пуансона в поперечном направлении растягиваются, а со стороны матрицы сжимаются.

Одно из основных требований при гибке – соответствие радиуса гибки значениям, при которых обеспечивается изгиб заготовки без ее разрушения. Поэтому применение наименьших значений радиусов гибки допустимо лишь в случае крайней необходимости. Значения минимального радиуса гибки приведены в Приложении 2.

Для расчета длины заготовок, обеспечивающих после гибки получение заданных размеров деталей необходимо:

- ♦ определить положение нейтрального слоя, который сохраняет свою длину неизменной после гибки;
- ♦ разбить контур штампуемой детали на элементы, представляющие собой отрезки прямой и части окружностей;
- ♦ просуммировать длины этих отрезков.

Длины прямых участков суммируются без изменения, а длины криволинейных участков – с учетом деформации материала и соответственного смещения нейтрального слоя.

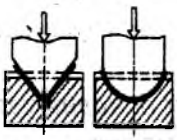
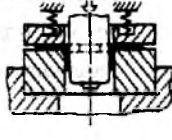
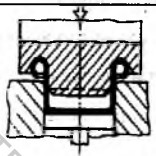
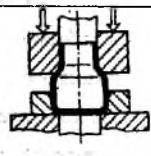
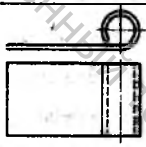
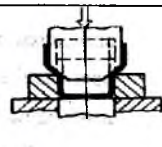
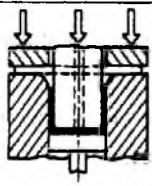
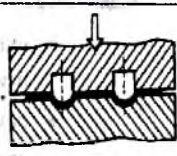
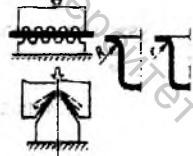
Длина нейтрального слоя в изогнутом участке определяется по формуле:

$$l = \frac{\pi \varphi}{180} (r + xS); \quad (1.17)$$

где φ – угол изогнутого участка;

Таблица 1.9

Схемы формоизменяющих операций листовой штамповки и их определение по
ГОСТ 18970-84

Термин и его определение	Схема операции	Термин и его определение	Схема операции
Гибка – образование или изменение углов между частями заготовки или придание ей криволинейной формы		Отбортовка – образование борта по внутреннему контуру заготовки	
Закатка – образование закругленных бортов на краях полый заготовки		Обжим в штампе – уменьшение размеров поперечного сечения части полый заготовки	
Завивка – образование закруглений на концах плоской заготовки или заготовки из проволоки		Раздача – увеличение размеров поперечного сечения части полый заготовки	
Вытяжка – образование полый заготовки или изделия из плоской заготовки		Рельефная формовка – образование рельефа в листовой заготовке за счет местных растяжений без обусловленного изменения толщины стенки	
Обтяжка – образование заготовки заданной формы приложением растягивающих усилий к ее краям		Правка давлением – устранение искаженной формы заготовки, уменьшение радиусов сопряжений отдельных участков заготовки	

x – коэффициент, определяющий положение нейтрального слоя (см. таблицу 1.10);

S – толщина материала.

Таблица 1.10[3]

Значение коэффициента x при гибке стали на 90°

r/S	x	r/S	x	r/S	x
0,1	0,30	0,6	0,386	2,0	0,455
0,15	0,32	0,7	0,40	2,5	0,46
0,2	0,333	0,8	0,408	3	0,47
0,25	0,35	1,0	0,42	4	0,476
0,3	0,36	1,2	0,43	5	0,48
0,4	0,37	1,5	0,44	7	0,49
0,5	0,38	1,8	0,45	10	0,50

При свободной гибке требуемое усилие определяется по формуле

$$P_{зб} = B_z SK_z \sigma_s; \quad (1.18)$$

где B_z – сумма длин линий сгиба;

K_z – коэффициент (см. приложение 3)

Если гибка осуществляется с прижимом, то усилие прижима

$$P_{пр} = (0,25 \div 0,30) P_{зб}; \quad (1.19.)$$

и соответственно общее усилие

$$P_{общ} = P_{зб} + F_{приж}; \quad (1.20)$$

Если гибка осуществляется с правкой и калибровкой, то усилие определяется по формуле:

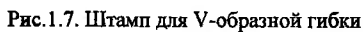
$$P_k = qF; \quad (1.21)$$

где q – удельное усилие правки и калибровки (см. приложение 3);

F – площадь проекции поверхности детали, соприкасающейся с пуансоном на плоскость, перпендикулярную к направлению действия усилия.

1.7.1. Определение размеров матриц и пуансонов

Основными разновидностями гибки являются V-образная (рис. 1.7) и П-образная (рис.1.8, 1.9). Остальные виды так или иначе повторяют две приведенные выше, и соответственно методика расчета размеров деталей для всех случаев гибки основана на методике определения размеров деталей в штампах для V- и П-образной гибки.



а – цельная матрица; б – сборная матрица

При V-образной гибке основным определяющим размером пуансона и матрицы является их рабочий угол

$$\varphi_n = \varphi_M = \varphi_2 \pm \Delta\varphi; \quad (1.22)$$

где φ_2 — требуемый угол гибки детали;

 $\Delta\varphi$ – угол пружинения (см. приложение 3).

Предельное отклонение углов φ_n и φ_m принимают равным 0,3 – 0,5 от соответствующего предельного отклонения угла гибки штампуемой детали, указанного на ее чертеже.

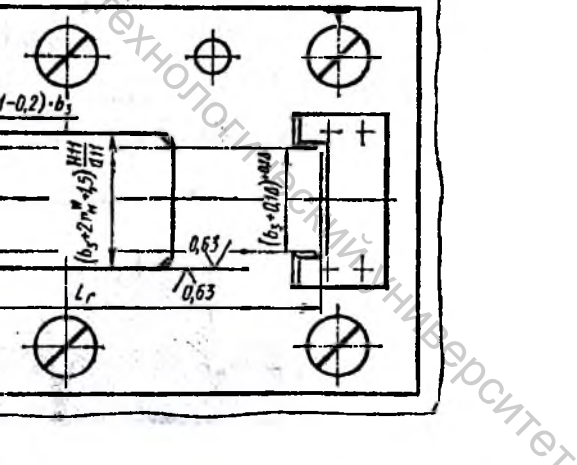


Рис. 1.8 Штампы для П-образной гибки:

1 – толкатель; 2 – выталкиватель; 3 – трафарет; 4 – пуансон; 5 – пуансонодержатель; 6 – матрица; 7 – промежуточная плита

A-A

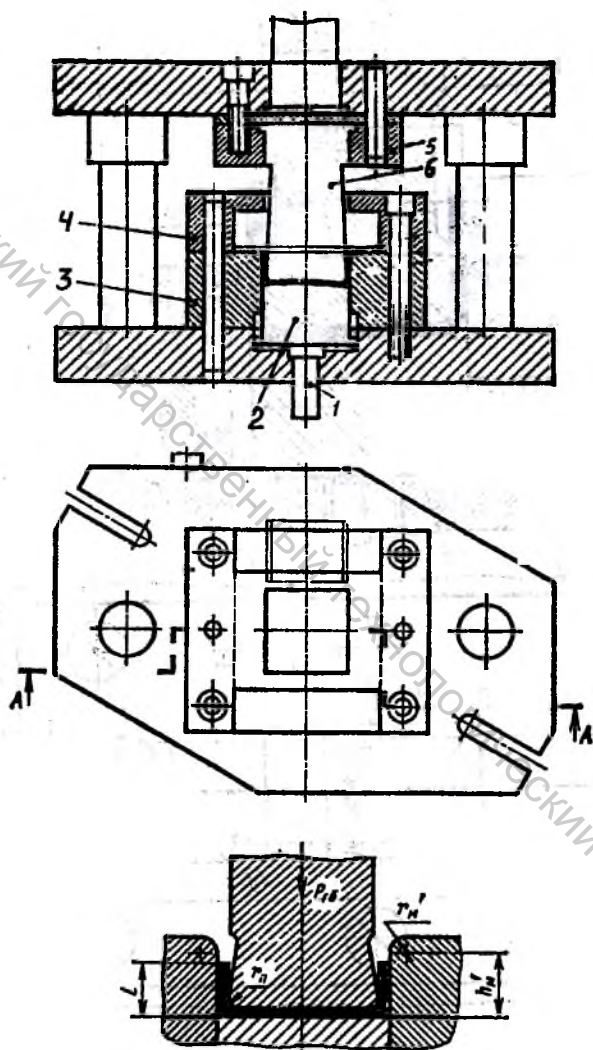


Рис. 1.9. Штампы для П-образной гибки:

1 – толкатель; 2 – выталкиватель; 3 – матрица; 4 – съемник; 5 – пуансонодержатель; 6 – пуансон

Радиус закругления пуансона r_n принимают равным требуемому радиусу закругления r штампуемой детали; радиус закругления матрицы

$$r_m = (0,6 \div 0,8)(r_n + s); \quad (1.23)$$

Радиус закругления на ребре матрицы принимают ориентировочно из зависимости

$$r'_m = (1 \div 2)s; \quad (1.24)$$

$s, \text{ мм}$ До 0,5 Св. 0,5 до 1 Св. 1 до 2 Св. 2 до 4 Св. 4 до 6 Св. 6 до 10

$r'_m, \text{ мм не менее}$ 1 2 3 4 5 6

При длине $l \leq 50 \text{ мм}$ полки детали глубину рабочей части матрицы и ее толщину определяют по данным таблицы 1.11, после чего построением или аналитически находят ширину a_m .

Если деталь имеет полку длиной $l > 50 \text{ мм}$, то размеры матрицы можно ориентировочно принимать на основании зависимости

$$a_m = (15 \div 20)s; \quad (1.25)$$

после чего построением рабочего профиля матрицы, исходя из значений C_m , определяемых по таблице 1.12, найденные значения уточняются.

Таблица 1.11

Размеры рабочих деталей штампов для V-образной гибки при длине $l \leq 50 \text{ мм}$ (см. рис. 1.7)

$s, \text{ мм}$	$h_m, \text{ мм}$	$H_m, \text{ мм}$	$s, \text{ мм}$	$h_m, \text{ мм}$	$H_m, \text{ мм}$
До 0,5	2	12	Св. 3 до 4	15	35-40
Св. 0,5 до 1	4	19	Св. 4 до 5	18	43-48
Св. 1 до 2	7	22-27	Св. 5 до 6	22	47-52
Св. 2 до 3	12	32-37	Св. 6 до 7	25	55-56
			Св. 7 до 10	30-36	60-76

Таблица 1.12

Длина C_m наклонной части рабочего профиля матрицы для V-образной гибки при длине полки $l > 50 \text{ мм}$ (см. рис. 1.7)

Толщина материала, мм	Длина полки $l, \text{ мм}$			
	Св. 50 до 75	Св. 75 до 100	Св. 100 до 150	Св. 150 до 200
До 1	18 - 25	25 - 30	30 - 35	35 - 40
Св. 1 до 2	20 - 25	25 - 30	30 - 35	35 - 45
Св. 2 до 4	25 - 30	30 - 35	35 - 40	40 - 50
Св. 4 до 6	30 - 35	35 - 40	40 - 45	45 - 50
Св. 6 до 10	35 - 40	40 - 45	45 - 50	50 - 60

Длину наклонной поверхности пуансона, непосредственно прилегающей к штампуемой детали, принимают такой, чтобы вертикаль, проведенная через крайнюю точку касания штампуемой детали с поверхностью матрицы, проходила через крайнюю точку касания штампуемой детали с поверхностью пуансона. Во всех случаях ширина касания пуансона с деталью должна быть не более ширины касания матрицы с деталью. Ширину A_n принимают на 5 – 10 мм больше ширины касания пуансона со штампуемой деталью. Толщину пуансонодержателя H_{nn} принимают равной (0,3 – 0,5) A_n . Длину пуансона (мм) вычисляют по формуле

$$H_n = h_m + H_{nn} + (20 \div 25). \quad (1.26)$$

Матрицу изготавливают цельной (рис. 1.7 а) или сборной (рис. 1.7 б). В последнем случае ее врезают в матрицедержатель или плиту.

Расположение и число винтов и штифтов для крепления матрицы можно принимать по аналогии с приведенными данными для матриц разделительных штампов.

При П-образной гибке методика определения исполнительных размеров матрицы и пуансона зависит от варианта простановки размеров на чертеже детали.

Если на чертеже детали задан наружный размер $A_{\Delta\Delta}$, то исполнительный размер матрицы (см. рис. 1.8)

$$A_M = (A_{\Delta} - K_{\Delta}\Delta) + \delta''_M; \quad (1.27)$$

где A_{Δ} – номинальный размер детали после гибки; K_{Δ} – коэффициент, определяющий долю допуска; $K_{\Delta} = 0,4 - 0,5$; Δ – предельное отклонение размера детали; δ''_M – предельное отклонение на размер A_M , определяемое из зависимости

$$\delta''_M = 0,8 K_{\Delta} \Delta; \quad (1.28)$$

Если значение δ''_M окажется в пределах одиннадцатого качества, то посадку выталкивателя в полости матрицы выполняют по H11/d11. При необходимости применяют более высокий классификатор.

Пуансон при этом изготавливают с размером

$$A_n = (A_M - 2z_{\Delta\Delta}) - \delta''_n; \quad (1.29)$$

где $z_{\Delta\Delta}$ – односторонний зазор;

$$z_{\Delta\Delta} = s_{max} + sK_z; \quad (1.30)$$

где s_{max} – наибольшая возможная (допускаемая соответствующим стандартом) толщина листа, из которой штампуется деталь; K_z – коэффициент, определяемый по таблице 1.13

Предельное отклонение на размер пуансона принимают равным

$$\delta''_n = 0,8 \delta''_M. \quad (1.31)$$

Таблица 1.13

Значение коэффициента K_z

$l, \text{мм}$	Толщина заготовки								
	До 1	Св.1 до 2	Св.2 до 3	Св.3 до 4	Св.4 до 5	Св.5 до 6	Св.6 до 7	Св.7 до 8	Св.8 до 10
До 25	0,01	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05
Св.25 до 50	0,15	0,10	0,10	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06
Св. 50 до 100	0,18	0,15	0,15	0,01	0,01	0,09	0,09	0,08	0,07
Св. 100	0,20	0,18	0,18	0,12	0,12	0,11	0,10	0,10	0,08

Радиус закругления и глубина матрицы для П-образной гибки для случая, показанного на рис. 1.8, принимают по таблице 1.14, на рис. 1.9 – по таблице 1.15. В первом случае общая толщина матрицы $H_m = r'_m + h'_m + h''_m$, где размер h''_m определяют конструктивно в зависимости от значения A_m , причем должно быть $h''_m \geq 0,1 A_m$.

1.7.2. Конструкторско-технологические схемы гибочных штампов

Простейшие типовые схемы штампов для V-образной и П-образной гибки приведены выше на рис. 1.7 – 1.9. Примененные в них конструктивные решения и принятые зависимости являются основой для проектирования и других более сложных штампов. В частности, особенность штампа, показанного на рис. 1.9, состоит в том, что благодаря примененному в его конструкции съёмнику 8, штамп является безопасным в работе. Заготовка z укладывается пинцетом под съёмник, который одновременно является трафаретом. В процессе гибки деталь занимает положение d . После ее выталкивания и выхода пуансона из окна съёмника деталь падает на поверхность выталкивателя и оттуда сталкивается за зону штампа (положение e) или сдувается сжатым воздухом.

При конструировании штампов следует учитывать ряд особенностей, вытекающих из необходимости учета пружинения деталей после гибки.

Определенной компенсации пружинения детали можно достичь за счет введения на пуансоне двух скосов под углом $\Delta\varphi_n$ и применения при этом заниженных зазоров между матрицей и пуансоном (рис. 1.10 а). Пружинение можно также компенсировать путем образования в горизонтальной полке штампуемой детали выпуклости с углом ее касательной к горизонтали $\Delta\varphi_n$. После гибки пружинение этой полки компенсирует пружинение в углах детали (рис. 1.10 б).

Для того, чтобы при этом исключить жесткий удар при ходе пресса, выпуклость на выталкивателе и выемку на пуансоне следует выполнить, как показано на рис. 1.10 в.

Таблица 1.14

Размер матрицы штампа для П-образной гибки (см. рис. 1.8)

l, мм	Толщина штампуемого материала s, мм															
	До 0,5		Св. 0,5 до 2		Св. 2 до 4		Св. 4 до 5		Св. 5 до 6		Св. 6 до 7		Св. 7 до 8		Св. 8 до 10	
	r _м	h _м	r _м	h _м	r _м	h _м	r _м	h _м	r _м	h _м	r _м	h _м	r _м	h _м	r _м	h _м
До 10	2	6	3	10	4	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Св. 10 до 20	2	8	4	12	5	15	5	20	-	-	-	-	-	-	-	-
Св. 20 до 35	2	12	4	15	5	20	5	25	-	-	-	-	-	-	-	-
Св. 35 до 50	3	15	4	20	6	25	5	30	-	-	-	-	-	-	-	-
Св. 50 до 75	3	20	5	25	6	30	5	35	6	35	-	-	-	-	-	-
Св. 75 до 100	-	-	5	30	8	35	5	40	6	40	7	40	8	40	-	-
Св. 100 до 150	-	-	5	35	8	40	5	50	6	50	7	50	8	50	10	60
Св. 150 до 200	-	-	5	45	8	55	5	65	6	65	7	65	8	65	10	80

Таблица 1.15

Размеры матрицы штампа для П-образной гибки с полным опусканием полки детали в полость матрицы (см. рис. 1.9)

$s, \text{мм}$	r'_m	h'_m	$s, \text{мм}$	r'_m	h'_m
До 1	3	$l+6$	Св. 4 до 5	10	$l+18$
Св. 1 до 2	5	$l+9$	Св. 5 до 7	12	$l+25$
Св. 2 до 3	7	$l+12$	Св. 7 до 8	13	$l+33$
Св. 3 до 4	9	$l+15$	Св. 8 до 10	15	$l+40$

При этом принимают угол $\Delta\varphi'_n = (1.5+1,8) \Delta\varphi_n$ и уточняют его значение геометрическим построением профиля. Компенсацию пружинения можно обеспечить также за счет поворотных (рис. 1.10 з) полуматриц и соответствующих скосов на пуансоне. В штампе подобной конструкции могут быть получены также детали с полками, составляющими с горизонтальным основанием угол $\beta_2 < 90^\circ$ (рис. 1.10,е). Аналогично компенсация пружинения или гибка детали с полками, образующими с основанием угол, меньший 90° , могут быть обеспечены в штампах с полуматрицами, перемещающимися клинья (рис. 1.10,ж – исходное положение, рис. 1.10,з – рабочее положение). Исключить пружинение без применения дополнительных устройств можно путем гибки с утонением стенок за счет занижения зазора между пуансоном и матрицей до 75 – 70% номинальной толщины металла, подвергаемого гибке, – для мягкой стали, до 80 – 75% – для латуни и до 73 – 65% – для алюминия. При этом требуется увеличенное усилие гибки. Для обеспечения чистого изгиба без растяжения полок при П-образной гибке применяют конструкцию штампа с поворотными полуматрицами, шарнирно соединенными с выталкивателем (рис. 1.11, а). При этом компенсируется пружинение детали. Гибка с правкой и калибровкой горизонтального основания и полок детали обеспечивается применением подвижных полуматриц (рис. 1.11,б) или подвижных вкладышей пуансона (рис. 1.11,в). Последний случай характеризуется облегченным съемом детали с пуансона. Аналогичные правка и калибровка обеспечиваются также применением подвижных полуматриц, перемещающихся под воздействием выступа пуансона (рис. 1.11,г). Для гибки детали сложной формы могут быть применены схемы штампов, приведенные на рис. 1.11, д и е.

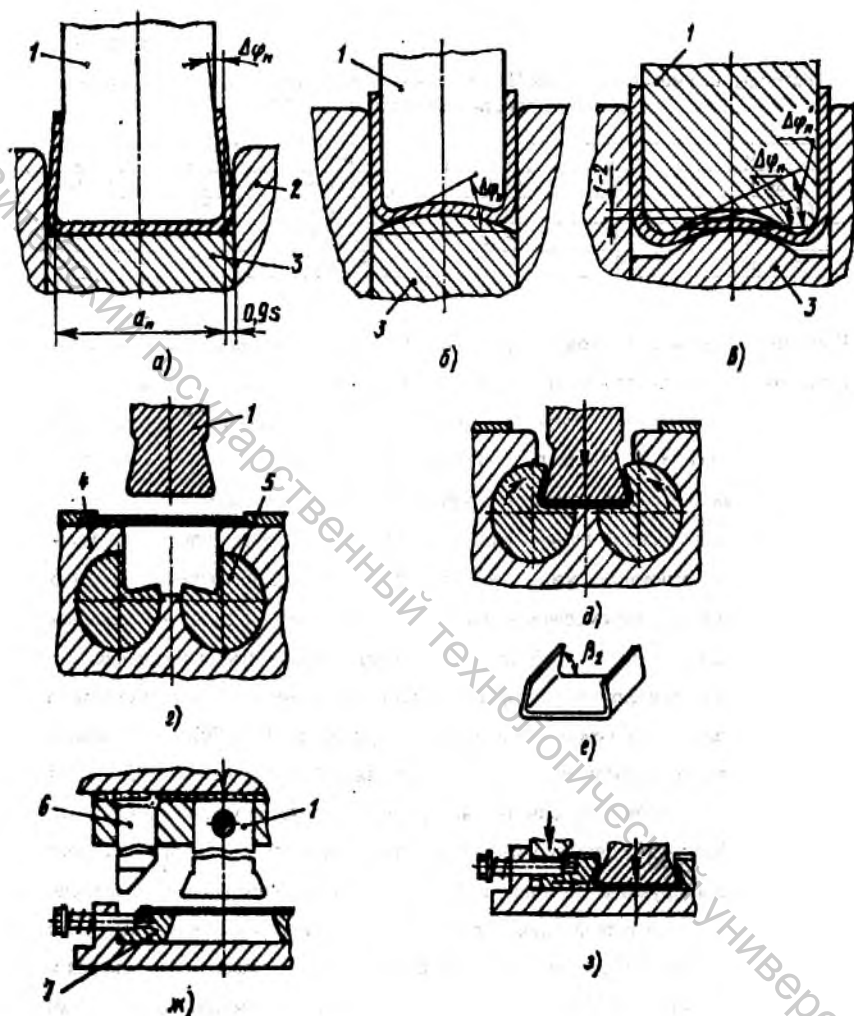


Рис. 1.10 Конструкции элементов штампа, обеспечивающие компенсацию пружинения детали:

1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – выталкиватель; 4 – основание матрицы; 5 – поворотная полуматрица; 6 – клин; 7 – подвижная полуматрица

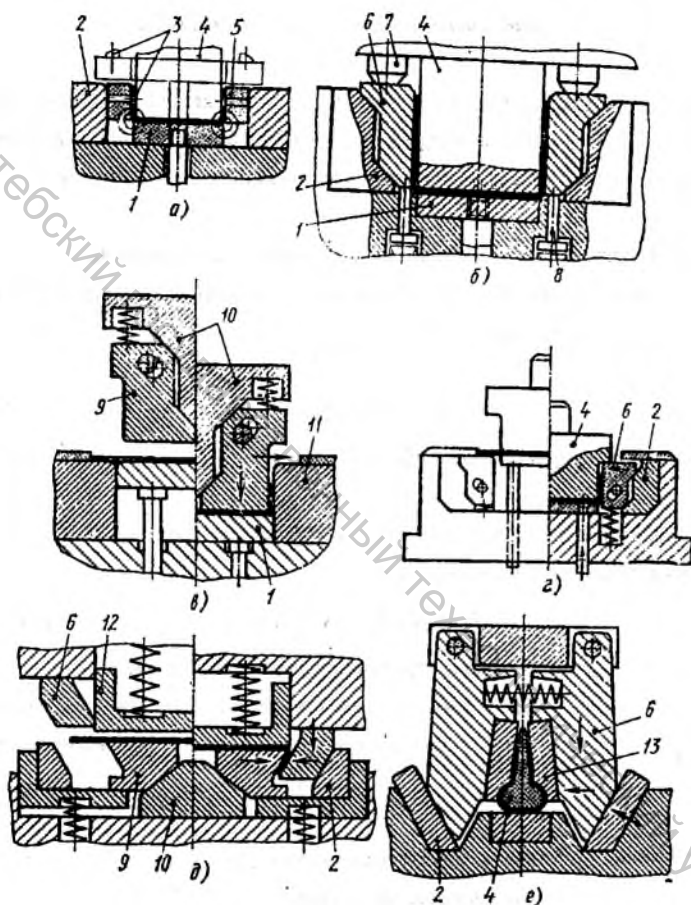


Рис. 1.11 Конструктивное исполнение рабочих узлов с подвижными элементами:

1 – выталкиватель; 2 – основание матрицы; 3 – фиксаторы; 4 – пуансон; 5 – поворотные полуматрицы; 6 – подвижные полуматрицы; 7 – упор-толкатель; 8 – толкатель; 9 – подвижный вкладыш пуансона; 10 – основание пуансона; 11 – матрица; 12 – прижим; 13 – вкладыш матрицы

1.8. ВЫТЯЖКА БЕЗ УТОНЕНИЯ СТЕНОК

1.8.1. Расчет основных технологических параметров

Размеры исходной заготовки. Исходной заготовкой для деталей типа тел вращения является круг. Диаметр круга определяют исходя из требуемой формы и размеров штампуемой детали. При этом исходят из условия равенства площадей поверхности заготовок и детали.

Площадь поверхности тела вращения, образованной кривой произвольной формы при вращении ее вокруг оси, находящейся в той же плоскости, равна произведению длины образующей на путь ее центра тяжести (длины окружности, описанной центром тяжести образующей).

$$F = 2\pi R_s L; \quad (1.32)$$

где F – площадь поверхности тела вращения в мм²;

L – длина образующей, равная $l_1 + l_2 + \dots + l_n$, в мм;

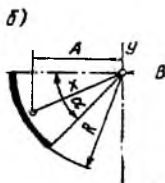
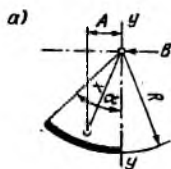
R_s – расстояние от оси до центра тяжести образующей в мм.

Диаметр заготовки находится по формуле

$$D = \sqrt{8LR_s} = \sqrt{8\sum lr}; \quad (1.33)$$

где $LR_s = \sum lr$ (r – расстояние до центра тяжести элементов образующей).

Для прямых отрезков центр тяжести расположен посередине. Для частей окружности (рис. 1.12) положение центра тяжести находится по таблице 1.16.



Радиус центра тяжести дуги составляет:

для выпуклых закруглений

$$r = B + A; \quad (1.34)$$

для вогнутых закруглений

$$r = B - A; \quad (1.35)$$

где B – расстояние от оси до центра закругления (рис. 1.12).

Определяют длину участков образующей: для прямых участков $l_1, \dots, l_n$ – по чертежу, а для дуг – как для части длины ок -

Рис. 1.12. Положение цент -
ров тяжести отрезка дуги
ружности. Перемножают длину участков l и радиусы цент -
ров тяжести r , суммируют и находят

$$\Sigma lr = l_1 r_1 + l_2 r_2 + \dots + l_n r_n; \quad (1.36)$$

По величине суммы по формуле $D = \sqrt{8 \Sigma lr}$ находят искомый диаметр заготовки.

Таблица 1.16

Положение центра тяжести отрезка дуги

Центральный угол дуги α , °	Расстояние A до вертикальной оси yy		Расстояние от центра тяжести дуги до центра закругления x
	для углов, примыкающих к вертикали (рис.1.12,а)	для углов, примыкающих к горизонтали (рис. 1.12,б)	
30	0,255R	0,955R	0,988R
45	0,373R	0,901R	0,978R
60	0,478R	0,827R	0,955R
90	0,637R	0,637R	0,90R

Число операций и размеры полуфабрикатов. Число вытяжных операций, необходимых для изготовления цилиндрических деталей без фланца, зависит от отношения высоты вытягиваемой детали h к диаметру d , отношения толщины S заготовки к диаметру D .

Число потребных вытяжных операций деталей из материалов с удовлетворительными пластическими свойствами (сталь для глубокой вытяжки, латунь) может быть выбрано из следующих данных:

h/d	<0,6	1,4	2,5	4	7	12
Число вытяжных операций.....	1	2	3	4	5	6

Если деталь имеет фланец, число вытяжных операций, помимо параметров деталей без фланца, зависит от отношения диаметра фланца D_f к диаметру цилиндрической части d и значения радиуса перехода r_m от фланца к стенкам; последний должен быть $(3+2)S$ (чем толще стенки детали, тем меньше коэффициент (см. табл. 1.17).

Таблица 1.17

D_f/d	h/d		
	0,5	1	2
	число операций вытяжки		
1,5	1	2	3
2	2	3	4
3	3	4	5

Расчет пооперационных размеров деталей производится по коэффициентам вытяжки. Коэффициенты вытяжки цилиндрических деталей без фланца выражают отношения

$$\begin{aligned} \text{для первой вытяжки} \quad m_1 &= d_1 / D; \\ \text{для второй вытяжки} \quad m_2 &= d_2 / d_1; \\ \text{для последующих} \quad m_n &= d_n / d_{n-1}; \end{aligned} \quad (1.37)$$

Установив правильную величину коэффициентов вытяжки по операциям, находят размеры последующих вытяжек:

$$\begin{aligned} d_1 &= m_1 D; \\ d_2 &= m_2 d_1; \\ d_n &= m_n d_{n-1}; \end{aligned} \quad (1.38)$$

Общий итоговый коэффициент вытяжки

$$m = d_n / D \quad (1.39)$$

где d_n – наружный диаметр вытягиваемой детали; D – диаметр заготовки, мм

При вытяжке детали за несколько операций необходимо установить коэффициенты вытяжки для каждой отдельной операции, исходя из того, что их произведение должно быть равно итоговому коэффициенту вытяжки, т.е.

$$m = m_1 m_2 \dots m_n; \quad (1.40)$$

Таблица 1.18

Коэффициенты вытяжки цилиндрических деталей без фланца

Обозначения коэффициента вытяжки	Значения коэффициента при относительной толщине S/D 100				
	2 – 1,5	1,5-1,0	1,0 – 0,5	0,5 – 0,2	0,2 – 0,06
m_1	0,46 – 0,50	0,50 – 0,53	0,53 – 0,56	0,56 – 0,58	0,58 – 0,60
m_2	0,70 – 0,72	0,72 – 0,74	0,74 – 0,76	0,76 – 0,78	0,78 – 0,80
m_3	0,72 – 0,74	0,74 – 0,76	0,76 – 0,78	0,78 – 0,80	0,80 – 0,82
m_4	0,74 – 0,76	0,76 – 0,78	0,78 – 0,80	0,80 – 0,82	0,82 – 0,84
m_5	0,76 – 0,78	0,78 – 0,80	0,80 – 0,82	0,82 – 0,84	0,84 – 0,86

Глубину вытяжки после каждой операции определяют, исходя из неизменности площади поверхности исходной заготовки в процессе вытяжки. Следует учитывать, что после первой вытяжки детали диаметр фланца должен соответствовать окончательному диаметру фланца и в процессе вытяжек изменяться не должен.

Необходимость применения прижима определяют в соответствии с таблицей 1.19

Таблица 1.19

Условия выполнения вытяжки

Операция вытяжки	С прижимом	С прижимом или без прижима	Без прижима
Первая	$D_3 - d_1 > 22s$	$D_3 - d_1 = 22s$	$D_3 - d_1 < 22s$
Последующие	$\frac{100s}{d_{n-1}} < 1,25$	$\frac{100s}{d_{n-1}} = 1,25 \div 1,5$	$\frac{100s}{d_{n-1}} > 1,5$

Усилие вытяжки приближенно вычисляют по формуле

$$P_{em} = \pi ds K_{em} \sigma_s; \quad (1.41)$$

где d – диаметр детали, вытягиваемой после данной операции (по средней линии), мм; s – толщина материала, мм; K_{em} – коэффициент, зависящий от коэффициента вытяжки (см. приложение 4); σ_s – предел прочности штампующего материала при растяжении, МПа.

Усилие $P_{прж}$ – прижима фланца (Н)

$$P_{прж} = q_{прж} F_{прж}; \quad (1.42)$$

где $q_{прж}$ – удельное усилие прижима, Н/мм² (см. приложение 4); $F_{прж}$ – площадь части заготовки, зажатой между матрицей и прижимным кольцом, мм².

1.8.2. Конструктивные размеры матриц и пуансонов

Допуски на изделия при многооперационной вытяжке учитываются только на конечных операциях. Исполнительные размеры рабочих деталей на промежуточных операциях устанавливают в соответствии с расчетными размерами, а на конечных операциях их устанавливают с учетом допусков на изделия. Если допуск на детали задан по наружному размеру (рис. 1.13), то принимают:

$$\text{размер матрицы} \quad L_M = (L - \Delta)^{+\delta_n} \quad (1.43)$$

$$\text{размер пуансона} \quad L_n = (L - \Delta + 2z_{em})_{-\delta_n} \quad (1.44)$$

где L – номинальный размер изделия; Δ – допуск на размер изделия; z_{em} – односторонний зазор при вытяжке; L_n и L_M – номинальные размеры пуансона и матрицы; δ_n и δ_M – допуски на размеры пуансона и матрицы.

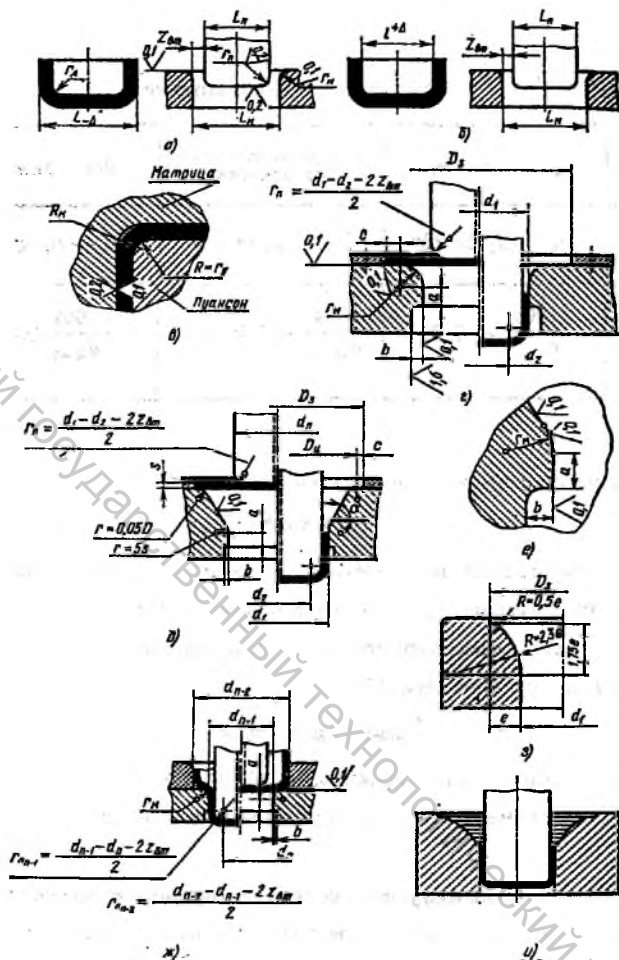


Рис. 1.13. Исполнительные размеры и конструктивное исполнение рабочих элементов штампа [3]:

а – исполнительные размеры пуансона и матрицы при задании наружного размера штампуемой детали; *б* – то же, при задании внутреннего размера; *в* – закругления пуансона и матрицы в сечении, перпендикулярном к оси пуансона; *г* – оформление рабочих элементов при вытяжке без прижима из плоской заготовки в матрице с закругленной рабочей кромкой; *д* – то же, в матрице с конической рабочей частью; *е* – коническая часть матрицы; *ж* – оформление рабочих элементов для последующих вытяжек без прижима; *з* – матрица для первой вытяжки без прижима с эвольвентной поверхностью рабочей части; *и* – то же с криволинейной поверхностью, на которую нанесены кольцевые риски с закругленными кромками

то

Если допуск на размер изделия задан по его внутреннему размеру l (рис. 1.13 б),

$$L_n = (l + 0,5\Delta)_{-\delta} ; \quad (1.45)$$

$$L_m = (l + 0,5\Delta + 2z_{\text{см}})^{+\delta} . \quad (1.46)$$

Зазор $z_{\text{см}}$ – (мм) при вытяжке круглых деталей без утонения материала можно определять по следующим формулам:

$$\text{для стали} \quad z_{\text{см}} = s + 0,07\sqrt{10s} ; \quad (1.47)$$

$$\text{для алюминия} \quad z_{\text{см}} = s + 0,02\sqrt{10s} ; \quad (1.48)$$

$$\begin{aligned} &\text{для других цветных металлов} \\ &\text{и сплавов} \quad z_{\text{см}} = s + 0,04\sqrt{10s} \end{aligned} \quad (1.49)$$

где s – номинальная толщина штампуемого материала. Однако ввиду отклонений от номинального значения толщины, которые могут быть направлены как в сторону ее уменьшения, так и в сторону ее увеличения, решение данного вопроса часто ставят в зависимость от конкретных поставок материала, характеризующегося определенными допусками.

На основании экспериментальных данных установлено, что среднее значение зазора должно составлять: при вытяжке из мягкой стали для первой операции $(1,35 \div 1,50)s$; для последующих операций $(1,20 \div 1,30)s$; при вытяжке из алюминия и латуни соответственно $(1,30 \div 1,40)s$ для первой операции и $(1,29 \div 1,25)s$ – для последующих операций. Калибровочная (последняя операция) осуществляется при зазоре $(1,0 \div 1,1)s$. Иногда для получения гладкой поверхности изделия принято на последующих операциях увеличивать зазор, принимая его для первой операции $(1,20 \div 1,30)s$, а для последующих – $(1,25 \div 1,35)s$. При глубокой вытяжке из тонколистового материала на прессах двойного действия с помощью штампов, рабочие детали которых изготовлены из чугуна, наибольшая стойкость штампов получается на первой операции – при зазорах $(1,40 \div 1,50)s$, на второй и последующих операциях – $(1,55 \div 1,65)s$.

Квалитет при изготовлении пуансона и матрицы определяют в зависимости от квалитета на штампуемую деталь:

На изделие.....	11 – 12	13 – 14
На пуансон и матрицу.....	6	8

1.8.3. Штампы для вытяжки

Штампы вытяжные бывают без прижима (рис. 1.14) и с прижимом (рис. 1.15). Представленный на рис. 1.14, а штамп предназначен для первой операции вытяжки. Штамп, представленный на рис. 1.14, б, может быть использован для второй, третьей и т.д. вытяжек на провал.

В штампах с прижимом (рис. 1.15) целесообразным является прижим, работающий от сжатого воздуха, так как он обеспечивает постоянство давления в течение всего процесса вытяжки.

Прижимы, работающие от пружины или резинового буфера, обеспечивают неравномерное давление: в начале вытяжки сила прижима недостаточная, что приводит к образованию складок, а в конце вытяжки она может быть чрезмерно большой, что приводит к обрыву вытягиваемых деталей.

Штамп, предназначенный на рис. 1.16, предназначен для вырубки заготовки и вытяжки стакана с фланцем. Полоса исходного материала подается между упорами 6 до ловителя 7. При ходе ползуна вниз прижимом 8 полоса исходного материала прижимается к поверхности матрицы 1, затем пуансон-матрица 4 осуществляет вырубку заготовки и при дальнейшем ходе своей внутренней поверхностью выполняет вытяжку на пуансоне 3. Прижимное кольцо 2 при этом опускается и предотвращает складкообразование. При обратном ходе буферное устройство через толкатели поднимает пружинное кольцо 2 и снимает вытянутый стакан с пуансона 3. Стакан остается в полости пуансон-матрицы и извлекается выталкивателем 5.

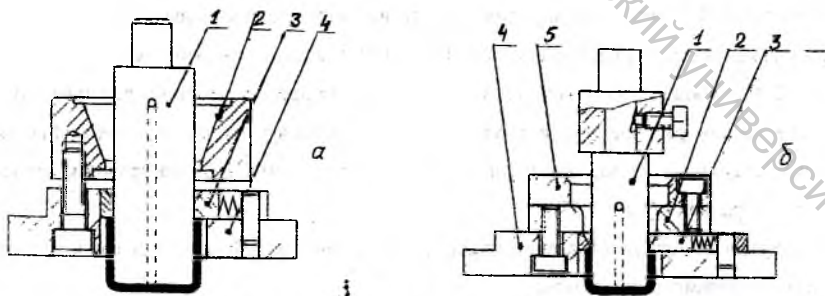


Рис. 1.14 Пакеты штампов для вытяжки без прижима (на провал)

1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – съемник; 4 – плита; 5 – трафарет

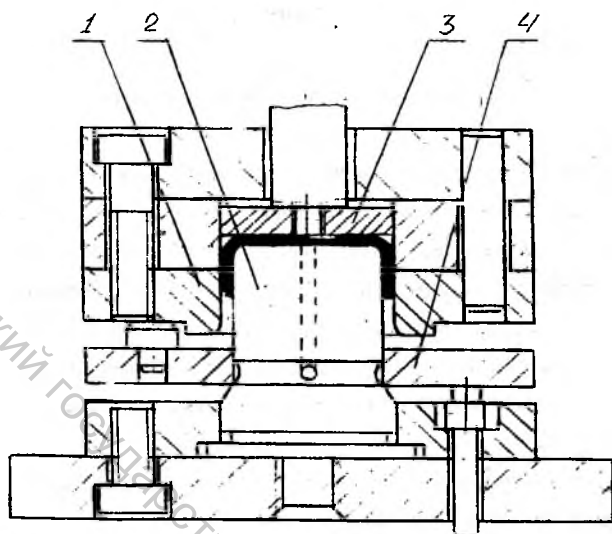


Рис. 1.15 Пакет вытяжного штампа с прижимом

1 – матрица; 2 – пуансон; 3 – выталкиватель; 4 – прижим

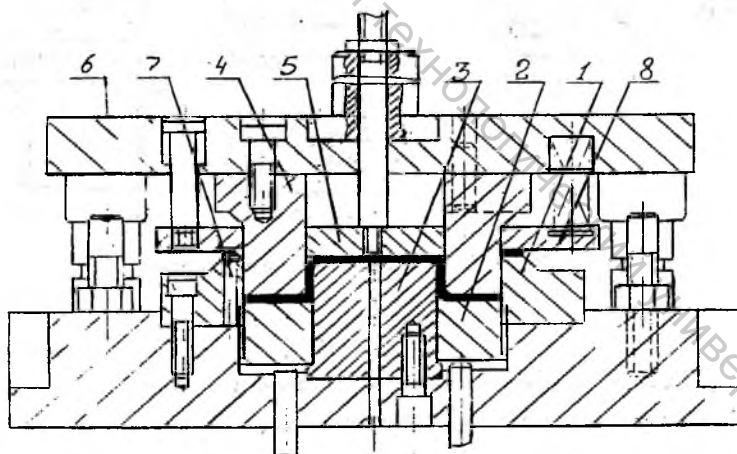


Рис. 1.16 Комбинированный штамп для одновременной вырубки и вытяжки

1 – матрица вырубная; 2 – прижимное кольцо; 3 – пуансон; 4 – пуансон-матрица;
5 – выталкиватель; 6 – упор; 7 – ловитель; 8 – прижим

1.9. ОТБОРТОВКА

Определение основных технологических параметров

Под отбортовкой понимают операцию, в результате которой по внутреннему или наружному контуру заготовки образуется борт. Успешное проведение процесса отбортовки зависит от способа получения отверстия под отбортовку. Отверстие может быть получено пробивкой или сверлением. Первый способ более производительный, но допускает меньшую степень деформации при отбортовке из-за наклепа, заусенцев и микротрещин, второй – менее производительный, но допускает большую степень деформации. Для круглых отверстий иногда прибегают к комбинированному способу, т.е. вначале пробивают, а затем рассверливают пробитое отверстие.

Для круглых отверстий коэффициент отбортовки определяют отношением диаметров отверстий до и после отбортовки

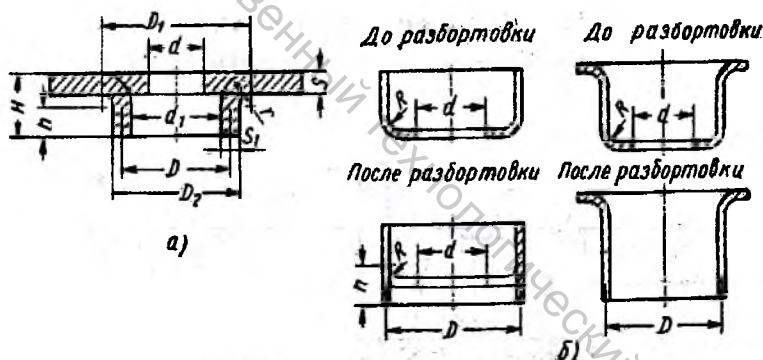


Рис. 1.17. Детали, получаемые отбортовкой

$$m = d / D; \quad (1.50)$$

В таблице 1.20 приведены значения коэффициентов отбортовки для круглых отверстий, отбортовываемых цилиндрическим пуансоном.

Определяем геометрические параметры борта деталей с круглым отверстием (рис. 1.17,а)

$$H = \frac{D-d}{2} + 0,43r + 0,72S; \quad (1.51)$$

$$h = \frac{D^2 - d^2 - 2r_1[D(\pi - 2) + 2r_1(\pi - 3)]}{4D}; \quad (1.52)$$

$$r_1 = r + 0,5S; \quad (1.53)$$

Таблица 1.20[1]

МАТЕРИАЛ	Коэффициент отбортовки	
	m	m_{min}
Сталь мягкая с относительным удлинением 20 – 30%	0,72	0,68
Сталь мягкая с относительным удлинением 20 – 25%	0,78	0,75
Латунь Л62, Л68	0,68	0,62
Алюминий и АМц	0,70	0,64
Титановые сплавы:		
BT1 в холодном состоянии.....	0,64-0,68	0,55
BT5 в холодном состоянии.....	0,85-0,9	0,75
BT1 при нагреве на 300 – 400 ° С.....	0,6-0,5	0,45
BT5 при нагреве на 500 – 600 ° С.....	0,7-0,65	0,55
ПРИМЕЧАНИЯ: 1. Значения m_{min} следует принимать лишь в случаях, если отверстие под отбортовку получают сверлением. 2. Таблица составлена для относительной толщины заготовок $(S/d)100 < 5$. Если $(S/d)100 > 5$, коэффициент отбортовки меньше на 5 – 15%. 3. Приведенные данные относятся к материалам толщиной S до 6 мм.		

Если отбортовка используется для увеличения высоты стенок у кольцевых деталей и деталей с фланцами (рис. 1.17,б), то необходимо рассчитать радиус закругления, который зависит от толщины металла.

$$S < 2\text{ мм} \quad R = (3 + 5)S; \quad (1.54)$$

$$S > 2\text{ мм} \quad R = (2 + 3)S.$$

Высоту и радиус закругления отбортовываемого участка вычисляют по формулам

$$h = \frac{D - d}{2} + 0,52R; \quad (1.55)$$

$$R_1 = R + 0,5S. \quad (1.56)$$

Усилие отбортовки круглых отверстий цилиндрическим пуансоном рассчитывают по формуле

$$P = 4,71(D-d)S\sigma_m; \quad (1.57)$$

Конструктивное оформление пуансонов и матриц. Для отбортовки мелких отверстий, особенно отверстий в материале большой толщины, т.е. когда $d/2S < 1,7 \div 2$ и отбортовываемая часть не получает должного оформления вследствие смятия краев стенки, необходимо совмещать пробивку и отбортовку, придавая пуансонам одну из форм, показанных на рис. 1.18 а-г. Особенностью пуансона, показанного на рис. 1.18 а, является конусная вершина с углом 120° и диаметром $d_1/2$ (d_1 – диаметр отверстия после отбортовки в мм).

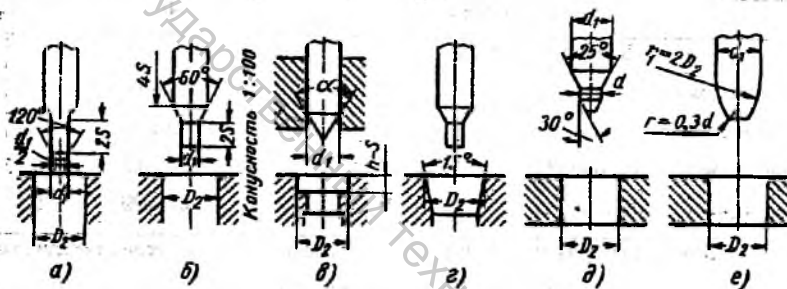


Рис. 1.18 Схема рабочих частей штампов для отбортовки

Форма пуансона (см. рис. 1.18 б) представляет собой сочетание цилиндра и конуса; она облегчает съем, но не обеспечивает получения цилиндрического отверстия.

Пуансон, показанный на рис. 1.18 в, заканчивается острием. Угол конуса α для заготовок толщиной $S > 1,5$ мм равен 60° , а для $S < 1,5$ мм он равен 55° . Пуансон направляется втулкой. Матрица в этом случае имеет ступенчатую форму. В расточке диаметром D_2 размещается весь борт детали. Форма пуансона, показанная на рис. 1.18 г, подобна показанной на рис. 1.18 б, но рабочая полость матрицы выполнена конусной с углом 15° . Усилие отбортовки с помощью пуансонов, осуществляющих одновременно пробивку и отбортовку, в 2 – 2,5 раза больше усилия обычного пуансона для пробивки отверстий под отбортовку.

Пуансоны на рис. 1.18 д, е, используются при наличии предварительно пробитых отверстий до 10 мм, когда требуется применение ловителя.

Особые способы отбортовки. Кроме рассмотренной традиционной отбортовки плоской заготовки с предварительно пробитым отверстием, существуют другие способы получения горловин. К их числу относятся: отбортовка с наложением сжимающих осевых нормальных давлений по кромке отверстия (рис. 1.19 а), отбортовка с наложением радиальных давлений по кромке отверстия (рис. 1.19 б), отбортовка с предварительным выглаживанием боковой поверхности отверстия конусным пуансоном (рис. 1.19 в), отбортовка с наложением нормальных осевых напряжений в конечный момент деформирования (рис. 1.19 г), совмещение отбортовки с предварительной формовкой выступа для горловины и пробивкой отверстия (рис. 1.19 д) и др. [5]. Наложение сжимающих давлений на очаг деформации способствует повышению предельно допустимой степени деформации. Выглаживание кромки отверстия коническим пуансоном устраняет микротрещины, появляющиеся при пробивке технологического отверстия, что также способствует повышению степени деформации.

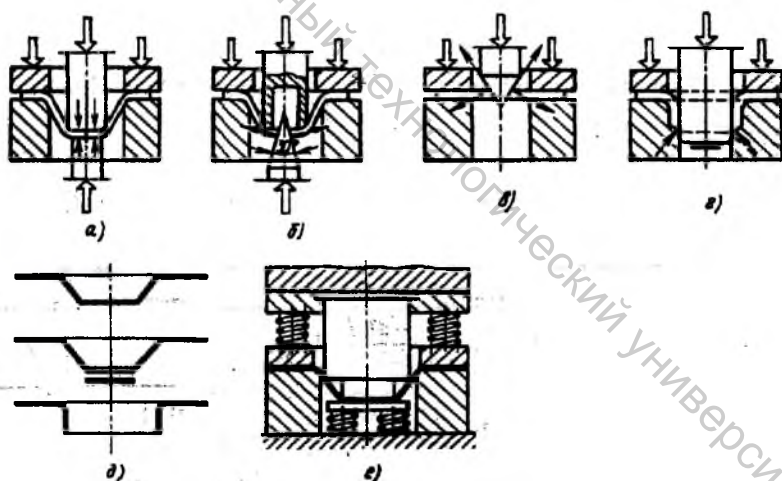


Рис. 1.19 Особые способы отбортовки

1.10. ОБЖИМ ПУСТОТЕЛЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК

Обжим – операция, предусматривающая сужение концевой части заготовки. В результате заготовка принимает форму усеченного конуса, цилиндра или сферы (рис. 1.20).

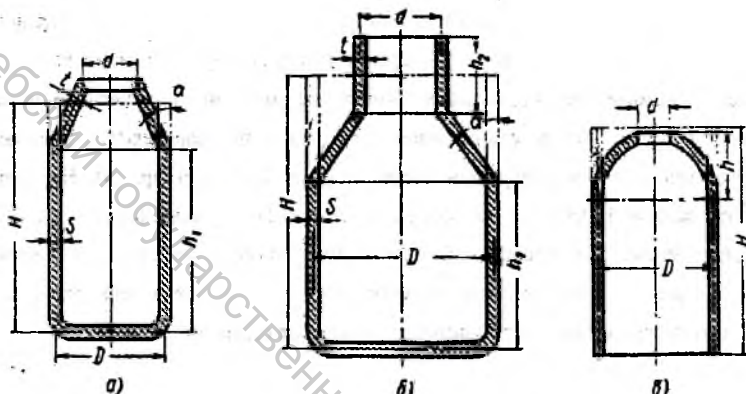


Рис.1.20. Детали, получаемые обжимом

Начальная высота цилиндра определяется, соответственно, по формулам (см. рис. 1.20 и таблицу 1.21).

Таблица 1.21

Формулы для расчета высоты заготовки при обжиме

Формула	Рисунок
$H = 1,05 \left[h_1 + \frac{D^2 - d^2}{8D \sin \alpha} \left(1 + \sqrt{\frac{D}{d}} \right) \right]$	1.20, а
$H = 1,05 \left[h_1 + h \sqrt{\frac{d}{D}} + \frac{D^2 - d^2}{8D \sin \alpha} \left(1 + \sqrt{\frac{D}{d}} \right) \right]$ (h — высота обжатой части детали, конус и цилиндр диаметром d в мм)	1.20, б
$H = h_1 + \frac{1}{4} \left(1 + \sqrt{\frac{D}{d}} \right) \sqrt{D^2 - d^2}$ (h1 — высота цилиндра в мм)	1.20, в

Количество обжимных операций определяют по формуле

$$n = \frac{\lg d - \lg(m_1 D)}{\lg m_{cp}}, \quad (1.58)$$

где $m_1 = d/D$; d – диаметр после обжима, мм; D – диаметр до обжима; m_{cp} – средний коэффициент обжима на каждой операции.

$$m_{cp} = d_1 / D = d_2 / d_1 \text{ и т.д.} \quad (1.59)$$

Величина m_{cp} зависит от механических свойств штампуемого материала, соотношения диаметра и толщины стенки, конструкции штампа, геометрии рабочей полости матрицы, коэффициента трения на поверхности контакта.

Ориентировочно коэффициент обжима может быть принят в соответствии с таблицей 1.22[1].

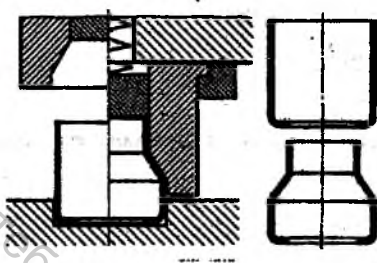
Таблица 1.22

Коэффициенты обжима

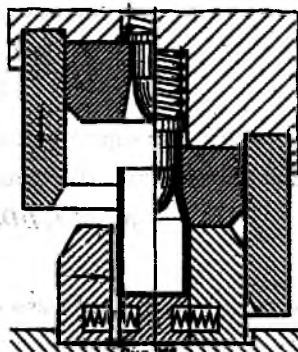
Материал детали	Тип штампа		
	без подпора	с подпором снаружи	с подпором снаружи и изнутри
Сталь мягкая	0,70-0,75	0,55-0,60	0,30-0,35
Латунь Л62, Л68	0,65-0,70	0,50-0,55	0,27-0,32
Алюминий и АМц	0,68-0,72	0,53-0,57	0,27-0,32
Дуралюмин:			
отожженный.....	0,73-0,80	0,60-0,63	0,35-0,40
закаленный.....	0,75-0,80	0,68-0,72	0,40-0,43

Конструкция штампов для обжима изменяется в зависимости от степени деформации. Если степень деформации близка к критической, возможна местная потеря устойчивости и образование складок. В этом случае применяют полузакрытые штампы с пластичным противодавлением (подпором), передаваемым цилиндрическому участку заготовки неподвижной втулкой, закрепленной на нижней плите штампа.

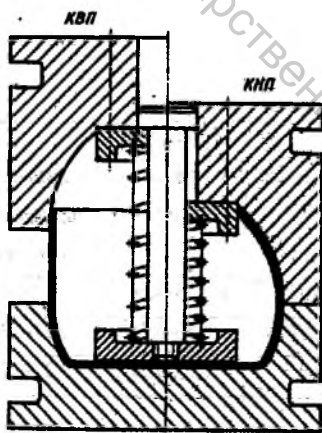
Ниже приведены основные технологические схемы обжимных штампов.



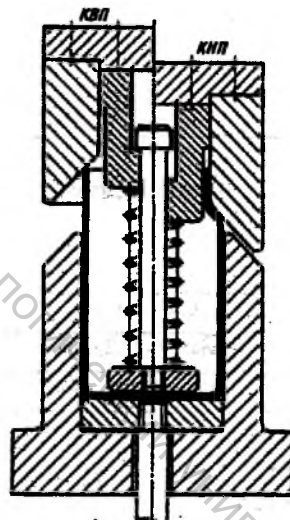
а)



б)



в)



г)

Рис. 1.21. Схемы обжима

а) горловины; б) конца трубы; в) сосуда; г) горловины

1.11. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ И ИЗГОТОВЛЕНИЮ ШТАМПОВ

Изготовленный и принятый в эксплуатацию штамп должен прежде всего обеспечивать получение деталей в соответствии с технической документацией, безопасность работы и возможность ремонта. Штамп должен удовлетворять также ряду специальных требований, оговариваемых техническими условиями.

В конструкциях штампов, имеющих рабочие детали из твердых сплавов или твердосплавные вставки, должны быть применены шариковые, роликовые или другие направляющие узлы, обеспечивающие надежность работы штампа.

Рабочие детали штампов сложной конфигурации допускается делать секционными. Длина секций определяется технологическими возможностями изготовителя (но не более 300 мм). Крепление секций должно исключать возможность их смещения. Секции крепят штифтами, врезкой в плиты, собирают в обоймы и т. п. В местах стыка секций зазор не допускается.

Длина посадочной части отверстий под штифты в деталях, имеющих толщину более двух диаметров штифтов, должна быть не более двух диаметров. Диаметр остальной части отверстий следует выполнять не менее, чем на 1 мм больше диаметра штифта.

В деталях, фиксируемых с помощью цилиндрических штифтов (кроме штифтов с внутренней резьбой), где отверстия под штифты не являются сквозными, необходимо предусматривать резьбовые отверстия для их выпрессовки с помощью винтов.

Неуказанные литейные радиусы в зависимости от габаритных размеров заготовок деталей штампов должны быть в пределах от 2 до 40 мм. Неуказанные формовочные уклоны назначаются изготовителем. Допускается вместо литейных радиусов применять фаски.

На необработанных поверхностях заготовок деталей штампов допускается наличие раковин и других дефектов, не влияющих на работу штампов. Трещины не допускаются.

Рекомендуемые точность сопрягающихся деталей и шероховатость их поверхностей приведены в табл. 1.23. и 1.24.

Таблица 1.23.

Требования к точности изготовления сопрягающихся деталей штампов для листовой штамповки

СОПРЯЖЕНИЕ	Толщина штампуемого материала s , мм	ХАРАКТЕР СОПРЯЖЕ- НИЯ	Рекомен- дуемая по- садка
Направляющая колонка в от- верстии втулки	0,5 0,5 – 3,0 3,0 – 5,0 5,0	Продольное относительное перемещение без вращения	H6/h5 H7/h6 H7/h7 H9/e8
Гладкая направляющая ко- лонка в отверстии нижней (верхней) плиты, когда на- правление колонки во втулке обеспечивается по посадке H6/h5	До 0,5	Неподвижные соединения без дополнительного креп- ления	S7/h5
Гладкая направляющая ко- лонка в отверстии нижней (верхней) плиты, когда на- правление колонки во втулке обеспечивается по посадкам H7/h6; H7/h7 или H9/e8	От 0,5	Неподвижные соединения без дополнительного креп- ления	S7/h6
Направляющая втулка в от- верстии верхней (нижней, промежуточной) плиты	До 6,0	Неподвижные соединения без дополнительного креп- ления	H7/s6
Ступенчатая направляющая колонка в отверстии нижней (верхней) плиты	До 6,0	Неподвижные соединения без дополнительного креп- ления	H7/s6
Пуансон (матрица, упор, фиксатор) в отверстии термиче- ски не обработанной плиты (пуансонодержателя, матри- цедержателя, державки)	До 6,0	Неподвижное соединение, в ответственных случаях с дополнительным креплени- ем, исключаяющим относи- тельное вращение (для круглых деталей) и осевое перемещение	H7/m6

СОПРЯЖЕНИЕ	Толщина штампуемого материала s, мм	ХАРАКТЕР СОПРЯЖЕ- НИЯ	Рекомен- дуемая по- садка
Твердосплавная матрица в от- верстии обоймы	До 6,0	Неподвижные соединения без дополнительного креп- ления	H7/u7* ¹ H7/k7* ²
Цилиндрический штифт в от- верстии плиты (матрицы, матрицедержателя, пуансоно- держателя)	До 6,0	Неподвижные соединения без дополнительного креп- ления	H7/p6
Подвижная деталь в отвер- стии неподвижной детали: ♦ при взаимном точном цен- трировании (быстросмен- ный пуансон в пуансоно- держателе, центрирующий выступ во впадине и т.д.) ♦ при взаимном неточном центрировании ♦ при взаимном грубом цен- трировании	≤ 3,0 3,0 – 5,0 от 5,0	Относительное осевое пе- реещение (вращение) в процессе работы. Возможно дополнительное крепление, обеспечивающее времен- ную неподвижность дета- лей соединения	H7/h6 H7/f7 H9/e8
Две термически обработанные детали, неподвижные друг относительно друга, из кото- рых одна охватывает вторую	Любая	Неподвижные соединения без дополнительного креп- ления	H7/k6
* ¹ – До 24 мм и св 40 мм. * ² – Св. 24 мм и до 40 мм.			

Таблица 1.24

**Рекомендуемая шероховатость поверхности деталей штампов для листовой
штамповки *¹**

Характеристика поверхностей	Параметры поверхностей деталей	Ra, мкм
Поверхности деталей, не соприкасающиеся с поверхностями других деталей	Поверхности торца колонки, втулки, поверхность стержня винта, болта, провального отверстия матрицы, боковые поверхности плит, поверхность торца штифта	50,0-12,5
Поверхности, не обеспечивающие точных соединений или направления	Поверхности опорной части головки винта, болта, поверхность хвостовика, соприкасающаяся с поверхностью отверстия в ползуне, поверхности разовых упоров	12,5 – 6,3
Торцовые и боковые поверхности, обеспечивающие точные соединения или направления	Тыльная поверхность торца матриц и пуансонов, поверхности трафаретов, соприкасающиеся с деталью, поверхность торца пружин, цилиндрическая поверхность штифтов, посадочная поверхность фиксаторов, упоров и отверстий для их установки, поверхность направляющих отверстий в съемниках	1,6 – 0,8
Боковые поверхности, обеспечивающие особо точные соединения или направления; опорные базовые поверхности	Поверхность посадочных частей пуансонов, матриц, направляющих колонок и втулок; поверхности отверстий для посадки пуансонов, матриц, направляющих колонок и втулок; горизонтальные поверхности плит, пуансонодержателей, матрицедержателей, нерабочие (тыльные) плоские поверхности пуансонов и матриц; рабочая поверхность фиксаторов	0,8 – 0,4
Направляющие поверхности скольжения	Взаимно скользящие поверхности направляющих колонок и втулок	0,4 – 0,2
Направляющие поверхности качения	Взаимно катящиеся поверхности направляющих колонок и втулок	0,16 – 0,08
Рабочие поверхности при штамповке стальных деталей	Боковые и торцовые рабочие поверхности пуансонов и матриц для разделительных и формоизменяющих операций	0,8 – 0,4* ²

Продолжение таблицы 1.24

Характеристика поверхностей	Параметры поверхностей деталей	Ra, мкм
Рабочие поверхности при штамповке деталей из цветных металлов и неметаллических материалов	Боковые и торцовые рабочие поверхности пуансонов и матриц для разделительных и формоизменяющих операций	0,2 – 0,1
*¹ Шероховатость поверхности деталей, не включенных в таблицу, определяется, исходя из их назначения по аналогии с приведенными. *² При толщине штампуемого материала св. 3 мм рабочие поверхности матриц и пуансонов допускается выполнять с шероховатостью $Ra = 2,5 - 1,25$ мкм		

Шероховатость поверхностей деталей, предназначенных для клеевых соединений, должна быть не менее Ra 12,5 мкм, если не оговорены особые требования к клеям и склеиваемым поверхностям. Обработанные поверхности деталей не должны иметь следов коррозии, трещин и других механических повреждений, ухудшающих прочность, эксплуатационные свойства и внешний вид.

Не указанные в технической документации на детали штампов предельные отклонения размеров должны соответствовать для отверстий — H14, для валов — h14 по ГОСТ 25347—82, для радиусов закруглений, фасок, углов и элементов, не относящихся к отверстиям и валам, — по ГОСТ 25670—83, класс точности «средний».

Резьба метрическая должна соответствовать ГОСТ 8724—81. Поле допуска для наружной резьбы 8g, для внутренней — 7H по ГОСТ 16093—81. На поверхностях профиля резьбы не допускаются выкрашивания и сорванные витки. Шероховатость поверхности профиля резьбы не должна превышать Ra 6,3 мкм. Размеры сбегов и недорезов (недокатов) на резьбе — по ГОСТ 10549—80.

Отклонение от параллельности плоскостей плит, матриц, держателей и подкладных плит в штампах для разделительных операций или для разделительных и формоизменяющих операций с зазором на сторону между пуансоном и матрицей до 0,03 мм должно соответствовать шестой степени точности; при зазорах свыше 0,030 мм — седьмой степени точности; в штампах для формоизменяющих операций — седьмой степени точности по ГОСТ 24643—81. Отклонение высоты штампа в закрытом состоянии от размера, указанного на чертеже, не должно превышать:

$\pm 3,0$ мм для штампов с закрытой высотой до 250 мм;

$\pm 5,0$ мм — с закрытой высотой свыше 250 до 630 мм;

$\pm 10,0$ мм — с закрытой высотой свыше 630 мм.

Опорные поверхности пуансонов и матриц должны быть в одной плоскости с соответствующей поверхностью держателя. Несовпадение опорных поверхностей не должно превышать отклонений от плоскостности, соответствующей поверхности держателя. Утопление пуансонов и матриц не допускается.

Если штамп крепится к прессу с помощью хвостовика, то хвостовик следует размещать так, чтобы его ось совпадала с центром давления штампа, т. е. с точкой, к которой приложена равнодействующая всех сил, действующих в направлении, параллельном оси хвостовика. Если штамп крепится без хвостовика, его установка на пресс должна быть выполнена таким образом, чтобы центр давления штампа совпадал с вертикальной осью прессы. Направляющие узлы рекомендуется размещать симметрично относительно центра давления штампа.

1.12. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШТАМПОВ

Имея технологический процесс штамповки и принципиальные схемы рабочих частей штампов, приступают к конструированию последних. Помимо данных, имеющихся в технологической карте, необходимо определить открытую и закрытую высоты прессы (рис. 1.25). Открытая $H_{\text{отш}}$ и закрытая $H_{\text{зш}}$ высоты штампа выбираются из условия $H_{\text{отш}} = H_0 - A$ и $H_{\text{зш}} = H_2 - A$. Если у конкретного штампа это условие не соблюдается, то можно снять подштамповую плиту и установить штамп на пресс. Но это делают только при безусловной необходимости.

При проектировании штампа поступают следующим образом. Сначала производят планировку проекций и вычерчивают на листе общего вида ленту с раскроем изделия. Если штамп последовательного действия, то здесь же вычерчивают план всех переходов (как рабочих, так и нерабочих). На плане располагают направляющие для ленты, упор и другие узлы и детали, присущие выбранной конструкции штампа. Затем намечают, где будут штифты и болты. В результате вырисовываются предварительные габаритные размеры матриц. Если есть нормали на матрицы, и размеры по нормальям не совпадают с полученными выше, то последние изменяют, как правило, до одного из больших по нормальям. По найденным размерам матрицы подбирают по ГОСТу или нормальям блок, имеющий площадь для матрицы, соответствующую ее размерам, или ближайшую большую. В этом случае габаритные размеры матрицы можно увеличить до размеров рабочей площади нижней плиты. Базируясь на матрице, вычерчивают нижнюю плиту.

Затем переходят к главной проекции. В месте, отведенном для этой проекции, проводят нижнюю плоскость нижней плиты штампа (совпадает с верхней плоскостью подштамповой плиты прессы) и на расстоянии $H_2 - A$ – верхнюю плоскость верхней плиты штампа.

Верхнюю плиту штампа необходимо располагать чуть ниже максимально возможного ее положения $(0,1-0,3)l$, что гарантирует возможность установки на прессе штампа даже при некоторых отклонениях в плюс толщин его плит. Большая часть регулировки ползуна остается внизу.

В штампе для разделительной операции по мере износа пуансона его необходимо затачивать. При этом длина пуансона уменьшается, что приводит к увеличению открытой высоты штампа. Чтобы выдержать открытую высоту штампа неизменной, опускают ползун за счет оставшейся неиспользованной регулировки $(0,9-0,7)l$. Вычтя из открытой высоты штампа выбранную величину рабочего хода (если у прессы ход постоянный, то не выбираем, а принимаем ее), получим закрытую высоту штампа.

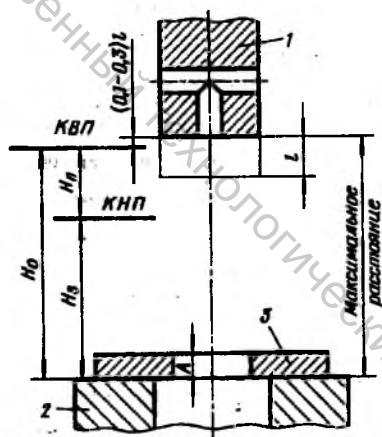


Рис. 1.25. Схематичное изображение штампового пространства.

H_0 – открытая высота прессы; H_2 – закрытая высота прессы; H_n – ход ползуна;
 l – регулировка длины шатуна; A – толщина плиты; 1 – ползун прессы; 2 – стол прессы; 3 – подштамповая плита

Пользуясь линией нижней плоскости нижней плиты штампа и линией на расстоянии $H_2 - A$ как верхней плоскостью верхней плиты штампа, вычерчивают плиты. Затем прочерчивают толщину матрицы и направляющих планок.

Приступая к вычерчиванию пуансона, нужно нижний его торец поместить на 1 – 2 мм в матрицу, верхний же должен соприкасаться с нижней плоскостью верхней плиты. К последней крепится пуансонодержатель. Если пуансон получился очень длинный и тонкий, то укоротить его можно применением более толстых нижней и верхней плит, так как одни и те же габариты их имеют по несколько толщин. Если эта мера недостаточна или нежелательна (увеличивается масса штампа и пр.), то прибегают к уменьшению H_2 путем постановки на подштамповую плиту дополнительной подкладной плиты.

Может случиться, что H_2 настолько мала, что некуда поместить съёмник (особенно, если он работает от пружин). В этом случае берут плиты меньшей толщины, но все же достаточно прочные. Если же и в этом случае H_2 оказывается мала, то подштамповую плиту снимают совсем.

Следующий этап – вычерчивание съёмника. Если толщину постоянного съёмника сделать не меньше H_n , то пуансон не выйдет из него даже в положении КВП. Сказанное может иметь место лишь при небольшой величине хода. Минимальную же толщину съёмника все же следует брать согласно нормалям.

При проектировании сложных штампов последовательность остается в основном та же, вклиниваются лишь дополнительные работы, так, например, при двух боковых проекциях – увязка их между собой и т.д. Могут встретиться конструкции, особенно гибочных штампов, нормальные пакеты для которых неприменимы. В этом случае пакет проектируется для данного штампа. План пакета обычно берется подобным матрице с учетом места для проушин крепления и для вспомогательных деталей, имеющих в этом штампе. Боковой вид пакета определяется расположением и размерами рабочих и вспомогательных деталей и закрытой высотой штампа.

При проектировании общего вида не следует забывать о расположении и размерах крепежных пазов в подштамповой плите пресса (столе пресса), о расстоянии между направляющими ползуна, о вылете хвостовика, о наличии и положении поперечины в ползуне, о положении горизонтальной плоскости перемещения ленты (полосы) в валковой или клещевой подаче и др.

Завершается конструирование проверкой-контролем всех чертежей. План проверки чертежей штампов включает следующие основные этапы:

- ♦ внешний осмотр;
- ♦ соответствие технологическому процессу;
- ♦ просмотр конструкций;
- ♦ соответствие штампа прессу;

- ♦ проверку детализовки (если оформление штампа предусматривает, помимо общего вида, детализовку);
- ♦ согласование размеров и допусков на изготовление сопряженных между собой деталей.

1.13. ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖА ШТАМПА

На листе общего вида в правом верхнем углу должна быть вычерчена со всеми размерами деталь, снимаемая с этого штампа, и материал с его раскроем или, если изделие штампуется из полуфабриката, изображение последнего со всеми размерами.

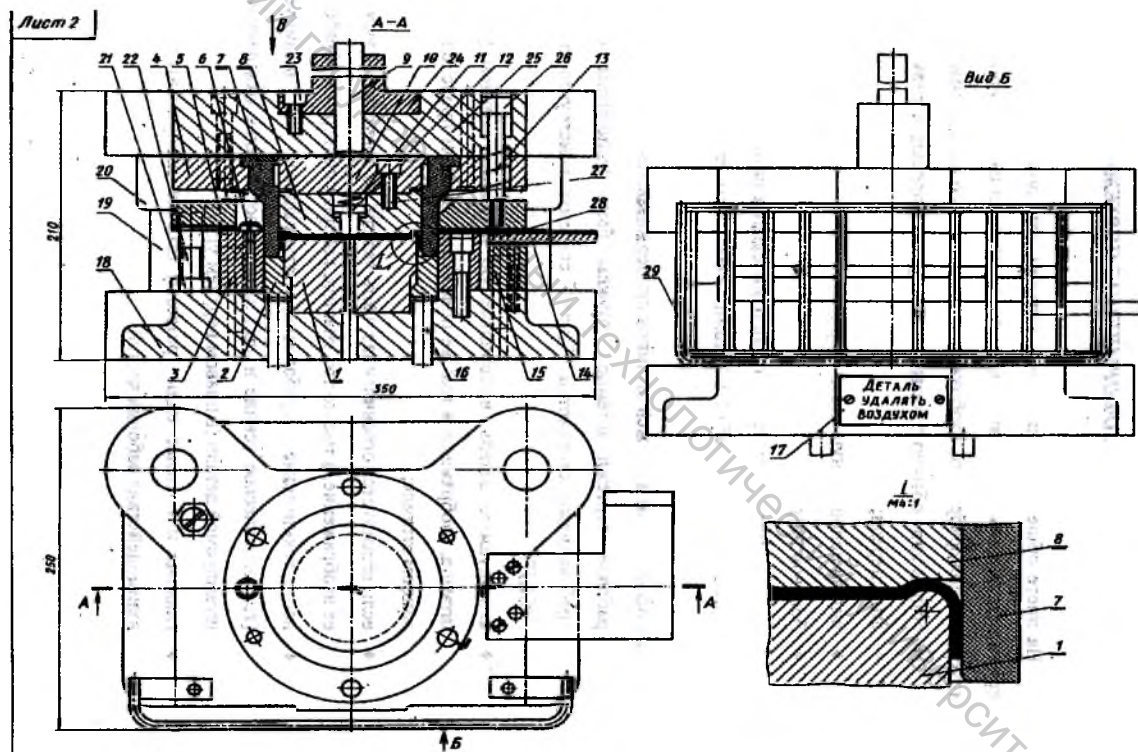
На общем виде обычно показывают следующие проекции штампа:

- ♦ вид спереди;
- ♦ вид на неподвижную часть сверху;
- ♦ боковой разрез.

Сложные конструкции требуют дополнительных разрезов. Общий вид штампа, как правило, оформляется в масштабе 1:1 (штампы небольших размеров требуют увеличенного масштаба).

При оформлении чертежей штампов придерживаются следующих правил:

- ♦ рабочие чертежи штампов должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД);
- ♦ штампуемую деталь, вычерчиваемую в правом верхнем углу общего вида штампа, изображают в том же положении, в каком происходит ее штамповка в данном штампе;
- ♦ если штампуется ограниченная часть детали, то допускается вычерчивать не все ее изображение, а только тот участок, который подвержен обработке;
- ♦ все технические требования, относящиеся к штампуемой детали (технологическое усилие и др.) записывают в зоне, отведенной для чертежа штампуемой детали (в правом верхнем углу);
- ♦ главные и боковые виды (разрезы) штампа изображают в КНП с показом взаимодействия рабочих частей.



1.14. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ШТАМПОВ

Таблица 1.25

Наименование деталей	Рекомендуемые марки	Заменяющие марки	Твердость HRC		
			матриц	пуансонов	
Пуансоны, матрицы и пуансон-матрицы для вырубки и пробивки, Режущий контур простой формы	Сталь У10А	Сталь У10А	56-60	54-58	
	Сталь Х	Сталь 7Х3			
	Сталь Х12М	Сталь Х12Ф1			
	Сталь 6ХВФ	Сталь У8*	-		
	Сталь У8А*				
То же при более сложной форме или повышенных требованиях к точности пуансон-матрицы с тонкими рабочими стенками	Сталь Х12М	Сталь Х12Ф1	56-60		
	Сталь 6ХВФ				
Пуансоны и матрицы зачистные	Сталь Х12М	Сталь Х12Ф1	58-62		
	Сталь 6ХВФ	Сталь У10А			
Пуансоны и матрицы гибочные и формовочные простой формы	Сталь У8А	Сталь У8	54-58		52-56
	Сталь 8ХФ	Сталь У10		54-58	
То же, ложной формы	Сталь Х12М	Сталь Х12Ф1	56-60		
	Сталь 6ХВФ				
Пуансоны и матрицы вытяжные и отбортовочные	Сталь У10А	Сталь У10	68-62	56-60	
То же для вытяжки изделий из коррозионностойких сталей	Чугун СЧ 32-52	Чугун СЧ 24-44	-		
		Чугун СЧ 28-48			
Пуансоны и матрицы для листовой чеканки простой формы	Сталь У8А	Сталь У8	54 – 58		
	Сталь 8ХФ				
То же, сложной формы	Сталь Х12М	Сталь Х12Ф1			
	Сталь 6ХВФ				

Плиты блоков	Чугун СЧ 24-44	Чугун СЧ 21-40	
	Ст. литье 40Л	Ст. литье 30Л	
	Сталь Ст4	Сталь Ст3	
Втулки и колонки направляющие	Сталь 20	Сталь 15	58-62 (цементировать глубиной 0,5-0,8 мм)
То же, для шариковых направляющих	Сталь ШХ15	Сталь ШХ9	60-64
Съемники направляющие	Сталь 45	Сталь 40	-
Съемники	Сталь Ст4	Сталь Ст3	-
Пуансонодержатели и матрицедержатели			
Обоймы составных матриц			

Продолжение таблицы 1.25

Наименование деталей	Рекомендуемые марки	Заменяющие марки	Твердость HRC
Щитки ограждения и лотки	Сталь Ст4	Сталь Ст3	
Планки направляющие			40-45
Выталкиватели к штампам совмещенного действия	Сталь 45	Сталь 40	34-38
Плитки подкладные			40-45
	Сталь У8	Сталь У7	
Хвостовики	Сталь 35	Сталь Ст4,Ст5	-
Толкатели ступенчатые и крепежные винты, буферные шпильки, звездочки	Сталь 45	Сталь 40	40-45 (резьб не калить)
Штифты	Сталь У8	Сталь У7	50-54
Упоры временные, грибковые, утопающие	Сталь 45	Сталь Ст6	40-45
Фиксаторы, ловители	Сталь У8	Сталь У7	50-54
Ножи шаговые	Сталь У10А	Сталь У10	54-58
Выталкиватели, прижимы гибочных штампов	Сталь У8	Сталь У7	50-54
Складкодержатели вытяжных штампов	Сталь У10А	Сталь У10	58-62
Прокладки резиновые для съемников, прижимов и буферов	Резина средней твердости 2559	Резина средней твердости 56 и 922	
Прокладки резиновые для съемников штампов сложной конструкции	Резина твердая 2462	Резина твердая 3465 Н-4	

* - для матриц не применяется

ГЛАВА 2. ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА

2.1. РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ПОКОВКИ. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Линейные размеры на чертеже поковки должны быть проставлены от указанных исходных баз механической обработки.

Допуски распространяются на все номинальные размеры поковки, а припуски только на обрабатываемые поверхности поковки. Допуски, припуски и кузнечные напуски устанавливаются в зависимости от конструктивных характеристик поковки (табл. 2.1.) и определяются исходя из шероховатости обработанной поверхности детали, изготовленной из поковки, а также в зависимости от величины размеров и массы поковки.

Для 1-го класса точности Т1 допуски устанавливаются на те функциональные поверхности, которые не подвергаются окончательной обработке.

Таблица 2.1.

Конструктивная характеристика поковки	Обозначение и определение конструктивных характеристик	Примечание
1. Класс точности	Т1 – 1-й класс Т2 – 2-й класс Т3 – 3-й класс Т4 – 4-й класс Т5 – 5-й класс	Определяется по приложению 5 (табл. 10)
2. Группа стали	М1 – сталь с массовой долей углерода до 0,35 % включительно и суммарной массовой долей легирующих элементов до 2,0 % включительно; М2 – сталь с массовой долей углерода свыше 0,35 % до 0,65 % включительно или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 2,0 до 5,0 % включительно М3 – сталь с массовой долей углерода свыше 0,65 % или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 5,0 %	При назначении группы стали определяющим является среднее массовое содержание углерода и легирующих элементов (Si, Mn, Cr, Ni, Mo, W, V)
Степень сложности	С1 – 1-я степень С2 – 2-я степень С3 – 3-я степень С4 – 4-я степень	Устанавливается по п.2.1.1
Конфигурация поверхности разреза штампа	П – плоская Ис – симметрично изогнутая; Ин – несимметрично изогнутая.	

Расчетная масса поковки определяется как масса подвергаемых деформации поковки (поковок) или ее частей. В массу поковки не входят масса облоя и перемычки пробитого отверстия. При высадке поволоков на горизонтально-ковочных машинах или местной штамповке на молотах и прессах масса поковки включает массу части стержня, зажатого штампами.

Расчетная масса поковки определяется, исходя из ее номинальных размеров. Ориентировочную величину расчетной массы поковки допускается вычислять по формуле:

$$M_{п.р.} = M_d * K_p, \quad (2.1.)$$

где $M_{п.р.}$ - расчетная масса поковки, кг;

M_d - масса детали, кг;

K_p - расчетный коэффициент, устанавливаемый в соответствии с приложением (табл. 9)

Класс точности поковки устанавливается в зависимости от технологического процесса и оборудования для ее изготовления (приложение, табл. 10), а также исходя из предъявляемых требований к точности размеров поковки. Допускаются различные классы точности для разных размеров одной и той же поковки. При этом класс точности определяется по преобладающему числу размеров одного класса точности, предусмотренному чертежом поковки.

2.1.1. Степень сложности поволоков

Степень сложности является одной из конструктивных характеристик формы поволоков, качественно оценивающей ее и используется при назначении припусков и допусков. Степень сложности определяется путем вычисления отношения массы (объема) поволоков G_p к массе (объему) G_f геометрической фигуры, в которую вписывается форма поволоков. Геометрическая фигура может быть шаром, параллелепипедом, цилиндром или прямой правильной призмой (рис. 2.1.)

При вычислении отношения G_p/G_f принимают ту из геометрических фигур, масса (объем) которой наименьший. При определении размеров описывающей поволоку геометрической фигуры допускается исходить из увеличения в 1,05 раза габаритных линейных размеров детали, определяющих положение ее обработанных поверхностей.

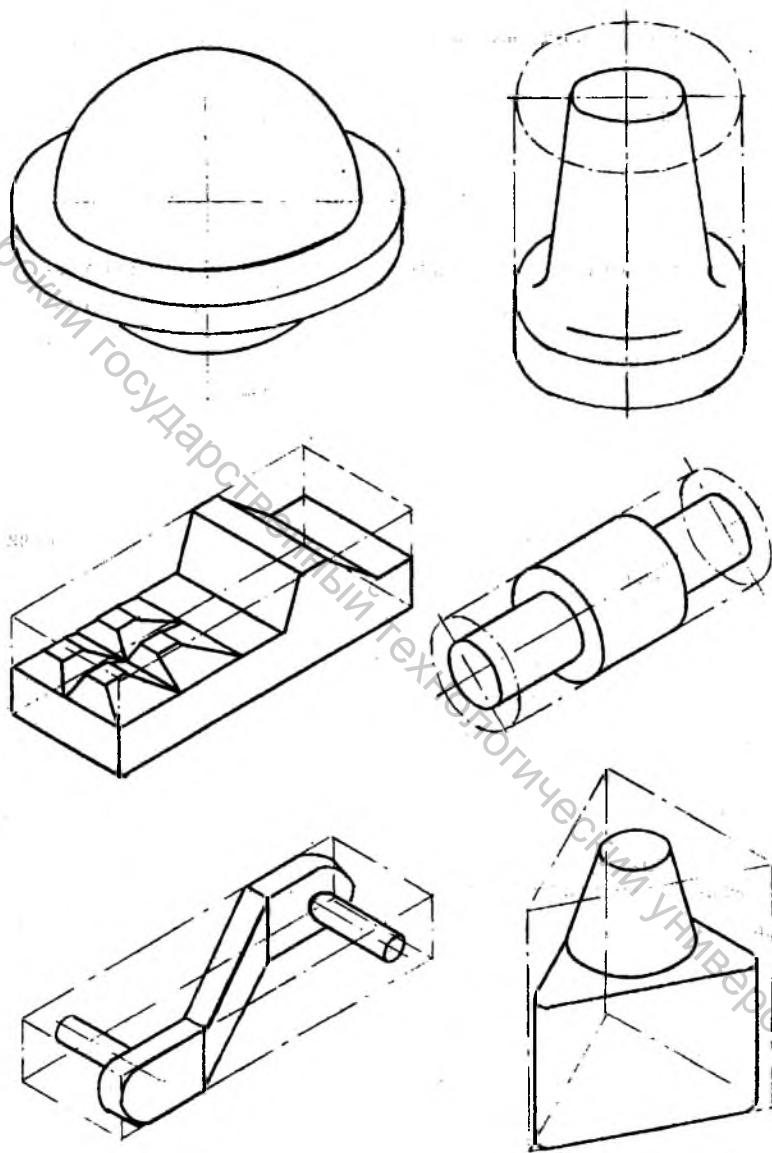


Рис. 2.1. Геометрические фигуры для определения сложности поковок

Степеням сложности поковок соответствуют следующие численные значения отношения G_n/G_f :

- C1 – свыше 0,63
- C2 – свыше 0,32 до 0,63 включительно
- C3 – свыше 0,16 до 0,32 включительно
- C4 – до 0,16

Степень сложности C4 устанавливается для поковок с тонкими элементами, например, в виде диска, фланца, кольца. Для поковок, полученных на горизонтально-ковочных машинах, допускается определять степень сложности формы в зависимости от числа переходов:

- C1 – не более, чем при двух переходах;
- C2 – при трех переходах;
- C3 – при четырех переходах;
- C4 – более, чем при четырех переходах или при изготовлении на двух ковочных машинах.

2.1.2. Определение исходного индекса

Исходный индекс для последующего назначения припусков и допусков определяется в зависимости от массы, марки стали, степени сложности и класса точности поковки (табл. 2.2). Для определения исходного индекса по таблице 2.2 в графе «Масса поковки» находят соответствующую данной массе строку и, смещаясь по горизонтали вправо или по утолщенным наклонным линиям вправо вниз до пересечения с вертикальными линиями, соответствующими заданным значениям группы стали М, степени сложности С, класса точности Т, устанавливают исходный индекс.

Примеры.

1. Поковка массой 0,5 кг, группа стали М1, степень сложности C1, класс точности Т2. Исходный индекс – 3.
2. Поковка массой 1,5 кг, группа стали М3, степень сложности C2, класс точности Т1. Исходный индекс – 6.

Таблица 2.2

Определение исходного индекса

Масса поковки, кг	группа стали			Степень сложности поковки				Класс точности поковки					Исходный индекс
	M1	M2	M3	C1	C2	C3	C4	T1	T2	T3	T4	T5	
До 0,5 включ.													1
св.0,5 до 1,0 "													2
" 1,0 " 1,8 "													3
" 1,8 " 3,2 "													4
" 3,2 " 5,6 "													5
" 5,6 " 10,0 "													6
"10,0 " 20,0 "													7
"20,0 " 50,0 "													8
"50,0 "125,0 "													9
"125,0"250,0 "													10
													11
													12
													13
													14
													15
													16
													17
													18
													19
													20
													21
													22
													23

2.1.3. Припуски на механическую обработку

Припуск на механическую обработку включает основной, а также дополнительный, учитывающий отклонения формы поковки. Основной припуск на механическую обработку определяется в зависимости от исходного индекса, линейных размеров и шероховатости поверхности (приложение, табл. 11).

Дополнительные припуски, учитывающие смещение поковки, изогнутость, отклонения от плоскостности, прямолинейности, межцентрового и межосевого расстояний, определяются, исходя из формы поковки и технологии ее изготовления.

Разрешается округлять линейные размеры поковки с точностью до 0,5 мм. При назначении величины припуска на поверхности, положение которой определяется двумя и более размерами поковки, устанавливается наибольшее значение припуска для данной поверхности.

Минимальная величина радиусов закруглений наружных углов поковок в зависимости от глубины полости ручья штампа устанавливается по таблице 2.3.

Таблица 2.3

Масса поковки, кг	Минимальная величина радиусов закруглений, мм, при глубине полости ручья штампа, мм			
	до 10 включ.	10 – 25	25 – 50	св. 50
До 1,0 включительно	1,0	1,6	2,0	3,0
Св. 1,0 до 6,3 включ.	1,6	2,0	2,5	3,6
Св. 6,3 до 16,0 включ.	2,0	2,5	3,0	4,0
Св. 16,0 до 40,0 включ.	2,5	3,0	4,0	5,0
Св. 40,0 до 100,0 включ.	3,0	4,0	5,0	7,0
Св. 100,0 до 250,0 включ.	4,0	5,0	6,0	8,0

2.1.4. Допуски

Допуски и отклонения линейных размеров назначаются в зависимости от исходного индекса и размеров поковок (приложение, табл. 12.)

Отклонения внутренних размеров поковок должны устанавливаться с обратными знаками. Допуск размеров, не указанный на чертеже поковки, принимается равным 1,5 допуску соответствующего размера поковки с равными допускаемыми отклонениями (см. приложение, табл. 12)

Допускаемые величины смещения по поверхности разреза, остаточного облоя, заусенца, а также наибольшие отклонения от concentричности и изогнутости приведены в таблицах 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 приложения.

Для поковок, у которых стержень выходит за пределы штампа и не подвергается деформации, допуск длины стержня принимают, мм:

- до 2 – для поковок 1-го класса точности;
- до 3 – для поковок 2-го класса точности;
- до 4 – для поковок 3-го класса точности;
- до 5 – для поковок 4-го класса точности;
- до 6 – для поковок 5-го класса точности.

2.1.5. Пример расчета (назначения) допусков отклонений и припусков на поковки

ШЕСТЕРНЯ ПРИВОДА (рис. 2.2.)

Штамповочное оборудование – горячештамповочный пресс.

Нагрев заготовок – индукционный.

1. Исходные данные по детали

1.1. Материал – сталь 30ХМА (по ГОСТ 4543): 0,17 – 0,37% Si; 0,26 – 0,33% C; 0,4 – 0,7% Mn; 0,8 – 1,1% Cr; 0,15 – 0,25% Mo.

1.2. Масса детали – 0,390 кг.

2. Исходные данные для расчета.

2.1. Масса поковки (расчетная) – 0,620 кг;

расчетный коэффициент K_p (см. приложение, табл. 9) – 1,6;
 $0,390 \times 1,6 = 0,620$ кг.

2.2. Класс точности – Т3 (см. приложение, табл. 10).

2.3. Группа стали – М1 (см. табл. 2.1.).

Средняя массовая доля углерода в стали 30ХМА 0,3%С, а суммарная массовая доля легирующих элементов – 1,9% (0,27%Si; 0,50%Mn; 0,95%Cr; 0,25%Mo).

2.4. Степень сложности – С1 (см. п.2.1.1.)

Размеры описывающей поковку фигуры (цилиндр), мм:

диаметр – 63 (60 x 1,05);

длина – 32,5 (31 x 1,05) (где 1,05 – коэффициент).

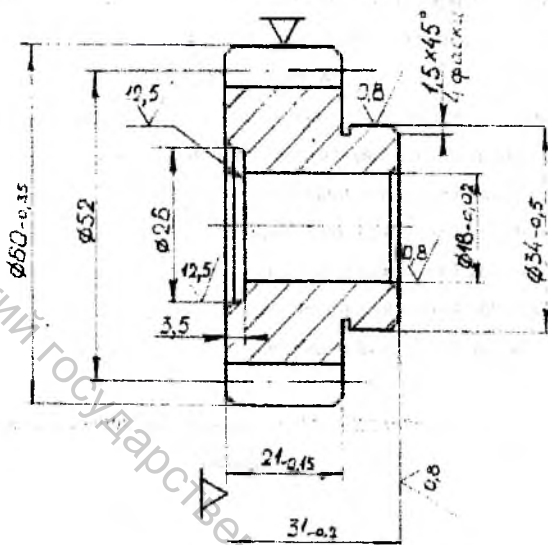


Рис. 2.2. Шестерня привода

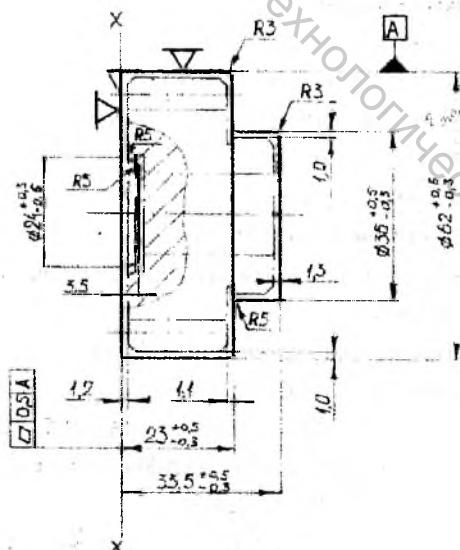


Рис. 2.3. Поковка шестерни привода

Масса описывающей фигуры (расчетная) – 0,780 кг;

$G_n/G_f = 0,620/0,780 = 0,79$.

2.5. Конфигурация поверхности разъема штампа П (плоская) – см. табл. 2.1.

2.6. Исходный индекс – 6 (см. табл. 2.2)

3. Припуски и кузнечные напуски.

3.1. Основные припуски на размеры (см. приложение, табл. 11), мм:

1,0 – диаметр 60 мм и чистота поверхности 6,3;

1,0 – диаметр ступицы 34 мм и чистота поверхности 0,8;

1,0 – толщина 31 мм и чистота поверхности 6,3;

1,1 – толщина 31 мм и чистота поверхности 0,8;

0,9 – толщина 21 мм и чистота поверхности 6,3.

3.2. Дополнительный припуск, учитывающий отклонение от плоскостности – 0,2 мм (см. приложение, табл. 14).

4. Размеры поковки и их допускаемые отклонения (см. рис.2.3.)

4.1. Размеры поковки, мм:

диаметр $60 + 1,0 \times 2 = 62$

принимается 62;

диаметр $34 + 1,0 \times 2 = 36$

принимается 36;

толщина $21 + (0,9 + 0,2) \times 2 = 23,2$

принимается 23;

толщина $31 + 1,0 + 1,1 + 0,2 \times 2 = 33,5$

принимается 33,5.

4.2. Радиус закруглений наружных углов – 2,0 мм (минимальный) принимается 3,0 мм (см. приложение, табл. 16).

4.3. Допускаемые отклонения размеров (см. приложение, табл. 12), мм:

диаметр	62	;	диаметр ступицы	36	;
	+0,6			+0,5	
	-0,3			-0,3	

толщина	23	;	толщина	33,5	;
	+0,5			+0,5	
	-0,3			-0,3	

4.4. Неуказанные предельные отклонения размеров принять равными 1,5 допуска соответствующего размера поковки с равными допускаемыми отклонениями.

4.5. Неуказанные допуски радиусов закруглений устанавливаются по таблице 23 приложения.

4.6. Допускаемая высота торцового заусенца – 3,0 мм (см. приложение, табл. 19).

4.7. Допускаемое отклонение от плоскостности – 0,5 мм (см. приложение, табл. 21).

2.2. ТЕХНОЛОГИЯ И ИНСТРУМЕНТ ГОРЯЧЕЙ БЕЗОБЛОЙНОЙ ШТАМПОВКИ

2.2.1. Штамповка поковок типа угольников, тройников и крестовин

Угольники, тройники и крестовины используются в системах пневматики и гидравлики автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных машин, металлорежущих станков и др. Основным требованием к такого рода деталям является обеспечение надежной герметичности.

На ряде заводов указанные детали изготавливаются штамповкой с облоем, величина которого составляет до 50% массы заготовки, или методом точного литья, при котором брак по пористости достигает до 20%, особенно при литье из стали. При этом каждую деталь необходимо проверять на герметичность, что требует значительных затрат времени и увеличивает трудоемкость изготовления.

При горячей штамповке металл уплотняется, завариваются имеющиеся в нем поры и качество изделий значительно выше чем литых.

На Кременчугском автомобильном заводе часть деталей с точного литья была переведена на безоблойную штамповку. Это позволило резко снизить трудоемкость их изготовления и себестоимость изделий.

На Минском автомобильном заводе заготовки для этих деталей изготавливались методом горячей штамповки на молотах с облоем, достигающим 40% от массы исходной заготовки.

Для этих заводов были разработаны технологические процессы безоблойной штамповки в штампах с вертикальным и горизонтальным разъемом матриц.

Угольники (рис. 2.4.а) изготавливаются в штампе с вертикальным разъемом матриц. При этом отросток выдавливается перпендикулярно плоскости разреза (рис. 2.5.) в ручей левой или правой полуматрицы 3, если угол между стержнем и выдавливаемым отростком составляет 90° . Если же этот угол больше или меньше 90° , то выдавливаемый отросток располагают в полости разреза штампа. Отверстие для отростка делается цилиндрическим без уклонов.

Нагретая в индукционном нагревателе заготовка, исходный диаметр которой на 0,5...1 мм меньше размера ручья штампа, укладывается в сомкнутые полуматрицы, образующие закрытый ручей и деформируются пуансоном 2.

Вначале происходит частичная осадка заготовки и ее изгиб при скольжении по радиусу закругления, затем поворот сечения заготовки на угол, заданный ручьем штампа.

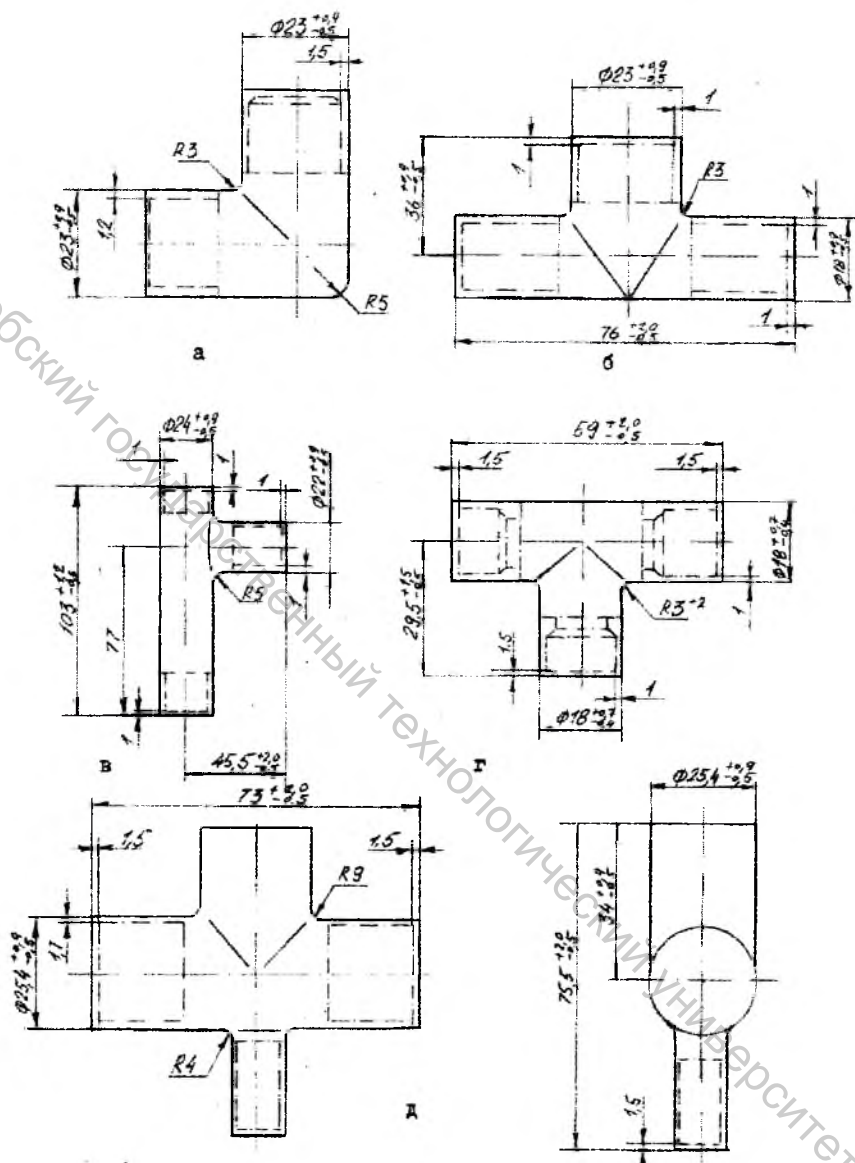


Рис. 2.4. Детали-представители угольников (а), тройников (б, в, г) и крестовин (д)

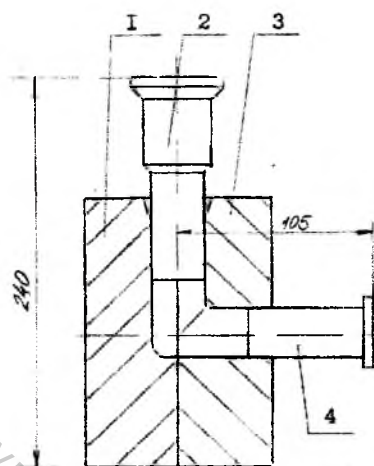


Рис. 2.5. Рабочие части штампа для изготовления поволок угольников в штампах с вертикальным разъемом матриц.

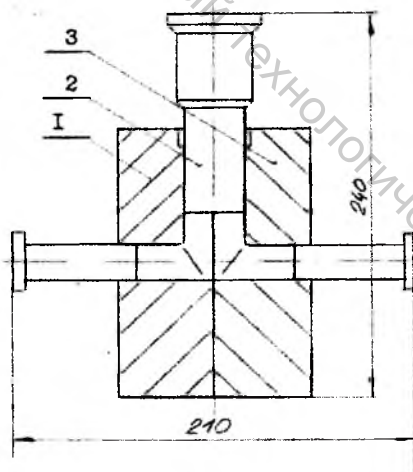


Рис. 2.6. Рабочие части штампа для изготовления поволок тройников в штампах с вертикальным разъемом матриц.

В результате этого происходит затекание металла в отросток. Сперва торец выдавливаемого отростка имеет закругление и некоторый скос. Но потом торец выравнивается при соприкосновении с боковым выталкивателем 4, который может устанавливаться на пружины компенсаторного устройства, усилие которых зависит от диаметра отростка.

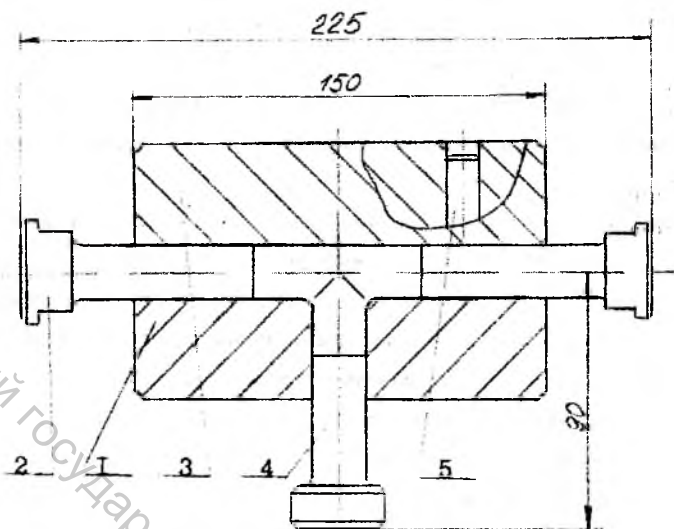
Если поковка имеет два боковых отростка (детали тройников), расположенных в одной плоскости под углом 90° к стержню (рис. 2.5., б), то они располагаются в обеих полуматрицах перпендикулярно линии разреза (рис. 2.6.). При таком их расположении можно легко осуществить боковое выталкивание отштампованных поковок из полуматриц. Если отростки расположены к стержню под углом, отличным от 90° , или имеют на концах утолщения, необходимо их располагать в плоскости разреза.

С помощью штампов с вертикальным разрезом матриц и одним деформирующим пуансоном можно получать поковки:

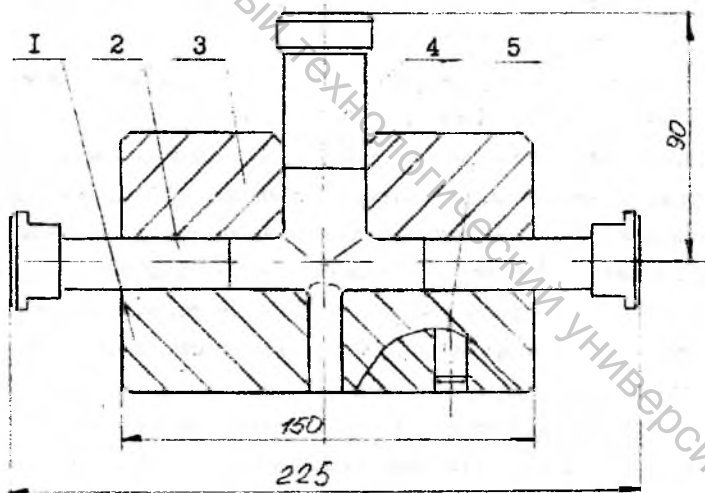
- угольников и тройников, у которых диаметр стержня, соответствующий диаметру деформирующего пуансона, больше или равен диаметру отростков;
- тройников со смещенным от середины стержня (рис. 2.4, в) отростком;
- корпусов форсунок дизельных двигателей с прямоугольным или другой формы отростком;
- валиков с длинным стержнем и утолщением в любой его части и др.

Штамповка тройников (рис. 2.4, г) и поковок типа крестовин (рис. 2.4. д), у которых диаметры отростков меньше диаметра стержня или равны ему, осуществляется в штампах с горизонтальным разрезом матриц (рис. 2.7.) двумя деформирующими пуансонами 2. Отростки выдавливаются перпендикулярно линии разреза, при этом они могут располагаться в верхней 3 или нижней 1 полуматрицах или в обеих одновременно (рис. 2.4, б). Если отростков четыре, то два из них располагаются в полости разреза вертикально, а два – горизонтально. Отростки располагаются так же, как и в штампах с вертикальным разрезом матриц.

При подборе номенклатуры поковок для штамповки в штампах с горизонтальным разрезом матриц и двумя горизонтальными деформирующими пуансонами необходимо учитывать следующее. В процессе штамповки металл заготовки деформируется двумя пуансонами одновременно. Чтобы течение металла было равномерным, давления, оказываемые на каждый пуансон, должны быть равными. Это возможно при обеспечении одинаковых условий деформирования каждым пуансоном, особенно условий трения.



а



б

Рис. 2.7. Рабочие части штампов для изготовления поковок тройников (а) и крестовин (б) в штампах с горизонтальным разъемом матриц

Исходя из этого необходимо, чтобы выдавливаемые отростки располагались посередине стержня и диаметры концов стержня были равны.

При штамповке нагретая токами высокой частоты заготовка укладывается (рис. 2.7) в нижнюю матрицу 1 между деформирующими пуансонами 2, находящимися в исходном положении. При ходе ползуна пресса вниз верхняя полуматрица 3 совмещается по плоскости разреза с нижней 1 по фиксирующим штифтам 5 и образуется закрытый ручей, в котором пуансоны деформируют заготовку. После штамповки поковка извлекается из ручья штампа выталкивателем 4. Наличие фиксирующих штифтов позволяет получить минимальное смещение полуматриц относительно друг друга (до 0,3 мм в зависимости от габаритов поковок) и значительно упростить наладку штампов.

Штамповка поковок в штампах с вертикальным и горизонтальным разрезом матриц осуществляется на механических прессах общего назначения или обрезающих, что значительно снижает капитальные затраты, уровень шума и улучшает условия труда.

Рабочие части изготавливаются из сталей 4Х5В2ФС, 5ХЗВЗМФС, 4Х5МФС.

Твердость термообработанных вставок $HRC_2 = 44...52$. Для повышения износостойкости поверхность гравюры штампа азотируется, толщина слоя составляет 0,15 – 0,3 мм, твердость – 60...62 HRC₂.

При использовании выше указанных марок сталей и применении поверхностного упрочнения стойкость рабочих вставок достигает 10 – 15 тыс. штук поковок с гравюры.

Вставки можно изготавливать двусторонними, т.е. гравюры наносятся на переднюю и заднюю грани вставок, что увеличивает вдвое съём поковок с одного комплекта.

2.2.2. Многопереходная безоблойная штамповка шестерен

Шестерня регулировочного рычага автомобиля МАЗ-500 изготавливалась из цилиндрической заготовки диаметром 65 x 42 мм, нарезаемой на станках из проката обычной прочности. При этом ширина реза составляла 8 мм и в стружку уходило 0,208 кг металла только при получении заготовки.

Деталь из этой заготовки получали обработкой резанием на шестишпиндельных полуавтоматах, при которой отходы в стружку составляли 0,592 кг. Коэффициент использования металла был равен 0,38. Разработан и внедрен на Минском автомобильном заводе технологический процесс безоблойной штамповки этой детали на прессе усилием 4000 кН.

Заготовки диаметром 40 мм и длиной 78 мм (рис. 2.8, а) рубятся на кривошипном прессе во втулочном штампе из калиброванного металла с допуском по длине ± 1 мм.

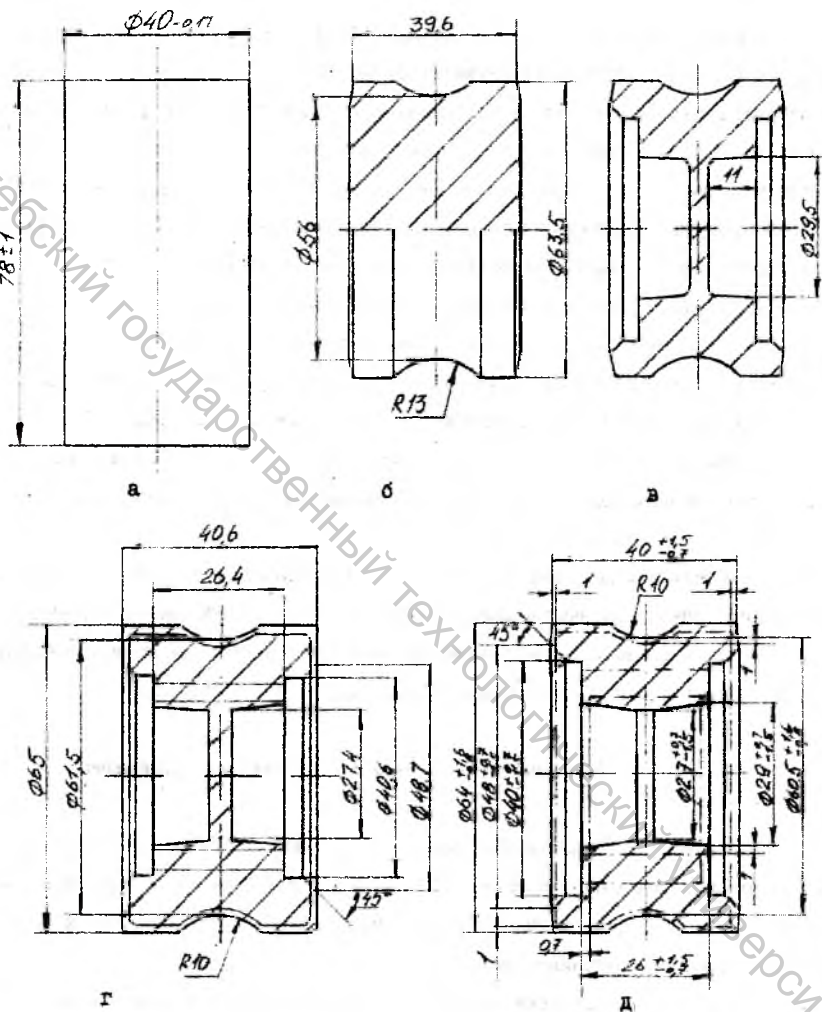


Рис. 2.8. Переходы штамповки и чертеж поковки шестерни

а – заготовка, б – I-й переход, в – II-й переход, г – III-й переход, д – чертеж поковки

Затем заготовки нагреваются в индукционном нагревателе и штампуются на кривошипном прессе в штампе с горизонтальным разъемом матриц за три перехода. В

первом переходе осуществляется предварительная формовка (рис. 2.8,б), во втором – окончательная штамповка с наметкой отверстий (рис. 2.8,в), а в третьем – пробивка отверстия (рис. 2.8, г).

Поковка спроектирована с минимальными припусками на механическую обработку, а в некоторых местах (фаски диаметром 48 мм и углубления диаметром 40 мм) контур детали оформляется без дальнейшей механической обработки (рис. 2.8, д). Это позволяет значительно сократить расход металла (0,538 кг на одну деталь) и довести коэффициент его использования до 0,64.

Рабочие части (рис. 2.9) состоят из верхнего и нижнего блоков полуматриц 1 из стали 40 или 45 со вставками из стали 5Х3ВЗМФС (Д123) и деформирующих пуансонов из этой же стали. Вставки и пуансоны азотируют.

В первом переходе осуществляется предварительная формовка плоскими пуансонами 6. Размер ручья принимают такими, чтобы отформованную заготовку можно было легко уложить в ручей для окончательной штамповки. В этом ручье полностью оформляется поковка с наметками пуансонами 4. После штамповки в ручье третьего перехода осуществляется пробивка отверстия пуансоном 2. Пуансон 3 перемещает поковку шестерни навстречу пробивному пуансону.

В нижнем блоке полуматриц в третьем ручье выполнено отверстие, в которое выпадает высечка, удаляемая через канал в нижней плите штампа струей сжатого воздуха.

Блоки полуматриц фиксируются в штампе установочными штифтами, предотвращающими смещение в процессе штамповки. Между собой блоки соединены двумя штифтами-ловителями 5.

Установка блоков полуматриц и наладка могут быть осуществлены в течение 30 минут. На базе этой технологии и конструкции штампа на Минском и Кременчугском автозаводах созданы участки безоблойной штамповки шестерен.

2.2.3. Закрытая штамповка поковок типа шестерен

К этому типу относятся поковки, круглые в плане: шестерни цилиндрические и конические, фланцы, крестовины дифференциала, кольца и подобные им детали (рис. 2.10). При разработке чертежа поковки припуски и допуски назначаются с учетом ряда факторов:

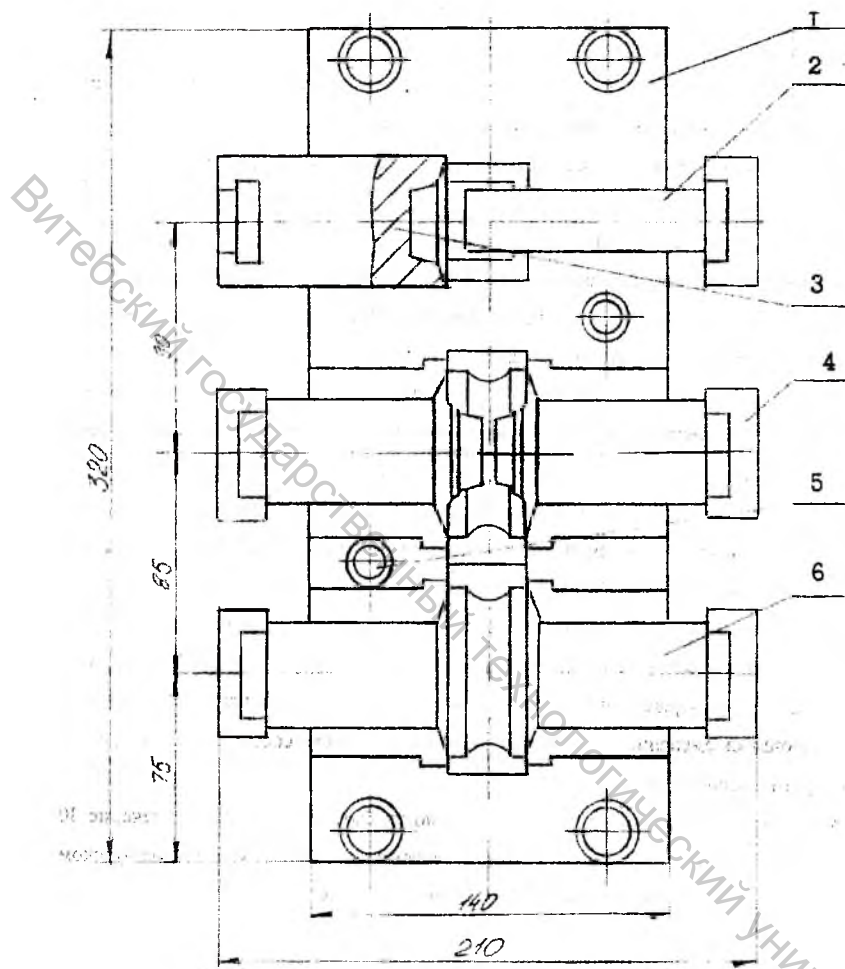


Рис. 2.9. Рабочие части штампа: 1 – блок полуматриц, 2 – пуансон пробивной, 3 – пуансон толкающий, 4 – пуансон деформирующий окончательного перехода, 5 – фиксатор, 6 – пуансон деформирующий предварительного перехода

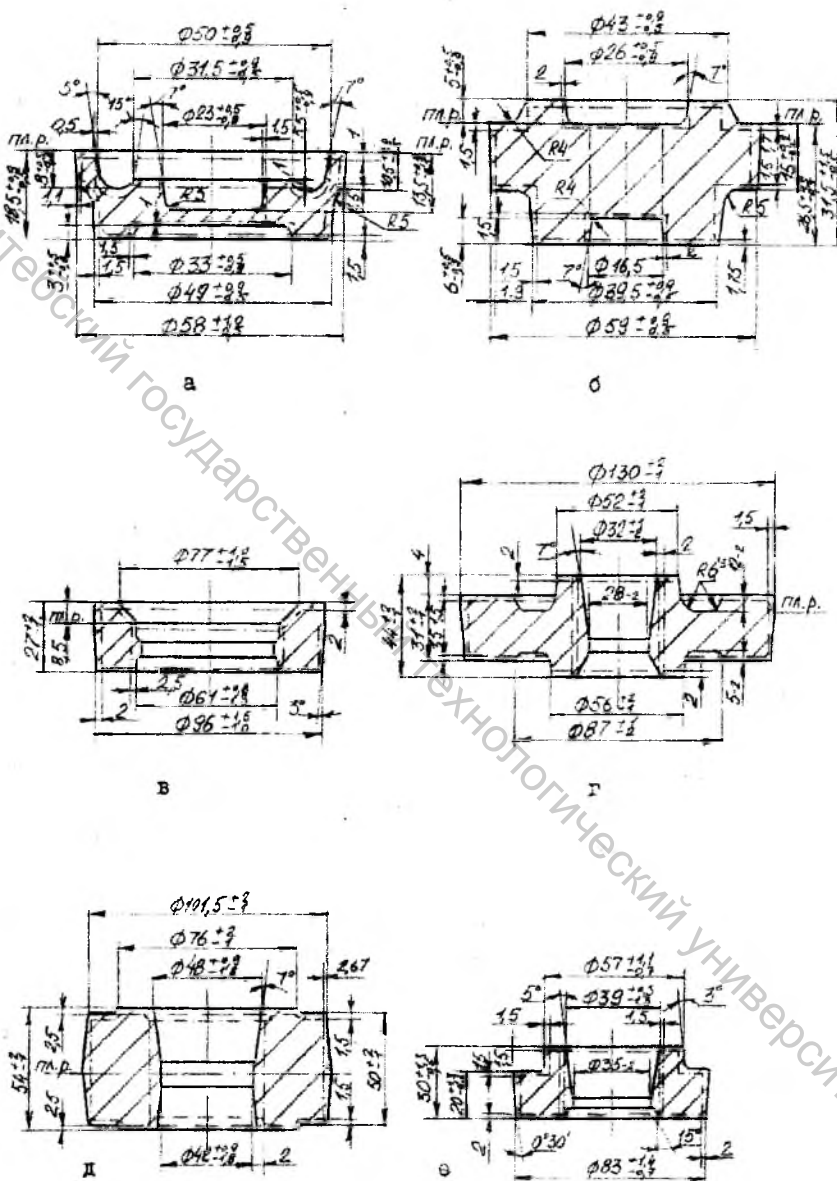


Рис. 2.10. Чертежи типовых поковок шестерен

1. Плюсовой или минусовой допуски на линейные размеры, формируемые пуансонами, в зависимости от конфигурации поковок, ее массы и возможного колебания массы заготовки могут быть несколько увеличены.
2. В связи с тем, что при данном технологическом процессе производится операция осадки, то в случае применения газового нагрева на торцах заготовки остается пятно окалины и припуск на поковке в местах попадания окалины увеличивается.
3. Минусовой допуск, рассчитываемый из условия колебания массы заготовки по установленным допускам на резку, несколько увеличивается на диаметры отверстий, образующихся деформирующими пуансонами.

Размеры заготовок выбираются в соответствии с правилом осадки, предусматривающим, чтобы отношение h/D было не более 2,5 – 2,7. Компенсация избытка объема заготовки осуществляется за счет схемы пакета и перегрузок прессы не происходит, так как при значительном избытке объема заготовки (свыше 5%) схема пакета обеспечивает автоматический разъем полуматриц и вытекание излишнего металла в заусенец. При небольшом избытке металла (до 5%) происходит увеличение поковки по высоте в пределах, установленных ГОСТом допусков. Диаметр заготовки меньше диаметра поковки в 3 – 4 раза и поэтому изменение длины заготовки на 1 – 2 мм приводит к очень незначительному отклонению высоты поковки.

Площадь давления или площадь деформирующих пуансонов выбирается, исходя из конструктивных особенностей поковок, условия обеспечения достаточного усилия сжатия полуматриц, количества металла, вытесняемого пуансонами и необходимого для заполнения ручья штампа. Чем больше площадь деформирующего пуансона, тем надежнее сжатие полуматриц.

Если площадь давления больше площади поковки, размещенной в матрице, избыточный металл поступает в перемычку под пробивку. Высота поковки при этом изменяется незначительно.

В случае, когда площадь давления меньше площади поковки, размещенной в матрице, избыточный объем заготовки вызывает увеличение высоты поковки. Влияние избыточного объема заготовки должно учитываться при разработке чертежа поковки, а также при проектировании штамповочного пакета. Это необходимо для выравнивания давлений, действующих на пуансон и матрицу в момент штамповки. Тогда все детали штампа будут работать в одинаковых условиях и стабильность процесса штамповки возрастает.

В каждом конкретном случае выбирается оптимальное передаточное отношение клиновой системы пакета.

Рассмотрим на примерах, как выбирается площадь давления. На поковке (рис. 2.10, а) диаметр деформирующего пуансона выбирается по размеру впадины диаметром 50 мм. При этом объем вытесняемого из полости металла достаточен для заполнения гравюры штампа. Штамповка осуществляется одним деформирующим пуансоном. Осадка заготовки происходит на осадочных бойках до диаметра, позволяющего точно зафиксировать ее в ручье нижней полуматрицы по диаметру 68 мм (вся поковка располагается в нижней полуматрице).

Для поковки, показанной на рис. 2.10, б, величины наметок недостаточно для полного заполнения ручья штампа. Поэтому деформирование осуществляется по диаметру 43 мм. Осадка осуществляется до диаметра 40 мм, чтобы заготовку можно было зафиксировать по ступице поковки в ручье нижней полуматрицы по диаметру 39,5 мм и верхняя часть ее вошла в полость верхней полуматрицы диаметром 43 мм при закрытии штампа. Деформирующий пуансон диаметром 43 мм вытесняет при штамповке металл из полости верхней полуматрицы. В обоих случаях при односторонней штамповке плоскость разреза полуматриц выбрана по верхнему торцу венца, что улучшает центрирование заготовки и заполнение ручья штампа.

Штамповочные уклоны назначаются в зависимости от конструктивных особенностей деталей, плоскости разреза полуматриц, наличия выталкивателя в штампе. В связи с тем, что штамповочные уклоны увеличивают припуск на поковках, их стараются сделать минимальными. Внешние уклоны задаются в пределах от 0,30 до 5°, а внутренние – от 3 до 7°.

Плоскость разреза необходимо по возможности предусматривать в том месте поковки, которое заполняется металлом в последний момент штамповки: на поковках с отношением высоты венца к диаметру (h/D) менее 0,3 плоскость разреза выбирается по верхнему торцу поковки (рис. 2.10, а, б) или смещается вниз на 7–10 мм от верхнего торца (рис. 2.10, в, г); при отношении h/D более 0,3 плоскость разреза может проходить посередине высоты венца или несколько смещается к верхнему торцу (рис. 2.10, д).

Перевод изготовления поковок на безобойную штамповку, как правило, не приводит к увеличению технологических переходов, а иногда даже сокращает их.

Высокие поковки, имеющие глубокие наметки, необходимо штамповать в двусторонних пакетах с двумя деформирующими пуансонами.

Технологический процесс штамповки заключается в следующем. Нагретые заготовки осаживаются на осадочных бойках I (рис. 2.11), а затем укладываются в ручей

нижней полуматрицы 4 и центрируются в нем. При ходе ползуна прессы вниз верхняя полуматрица 3 совмещается с нижней 4 и образует закрытый ручей, после чего деформирующие пуансоны 2, внедряясь в осаженную заготовку, оформляют поковку.

При двусторонней штамповке поковок точно зафиксированное расположение пробиваемой перемычки необязательно и ограничивать ход деформирующего пуансона нет необходимости. Поэтому между вставками 3, 4 и пуансоном 2 дается значительный зазор с учетом хода пуансона для выталкивания поковки из ручья матрицы.

Если же задаются определенные допуски на размеры и расположение элементов поковки, которые оформляются деформирующими пуансонами, нужно предусматривать ограничение хода одного из деформирующих пуансонов 6 (рис. 2.11).

В этом случае поковки извлекаются из ручья выталкивающими пуансонами 3, 5, расположенными внутри деформирующих пуансонов 2, 6.

Технологический процесс горячей штамповки состоит из двух операций, собственно штамповки и пробивки отверстия. Обычно пробивка отверстия осуществляется на обрезающем прессе. При безоблойной штамповке нет операций обрезки облоя, а пробивку отверстия можно производить непосредственно на штамповочном оборудовании, для чего в пакете для штамповки предусматривается соответствующий ручей. Это позволяет высвободить обрезающий пресс и снизить трудоемкость изготовления поковок. Такой процесс осуществляется на Токмакском кузнечно-штамповочном заводе, где четыре наименования шестерен, подобных показанной на рис. 2.10, е, штампуются на кривошипном прессе усилием 250 тс (2500 кН) с одновременной пробивкой отверстия.

Сателлит дифференциала автомобиля МАЗ-500 штамповался на кривошипных горячештамповочных прессах усилием (6300 – 10000 кН). При этом технологический процесс состоял из газового нагрева заготовок, осадки их, окончательной штамповки поковок с небольшой наметкой (рис. 2.12, а) и обрезки облоя. Отверстие сверлилось в механическом цехе с большими затратами труда и инструмента.

Разработанный процесс безоблойной штамповки позволил получить поковку сателлита с пробитым отверстием (рис. 2.12, б) и резко снизить трудоемкость механической обработки, а также расход металлопроката.

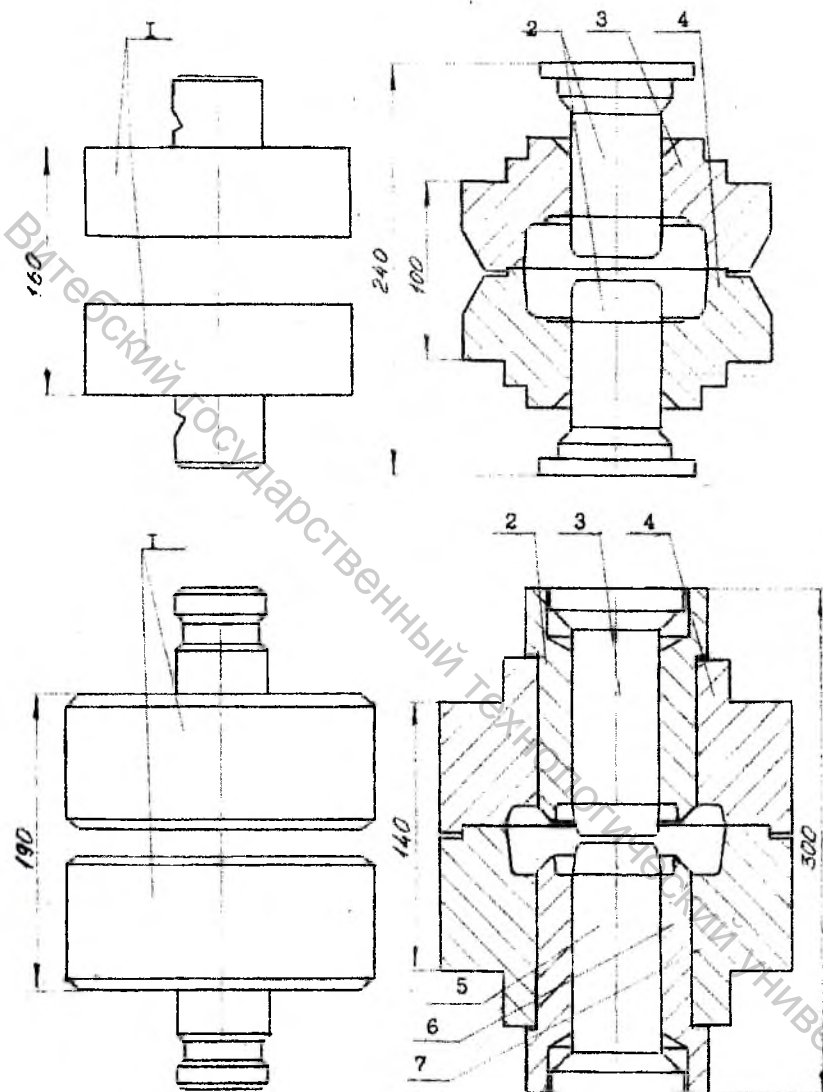


Рис. 2.11. Рабочие части штампов для двусторонней безоблойной штамповки

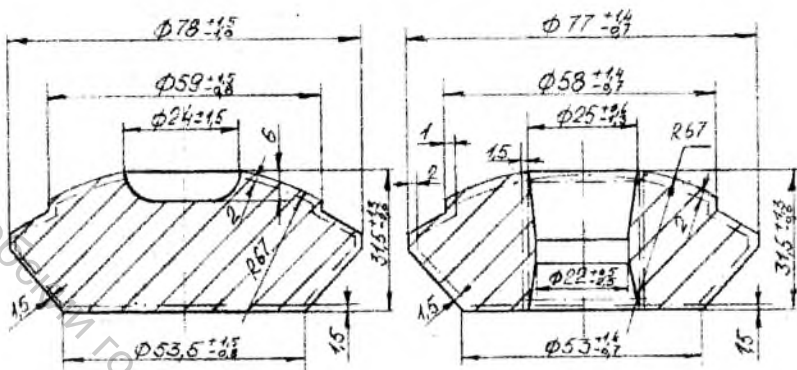


Рис. 2.12. Чертежи поковок дифференциала автомобиля

а – чертеж поковки, получаемой обычным методом;

б – чертеж поковки, получаемой безоблойной штамповкой.

2.3. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ШТАМПОВ ДЛЯ ГОРЯЧЕЙ БЕЗОБЛОЙНОЙ ШТАМПОВКИ

2.3.1. Рычажные штампы

Рычажные штампы предназначены для однопереходной штамповки поковок типа угольников, тройников, корпусов форсунок двигателей, а также некоторых типов валов и вилок. Основными элементами рычажных штампов являются пуансон, полуматрицы, обойма и рычаги (см. рис. 2.13)

При конструировании штампов необходимо определить усилия, действующие на все его элементы.

Из условия равновесия сил с учетом трения в шарнирах усилие сжатия полуматриц

$$P_{сж} = \frac{P_0}{2 \operatorname{tg}(\alpha + \arcsin(fd/l))}, \quad (2.2)$$

а также усилия, возникающие в верхнем и нижнем рычагах

$$R_{\theta} = \frac{P_{\partial}}{2} \left[\frac{c - b \operatorname{tg}(\alpha + \arcsin(fd/l))}{a \sin(\alpha + \arcsin(fd/l))} \right], \quad (2.3)$$

$$R_{\Pi} = \frac{P_{\partial}}{2} \left[\frac{a - c + b \operatorname{tg}(\alpha + \arcsin(fd/l))}{a \sin(\alpha + \arcsin(fd/l))} \right], \quad (2.4)$$

где P_{∂} – усилие на деформирующем пуансоне; α – угол наклона рычагов (элементов) к горизонтальной оси; l – длина рычага (элемента); d – диаметр цилиндрического шарнира; f – коэффициент трения; a – расстояние между шарнирами; c – расстояние точки приложения равнодействующей сжимающих усилий от нижнего шарнира; b – расстояние от оси штампа до центра шарнира полуобоймы.

Усилие штамповки рассчитывается в конечный момент деформирования, когда происходит полное оформление поковки и усилие максимально.

Для расчета на прочность замкнутой цельной или составной обоймы, куда монтируется вся рычажная система с полуматрицами, необходимо использовать формулу общего усилия сжатия полуматриц (2.2), которое для обоймы является распирающим усилием. Для расчета рычагов и площади шарнирного сопряжения используются формулы (2.3) и (2.4).

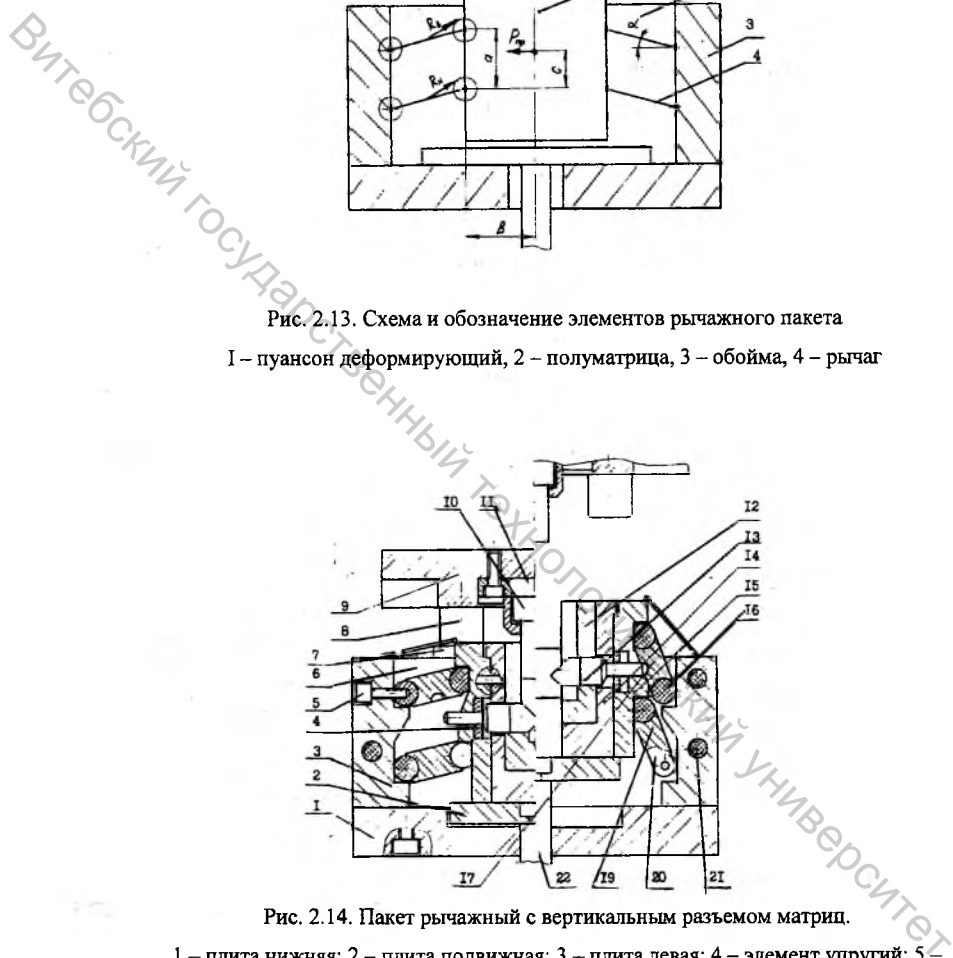
В целях повышения эксплуатационных свойств пакета необходимо поковку располагать в штампе по высоте таким образом, чтобы равнодействующая распирающих сил находилась по середине между реакциями. Тогда усилия, действующие на шарниры и рычаги, будут одинаковы и, соответственно, будут равны их износ и упругие деформации. Это позволит повысить точность штампуемых поковок в плоскости разреза.

С достаточной степенью точности для практических расчетов можно принять, что давления по гравюре штампа в плоскости разреза распределены равномерно. Тогда равнодействующая распорных усилий будет в центре тяжести сечения поковки в плоскости разреза.

Для предварительного расчета элементов пакета рассчитывается деформирующее усилие, а затем по упрощенным формулам (без учета сил трения в шарнирах) рассчитываются его основные элементы

$$P_{\text{сж}} = \frac{P_{\partial}}{2 \operatorname{tg} \alpha}, \quad (2.5)$$

$$R_{\theta} = \frac{P_{\partial}}{2} \left[\frac{c - b \operatorname{tg} \alpha}{a \sin \alpha} \right], \quad (2.6)$$



1 – пуансон деформирующий, 2 – полуматрица, 3 – обойма, 4 – рычаг

1 – пуансон деформирующий, 2 – полуматрица, 3 – обойма, 4 – рычаг

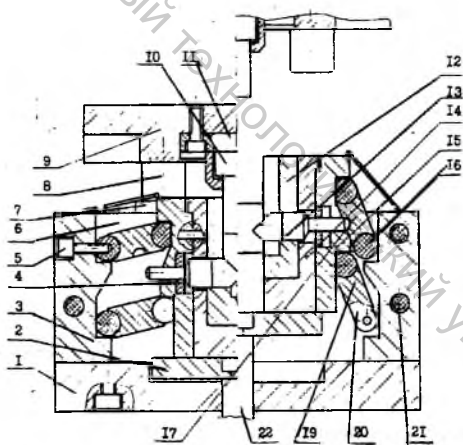


Рис. 2.14. Пакет рычажный с вертикальным разъемом матриц.

1 – плита нижняя; 2 – плита подвижная; 3 – плита левая; 4 – элемент упругий; 5 – винт; 6 – плита задняя; 7 – колонка; 8 – втулка; 9 – плита верхняя; 10 – пуансон; 11 – плита опорная; 12 – полуматрица; 13 – выталкиватель боковой; 14 – матрицедержатель; 15 – полуобойма; 16 – шарнир

$$R_H = \frac{P_0}{2} \left[\frac{a - c + b \operatorname{tg} \alpha}{a \sin \alpha} \right], \quad (2.7)$$

Как показывает анализ формул (2.2) и (2.5), усилие сжатия тем больше, чем меньше угол наклона рычага к горизонтальной оси, коэффициент трения и диаметр шарнира.

В разработанном типовом пакете угол наклона составляет $8 - 15^\circ$, а усилие сжатия в 1,85 – 3,5 раза больше усилия штамповки.

Такое соотношение необходимо в связи с тем, что площадь поковки в плоскости разреза значительно превышает площадь давления, т.е. площадь деформирующего пуансона (для поковок МАЗа и КраЗа соотношение площадей составляет от 5 до 11). Дальнейшее уменьшение угла и увеличение усилий сжатия нежелательно в связи с тем, что при штамповке происходит упругая деформация пакета и угол становится меньше на $2 - 3^\circ$. В процессе штамповки рычаги могут стать в распор, т.е. $\alpha \rightarrow 0$, и вывести их из распора нижним выталкивателем будет затруднительно.

Конструктивно рычажные штампы (рис. 2.14) состоят из нижней 1 и верхней 9 плит, связанных между собой колонками 7 и втулками 8.

На верхней плите 9 при помощи болтов прикреплена опорная плита 11, на которой установлен деформирующий пуансон 10, крепящийся накладной гайкой.

На нижней плите 1 смонтирована замкнутая обойма, состоящая из передней и задней плит 6 и двух боковых плит 3, соединенных болтами 21. В замкнутой обойме на цилиндрических шарнирах 16 установлены рычаги 17 и 19 – по два с каждой стороны.

Рычаги одним концом опираются на цилиндрические шарниры, закрепленные винтами 5 на уступах в боковых плитах 3 обоймы, а вторым – на цилиндрические шарниры, прикрепленные к подвижным полуобоймам 15. Цилиндрические шарниры попарно связаны между собой звеньями 20.

В полуобоймах находятся матрицедержатели 14, в которых закреплены полуматрицы 12. Для предотвращения смещения полуматриц в полуобоймах предусмотрены ловители 18.

В полуматрицах расположены боковые выталкиватели 13, под которыми в полуобоймах установлены упругие элементы 4 для компенсации избытка металла в заготовке.

Выдавленная поковка извлекается из ручьев полуматриц выталкивателями 13, которые при повороте рычагов 17 перемещаются к центру. Поковка может удаляться под стол пресса, если шток пневмоцилиндра будет полым, или за пресс через окно в передней и

задней плитой обоймы штампа. В гнезде нижней плиты на токе 22 пневмоцилиндра, расположенного под плитой прессы, установлена плита 2, которая поднимает и удерживает в верхнем положении полуобоймы 15.

При опускании штока пневмоцилиндра полуобоймы под действием силы тяжести опускаются и полуматрицы образуют закрытый ручей, в который сверху укладывается нагретая цилиндрическая заготовка. В процессе движения ползуна прессы вниз заготовка под действием пуансона деформируется, заполняя ручей штампа. При возвращении ползуна в верхнее положение включается пневмоцилиндр, плита 2 которого поднимает полуобоймы. Последние, поворачиваясь на рычагах, одновременно расходятся в стороны, раскрывая полуматрицы.

Конструктивные особенности пакета состоят в следующем. Пакет обеспечивает возможность получения поковок за один переход с одним или несколькими отrostками, расположенными во взаимно перпендикулярных плоскостях, а также деталей типа валов с утолщениями. При отсутствии устройств, учитывающих колебание объема заготовки (в пределах до 3%), компенсация избыточного объема происходит за счет упругой деформации деталей пакета. В случае значительного избытка объема заготовки металл вытекает в торцевой заусенец, и полуматрицы раскрываются по плоскости разреза.

2.3.2. Клиновые штампы с одним вертикальным подвижным пуансоном

Кинематика движения элементов штампа представлена на рис. 2.15. Усилия, действующие на элементы штампа, определяются выражениями:

- ♦ усилие сжатия полуматриц

$$P_{сж} = P_0 \frac{\cos(\alpha - 2\rho) \sin(\beta + \rho)}{\sin(\alpha - \rho) \cos(\beta + 2\rho)}, \quad (2.8)$$

- ♦ общее усилие штамповки

$$P_{общ} = P_0 \frac{\sin(\alpha + \beta) \cos \rho}{\sin(\alpha - \rho) \cos(\beta + 2\rho)}, \quad (2.9)$$

- ♦ усилие растяжения (распора) обоймы (элемент 4)

$$P_{обм} = P_0 \frac{\cos \rho \cos \beta \cos(\alpha - 2\rho)}{2 \sin(\alpha - \rho) \cos(\beta + 2\rho)}, \quad (2.10)$$

- ♦ усилие на контактных поверхностях центральной призмы (элемент 3)

$$P_{к.пр} = P_0 \frac{\cos \rho}{2 \sin(\alpha - \rho)}, \quad (2.11)$$

- ♦ усилие на контактных поверхностях обоймы (элемент 4)

$$P_{\text{к.обм}} = P_0 \frac{\cos \rho \cos(\alpha - 2\rho)}{2 \sin(\alpha - \rho) \cos(\beta + 2\rho)}, \quad (2.12)$$

- ♦ усилие на контактных поверхностях верхней плиты (элемент 1)

$$P_{\text{обш}} = \frac{P_{\text{обш}}}{2} = P_0 \frac{\sin(\alpha + \beta) \cos \rho}{2 \sin(\alpha - \rho) \cos(\beta + 2\rho)}, \quad (2.13)$$

где α, β – углы клиновых призм; $\rho = \rho_1 = \rho_2 = \dots$ – угол трения клиновых пар, равный $\arctg f_{\text{тр}}$, причем в формулах он принят одинаковым для всех клиновых пар трения; P_0 – усилие на деформирующем пуансоне.

Выражения (2.11), (2.12), (2.13) используются для силового расчета клиновых призм и определения площади контактных поверхностей. Силовой расчет обоймы на разрыв осуществляется с использованием выражения (2.10).

Анализ выражения (2.8) показывает, что на отношение усилий сжатия полуматриц и на деформирующем пуансоне $P_{\text{сж}}/P_0$ оказывают влияние два фактора: углы клиновых призм α, β и коэффициент трения $f_{\text{тр}}$ в клиновых парах. С увеличением коэффициента трения, угла β и с уменьшением угла α усилие сжатия значительно увеличивается и может превышать усилие на деформирующем пуансоне в 6 раз и более.

Отношение усилия сжатия $P_{\text{сж}}$ к усилию на деформирующем пуансоне P_0 будет зависеть от соотношения площади поковки в плоскости разреза и площади давления (площади деформирующего пуансона).

Для обеспечения длительной работы клиновых пар трения необходимо подбирать соответствующие материалы, допускающие значительные давления при минимальном коэффициенте трения (обычно сталь закаленная – антифрикционный чугуны или сталь – бронза). При проектировании пакета необходимо задаться определенной величиной хода деформирующих пуансонов, которая зависит от конструктивных параметров поковки и технологических переходов. Ход деформирующих пуансонов равен наибольшей глубине наметок.

Ход деформирующего пуансона в пакете определяется ходом обоймы и углами клиновых призм

$$l = 2S_4 \text{ctg} \alpha \text{ctg} \beta, \quad (2.14)$$

где S_4 – ход подвижной обоймы (элемент 4).

Из выражения (2.14) видно, что ход деформирующего пуансона (при $\alpha = \beta = 45^\circ$) равен двойному ходу обоймы.

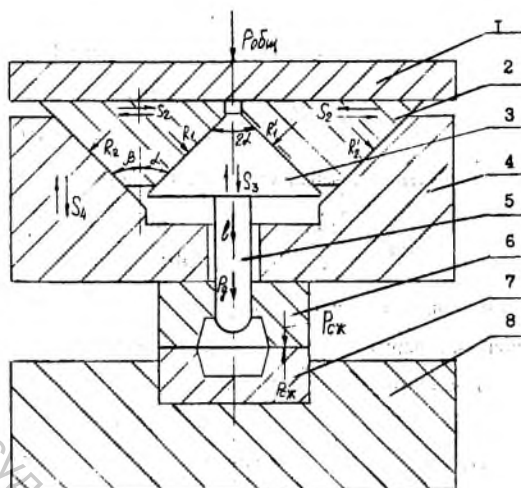


Рис. 2.15. Схема и обозначение элементов штампа

1 – плита верхняя; 2 – призмы клиновые промежуточные; 3 – призма центральная; 4 – обойма; 5 – пуансон деформирующий; 6 – полуматрица верхняя; 7 – полуматрица нижняя; 8 – плита нижняя

Величина хода обоймы и, соответственно, деформирующего пуансона зависит от разности величин, определяющих высоту пакета в свободном состоянии H_0 и закрытую высоту H_3 , т.е.

$$l_{max} = 2(H_0 - H_3) \operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \beta. \quad (2.15)$$

Изменение закрытой высоты прессы на величину Δh приводит к изменению хода деформирующих пуансонов, соответственно, на

$$\Delta l = \Delta h 2 \operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \beta \quad \text{или} \quad \Delta l / \Delta h = 2 \operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \beta \quad (2.16)$$

Конструкция штампа представлена на рис. 2.16. Штамп позволяет реализовать последовательно три перехода. Осадку исходной заготовки между пуансонами 9, непосредственно штамповку между полуматрицами 15, 17 и обрезку перемычки пуансоном 3. Штамп работает следующим образом. В исходном верхнем положении ползуна прессы подвижная обойма 2 максимально отжата от верхней плиты пружинами 7. При движении ползуна прессы вниз происходит смыкание верхней и нижней полуматриц 15, 17. В процессе дальнейшего перемещения ползуна прессы движение от верхней плиты 10 передается через призму 13, которая жестко связана с деформирующим пуансоном 20. После завершения деформации поковка извлекается из нижней полуматрицы выталкивателем 19.

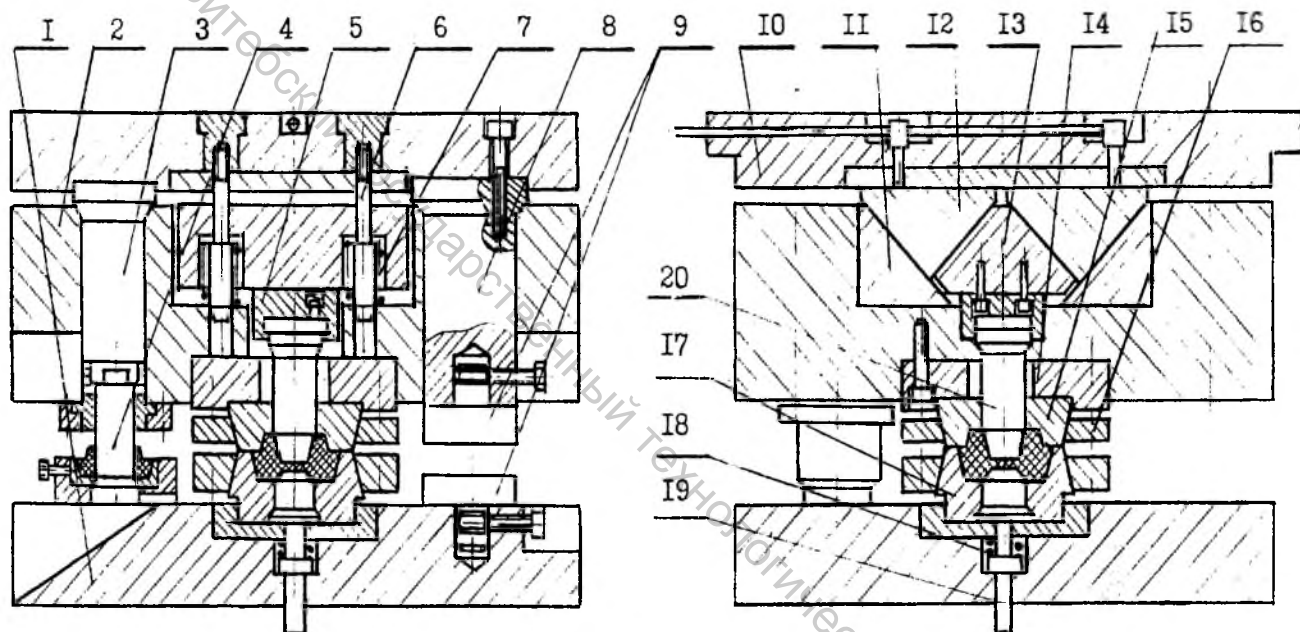


Рис. 2.16. Конструкция клинового штампа с одним подвижным пуансоном

1 – плита нижняя; 2 – обойма; 3 – пуансон отрезной; 4 – вставка сменная; 5 – пуансонодержатель; 6 – шток; 7 – пружина возврата; 8 – пуансон осадочный; 9 – вставка сменная; 10 – плита верхняя; 11, 12, 13 – призмы клиновые; 14 – матрицедержатель; 15 – полуматрица верхняя; 16 – бандаж; 17 – полуматрица нижняя; 18 – пружина возврата; 19 – выталкиватель; 20 – пуансон деформирующий

2.3.3. Клиновые штампы с двумя горизонтальными подвижными пуансонами

Принципиальная схема штампа представлена на рис. 2.17.

- ♦ общее усилие штамповки

$$P_{общ} = 2P_0 \frac{\cos \rho_{31} \cos \rho_{34} \cos(\gamma - \rho_{12}) \sin(\alpha + \beta + \rho_{64} - \rho_{24})}{\sin(\gamma - \rho_{12} - \rho_{31}) \sin(\beta - \rho_{24}) \cos(\alpha + \rho_{64} + \rho_{54})}; \quad (2.17)$$

- ♦ усилие сжатия полуматриц

$$P_{сж} = 2P_0 \frac{\cos \rho_{31} \cos(\gamma - \rho_{12}) \sin(\alpha + \rho_{64}) \cos(\beta - \rho_{24} - \rho_{54})}{\sin(\gamma - \rho_{12} - \rho_{13}) \sin(\beta - \rho_{24}) \cos(\alpha + \rho_{64} + \rho_{54})}; \quad (2.18)$$

- ♦ усилие, необходимое для расчета площади контактной площадки клиновой ползушки и нижней плиты

$$P_{31} = P_0 \frac{\cos \rho_{31} \cos(\gamma - \rho_{12})}{\sin(\gamma - \rho_{12} - \rho_{13})}; \quad (2.19)$$

- ♦ усилие, необходимое для расчета площади контактной поверхности между клиновой ползушкой и обоймой

$$P_{21} = P_0 \frac{\cos \rho_{31} \cos \rho_{12}}{\sin(\gamma - \rho_{12} - \rho_{13})}; \quad (2.20)$$

- ♦ усилие, необходимое для расчета площади контактной поверхности между обоймой и промежуточной клиновой призмой

$$P_{42} = P_0 \frac{\cos \rho_{31} \cos(\gamma - \rho_{12}) \cos \rho_{24}}{\sin(\gamma - \rho_{12} - \rho_{31}) \sin(\beta - \rho_{24})}; \quad (2.21)$$

- ♦ усилие, необходимое для расчета площади контактной поверхности между промежуточной и центральной клиновыми призмами

$$P_{64} = P_0 \frac{\cos \rho_{31} \cos(\gamma - \rho_{12}) \cos \rho_{64} \cos(\beta - \rho_{24} - \rho_{54})}{\sin(\gamma - \rho_{12} - \rho_{31}) \sin(\beta - \rho_{24}) \cos(\alpha + \rho_{64} - \rho_{54})}; \quad (2.22)$$

- ♦ усилие, необходимое для расчета площади контактной поверхности между промежуточной клиновой призмой и верхней плитой пакета

$$P_{54} = P_{общ} / 2; \quad (2.23)$$

- ♦ усилие, растягивающее обойму (распирающее)

$$P_{р.об.} = P_0 \frac{\cos \rho_{31} [\sin(\gamma - \rho_{12}) \sin(\beta - \rho_{24}) + \cos(\gamma - \rho_{12})]}{\sin(\gamma - \rho_{12} - \rho_{31}) \sin(\beta - \rho_{24})}; \quad (2.24)$$

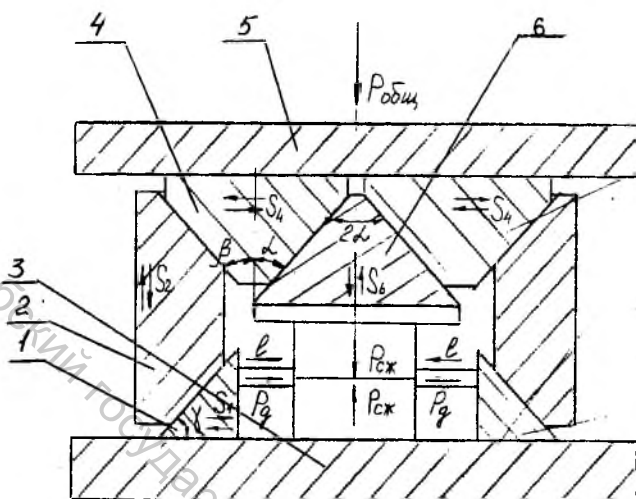


Рис. 2.17. Схема и обозначение элементов штампа

1 – ползушка клиновья; 2 – обойма подвижная; 3 – плита нижняя; 4 – призма клиновья промежуточная; 5 – плита верхняя; 6 – призма клиновья центральная.

где P_d – усилие, действующее на деформирующем пуансоне,

$\rho_{12}, \rho_{31}, \rho_{24}, \dots$ – угол трения между поверхностями, соответственно, элементов 1 и 2, 3 и 1, 2 и 4 и т.д., при этом $\rho = \arctg f$, где f – коэффициент трения, α, β, γ – углы клиновых ползушек и призм, обозначенных на схеме.

Подобрав материалы трущихся пар таким образом, что все коэффициенты трения будут равны $\rho_{12} = \rho_{31} = \rho_{24} = \rho_{34} = \rho_{64} = \rho$, можно значительно упростить вышеприведенные выражения.

Если допустить, что $\rho = 0$, то соотношение усилия сжатия к усилию на деформирующем пуансоне выразится отношением тангенсов углов призм

$$\frac{P_{сж}}{P_d} = 2 \frac{\tg \alpha}{\tg \beta \tg \gamma}; \quad (2.25)$$

что является как бы передаточным отношением клиновой системы пакета.

Конструктивная схема штампа представлена на рис. 2.18. Штамп состоит из нижней 1 и верхней 6 плит, соединенных колонками 13 и втулками 12 и 14, запрессованными соответственно, в нижнюю и верхнюю плиты и подвижную плиту-обойму 4.

К верхней плите при помощи специальных болтов 15 и 11 прикреплены центральная клиновая призма 9 и подвижная плита обоймы 4, которая имеет двусторонние клиновые вставки 5, поверхности которых находятся в контакте с промежуточными клиновыми призмами 8, перемещающимися по поверхности верхней плиты. Центральная клиновая призма 9, на которой установлены штамподержатель 10 и верхняя полуматрица 24, может перемещаться вертикально и взаимодействовать с промежуточными клиновыми призмами.

На нижней плите 1 находятся клиновые ползушки 2 с планками износа 3, перемещающиеся по нижней плите в направляющих планках 17, штамподержатель с нижней полуматрицей и выталкиватель 21 с компенсационным устройством 22 в виде набора тарельчатых пружин, а также ограничители 19 обратного хода ползушек 2.

В клиновые ползушки в специальный Т-образный паз установлены деформирующие пуансоны 23. Для более жесткого направления подвижная обойма 4 соединена с верхней плитой дополнительными колонками 16. Смазка движущихся деталей пакета осуществляется от системы централизованной смазки прессы через маслоподводящую систему 7.

Штамп работает следующим образом. В исходном верхнем положении ползуна прессы подвижная обойма прижата поддерживающими пружинами 20 к верхней плите, а центральная клиновая призма 9 под действием перемещающихся к центру промежуточных клиновых призм 8 смещена вниз. Ползушки с закрепленными в них деформирующими пуансонами под действием пружин 18 раздвинуты до упоров 19. Нагретая заготовка укладывается в ручей нижней полуматрицы между пуансонами. При ходе ползуна вниз верхняя полуматрица вначале соприкасается с нижней и останавливается, образуя таким образом закрытый ручей, а затем клиновые поверхности вставок 5, соприкасаясь с клиновыми поверхностями ползушек 2, заставляют их двигаться навстречу друг другу.

При дальнейшем движении ползуна вниз промежуточные клиновые призмы 8, наталкиваясь скошенными поверхностями на остановившуюся центральную призму, начинают перемещаться в стороны от центра, давая подвижной обойме дополнительное движение вниз, которое передается ползушкам с пуансонами. Последние деформируют уложенную в ручей заготовку, которая заполняет гравюру штампа.

После штамповки верхняя плита с подвижной обоймой поднимается, ползушки под действием пружин возвращаются в исходное положение, а поковка извлекается из ручья нижней полуматрицы выталкивателем, работающим от пневмо- или гидроцилиндра, установленного под столом пресса.

Конструкция штампа имеет следующие особенности:

- ♦ усилие сжатия полуматриц пропорционально усилию штамповки и зависит от величины углов клиновых призм (схемы с обратной связью) и коэффициента контактного трения в клиновых парах;
- ♦ углы клиновых призм и усилие сжатия зависят от соотношения площадей давления (площади деформирующего пуансона) и поковки в плоскости разреза;
- ♦ при колебаниях объема заготовки в пределах 3-5% избыток металла может размещаться в компенсаторе, а при его отсутствии идет на увеличение размеров поковки в пределах положительного допуска и компенсируется упругой деформацией штампа;
- ♦ при значительном превышении заданного объема заготовки полуматрицы автоматически раскрываются, если усилия разжима полуматриц больше усилий сжатия.

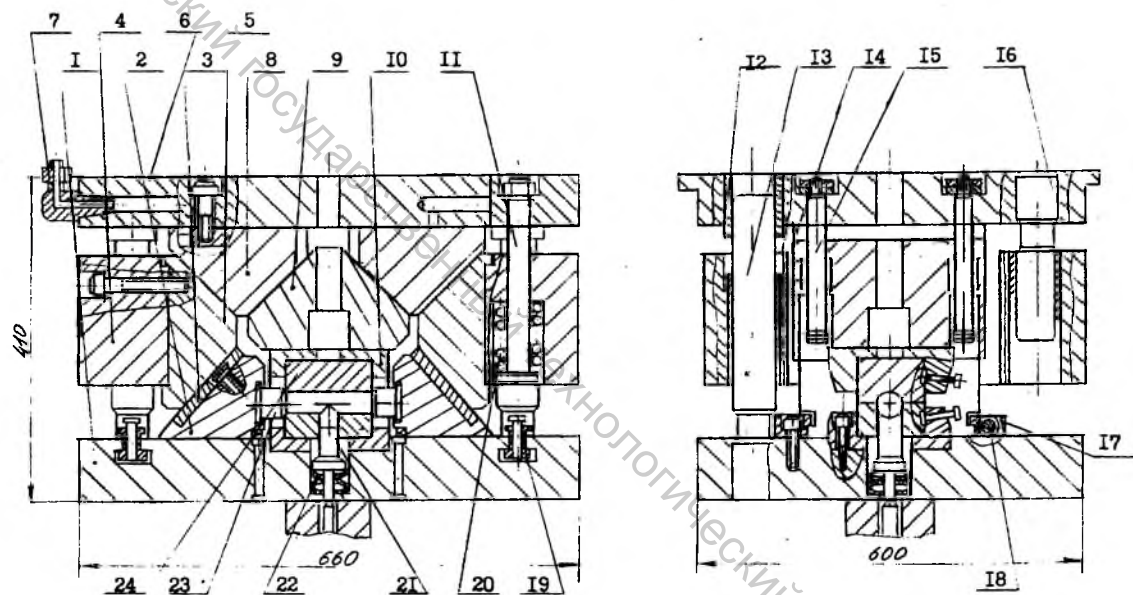


Рис. 2.18. Штамп с горизонтальным разъемом матриц

2.4. Обработка выдавливанием

2.4.1. Холодное выдавливание

Процесс холодного выдавливания (прессования) заключается в следующем: заготовка, объем которой равен объему детали с припуском на обрезку, помещается в гнездо матрицы; давлением пуансона металл приводится в весьма пластичное состояние и выдавливается в нижнее отверстие матрицы или кольцевой зазор между пуансоном и матрицей.

Применение холодного выдавливания в массовом производстве в сравнении с вытяжкой (ближайший аналог выдавливания) позволяет снизить трудоемкость в 5 – 10 раз и уменьшить стоимость инструмента в три раза. Холодным выдавливанием изготавливают детали из алюминия, меди, латуни, цинка, малоуглеродистой стали.

Существует три основных способа холодного выдавливания (рис. 2.19):

- ♦ прямой способ, когда течение металла совпадает с направлением движения пуансона;
- ♦ обратный способ, когда течение металла противоположно движению пуансона;
- ♦ комбинированный способ, представляющий сочетание прямого и обратного способов.

Прямым способом обычно изготавливают гильзы и трубки небольшого диаметра. Для изготовления гильз с доньшком прямым способом заготовка должна быть в виде диска или лучше в виде толстостенного колпачка. Прямой способ холодного выдавливания требует небольшого усилия пресса, так как обычно осуществляется при меньшей степени деформации, что позволяет работать с большим числом ходов пресса (90 – 120 мин⁻¹). Отношение толщины стенок готовой детали к толщине заготовки составляет от 1:4 до 1:25. В таблице 2.4. приведены основные характеристики деталей, изготавливаемых прямым способом холодного выдавливания.

Обратный способ холодного выдавливания применяется для изготовления цилиндрических и призматических полых изделий диаметром до 120 мм, с толщиной стенок от 1,5 до 0,08 мм и высотой до 300 мм при отношении высоты к диаметру до 8 : 1. в таблице 2.5 приведены размеры и точность деталей, изготавливаемых обратным способом холодного выдавливания.

Комбинированный способ холодного выдавливания применяется для изготовления деталей более сложной формы с фигурным дном, имеющих отrostки, выступы и шипы, а

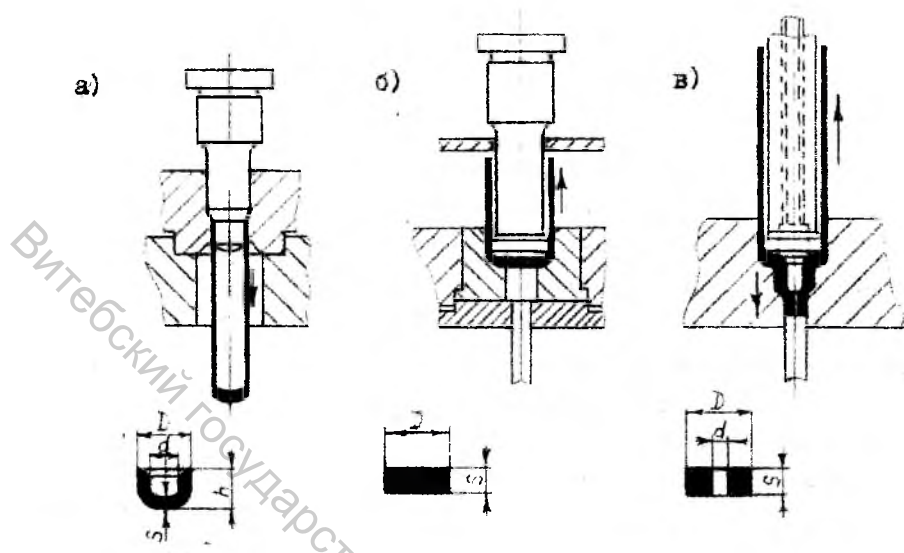


Рис. 2.19 Способы холодного выдавливания:

а – прямой; б – обратный; в – комбинированный

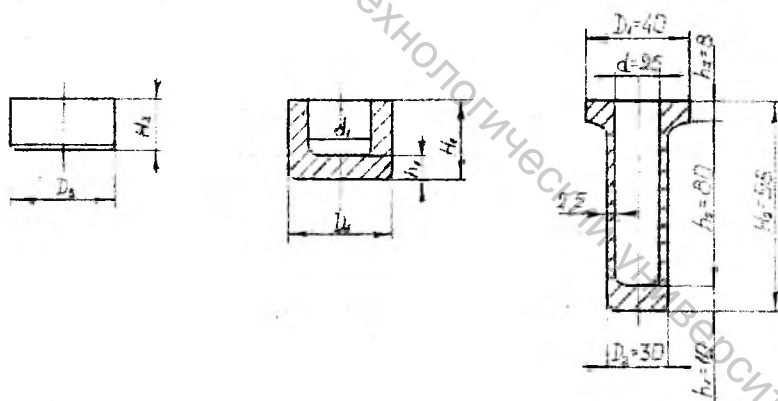


Рис. 2.20 Последовательность переходов выдавливания гильзы

Таблица 2.4

Размеры деталей, изготовляемых прямым способом холодного выдавливания [6]

Элементы деталей	Размеры в зависимости от материала детали, мм		Отклонение, мм (±)
	Свинец, олово, цинк, алюминий	Дюралюмин, медь, латунь	
Диаметр (цилиндрических деталей)	От 3 до 100	От 5 до 100	От 0,03 до 0,5
Сечение (прямоугольные детали)	От 2 x 4 до 100 x 80	От 3 x 5 до 70 x 80	От 0,03 до 0,05
Толщина стенок	От 0,05 до 0,01 и больше	От 0,3 до 1,0 (медь)	От 0,03 до 0,075
Длина детали	От 5d до 60d	От 3d до 40d	От 1 до 5
Толщина фланца	От 0,2-0,3 до 0,5	Равна толщине стенок и больше	От 0,1 до 1,0

Таблица 2.5

Размеры деталей, изготовляемых обратным способом холодного выдавливания

Элементы деталей	Размеры в зависимости от материала детали, мм		Отклонение, мм (±)
	Свинец, олово, цинк, алюминий	Дюралюмин, медь, латунь	
Диаметр (цилиндрических деталей)	От 8 до 100 - 150	От 10 до 50 - 70	От 0,03 до 0,05
Сечение (прямоугольные детали)	От 5 x 7 до 70 x 80	От 6 x 9 до 20 x 40	От 0,03 до 0,05
Толщина стенок	От 0,08 до 0,23 и больше	От 0,5 до 1,0 (медь) От 1,0 и больше (латунь)	От 0,03 до 0,075
Толщина основания	От 0,25 - 0,3 до 0,5 и больше	Равна толщине стенок и больше	От 0,10 до 0,2
Отношение длины детали к диаметру	От 3:1 до 10:1 (свинец); 8:1 (алюминий)	От 3:1 до 5:1	От 1 до 3

Таблица 2.6

Допустимая степень деформации при холодном выдавливании стальных деталей

Допустимые деформации	Способы выдавливания			
	Обратный		Прямой	
	Значение показателя	Числ. величина, %	Значение показателя	Числ. величина, %
Степень деформации поперечного сечения		40 - 70		50-90
Относительное уменьшение толщины стенки полой заготовки	-	-		50-75
Относительное уменьшение диаметра полой заготовки	-	-		10-28
Диаметр заготовки равен наружному диаметру D				
В соответствии с размерами деталей допустимы деформации ниже приведенных в таблице				

также с дном, расположенным внутри гильзы. В таблице 2.6 приведена допустимая степень деформации при холодном выдавливании стальных деталей.

На практике требуемое усилие прессования подсчитывают по упрощенной формуле:

$$P = qF, \quad (2.26)$$

где q – приближенная величина давления; F – площадь поперечного сечения заготовки.

Таблица 2.7

Приближенное значение давления для холодного выдавливания, МПа

Материал	Способы холодного выдавливания	
	Прямой	Обратный
Алюминий	400 - 700	800 - 1200
Медь	600 - 1000	1500 - 2000
Латунь	800 - 1500	1800 - 2500
Сталь	1000 - 1800	2000 - 3000

Экономическая эффективность процессов холодного выдавливания зависит от серийности производства. Экономически эффективно применять холодное выдавливание при следующей величине партии деталей:

Вес деталей, кг	До 0,02	От 0,02 до 0,5	От 0,5 до 10	От 10 до 35
Наименьшая величина партии, шт.	10000	5000	3000	1000

ПРИМЕР.

Определить количество операций и размеры переходов для холодного выдавливания полой гильзы из малоуглеродистой стали (рис. 2.20).

Проверим возможность выдавливания гильзы за одну операцию. Находим степень деформации

$$E = \frac{F - F_k}{F} = \frac{D_3^2 - (D_2^2 - d^2)}{D_3^2} = \frac{40^2 - 30^2 + 25^2}{40^2} = 0,83 = 83\% \quad (2.27)$$

Такая степень деформации выше допустимой (табл. 2.6). Поэтому необходимо принять двухоперационный процесс: первая операция – обратное выдавливание стакана с утолщенными стенками, а вторая – прямое выдавливание при уменьшении толщины стенок до

2,5 мм. Наружный диаметр стакана примерно равен диаметру заготовки $D_1 = D_3 = 40$ мм.

Степень деформации при обратном выдавливании стакана

$$E_1 = \frac{d_1^2}{D_1^2} = \frac{25^2}{40^2} = 0,39 = 39\% \quad (2.28)$$

что вполне допустимо (табл. 2.6).

Степень деформации при прямом выдавливании гильзы:

$$E_2 = \frac{F_o - F_k}{F_o} = \frac{(40^2 - 25^2) - (30^2 - 25^2)}{40^2 - 25^2} = 0,72 = 72\% \quad (2.29)$$

Деформация относительного уменьшения толщины стенки:

$$e_s = \frac{S_o - S}{S_o} = \frac{7,5 - 2,5}{7,5} = 0,66 = 66\% \quad (2.30)$$

Относительное уменьшение диаметра полый заготовки:

$$e_d = \frac{D_1 - D_2}{D_1} = \frac{40 - 30}{40} = 0,25 = 25\% \quad (2.31)$$

Все деформации находятся в допустимых пределах (табл. 2.6)

Высоту заготовки и полого стаканчика определим по равенству объема металла по операциям.

Подсчитаем	объем	готовой	гильзы:
------------	-------	---------	---------

$$V = \frac{\pi}{4} [D_2^2 h_1 + (D_2^2 - d^2) h_2 + (D_1^2 - d^2) h_3] = 0,785(9000 + 22000 + 7800) = 30460 \text{ мм}^3 \quad (2.32)$$

Высота заготовки:

$$H_3 = \frac{V}{F_3} = 24,3 = 25 \text{ мм} \quad (2.33)$$

Высоту полого стаканчика (при $h_1=10$ мм) найдем из равенства:

$$V = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - d_1^2) H_1 + \frac{\pi}{4} d_1^2 h_1 \quad (2.34)$$

Откуда:

$$H_1 = \left(V - \frac{\pi}{4} d_1^2 h_1 \right) : \frac{\pi}{4} (D_1^2 - d_1^2) = 33,4 = 34 \text{ мм} \quad (2.35)$$

На рис. 2.21 изображен штамп для холодного выдавливания небольших стальных деталей прямым способом. При этом способе выдавливания применяется направляющая втулка для выдавливания детали.

На рис. 2.22 представлен штамп для обратного выдавливания.

На рис. 2.23 приведена конструкция пуансона и матрицы для прямого выдавливания стальных деталей. Направляющий пуансон 2 подвижно расположен в выдавливающем трубчатом пуансоне 1. Посадка с минимальным зазором. Подвижность пуансона позволяет ему перемещаться вместе с выдавливаемым металлом. Длина пуансона берется по глубине стаканчика – заготовки или по высоте заготовки с отверстием с увеличением на 2 – 3 мм. Рабочая глубина матрицы 3 определяется по высоте заготовки с добавлением 10 мм на заход и направление выдавливающего пуансона.

На рис. 2.24 приведена конструкция пуансона и матрицы для обратного выдавливания стальных деталей. Рабочая длина пуансона берется равной $2,5D$. Глубина матрицы h берется по высоте заготовки и увеличивается на 4 мм.

2.4.2 Горячее выдавливание

Горячее выдавливание осуществляется в очаге деформации по схеме трехосного неравномерного всестороннего сжатия, обеспечивающей штампу высокую пластичность. Благодаря этому горячее выдавливание позволяет успешно изготавливать заготовки из трудноформируемых специальных сталей и сплавов. Некоторые трудно деформируемые сплавы могут обрабатываться только выдавливанием.

На процесс горячего выдавливания оказывают влияние следующие параметры:

- ♦ степень деформации;
- ♦ температурный режим нагрева;
- ♦ коэффициент вытяжки;
- ♦ скорость выдавливания.

В таблице 2.8 приведены температурно-скоростные и деформационные режимы, которые необходимо использовать при разработке технологий изготовления заготовок прямым и обратным выдавливанием.

Объем заготовки при штамповке выдавливанием $V_{\text{заг}}$ определяют по формуле

$$V_{\text{заг}} = V_n + V_y + V_{m,з}; \quad (2.36)$$

где V_n – объем поковки; V_y – объем угара; $V_{m,з}$ – объем торцового заусенца и металла, идущего на удлинение стержня.

Объем поковки рассчитывают по номинальным размерам поковочного чертежа, увеличенным на половину положительных отклонений.

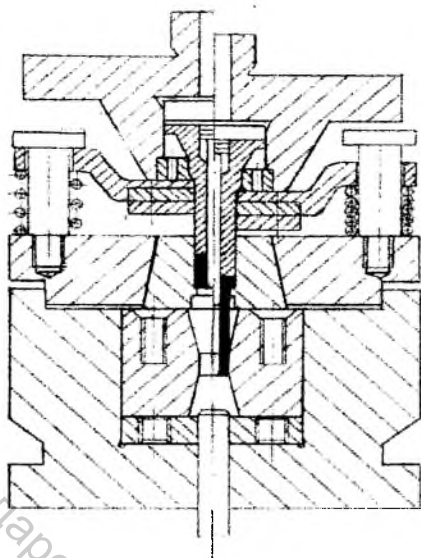


Рис. 2.21 Штамп для прямого холодного выдавливания

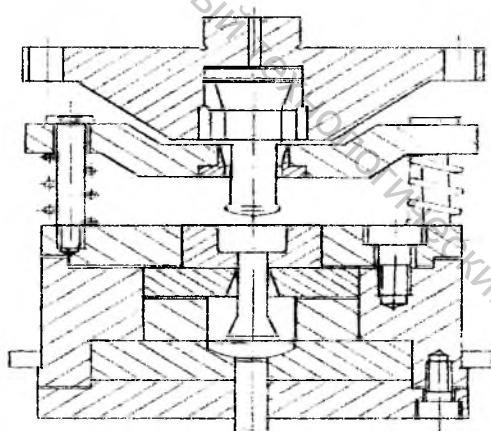
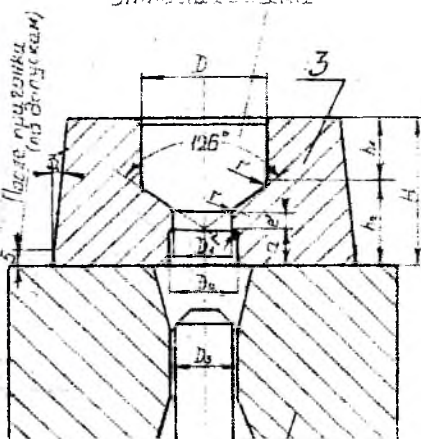
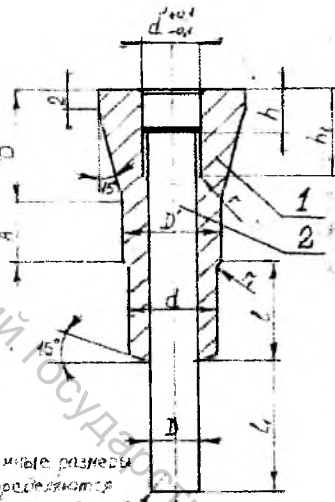


Рис. 2.22 Штамп для обратного холодного выдавливания

Поверхность шлифованная
и тщательно
отполирована

Стандарты МР 58-50

Основные размеры
А, В определяются
типом выдавли-
ваемого материала



$$D_2 = D + 1$$

$$D_2 = D + 202 \quad 5 \quad 4 \quad r = \frac{D - D_2}{2}$$

Рис. 2.23 Конструкция пуансона и матрицы для прямого выдавливания

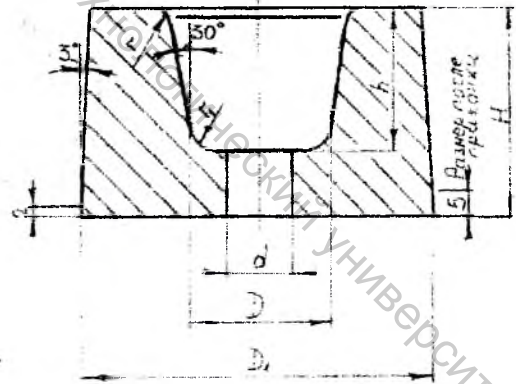
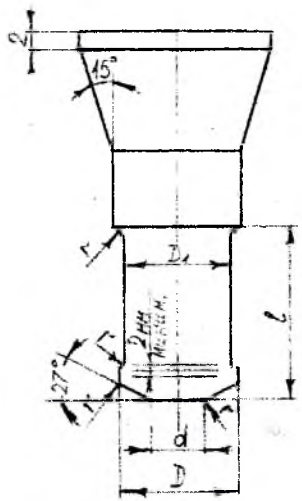


Рис. 2.24 Конструкция пуансона и матрицы для обратного выдавливания

Температурные и деформационные режимы штамповки выдавливанием различных типов поковок

Материал	Тип поковки	Степень деформации, %	Температурный режим штамповки, °С	Скорость истечения металла, м/с
Сталь 45	Стержневые	80	1200 - 750	2,7
45Х	Стержневые	60	1180 - 850	1,85
40ХН2МА	Стержневые	75	1180 - 850	2,56
18Х2Н4ВА	Стержневые	25	1180 - 850	1,2
ХН77ТЮРУ (ЭИ437БУ)	Стержневые	50	1150 - 980	1,6
12Х2Н4А	Пустотелые	50	1180 - 850	1,6
ВТЗ-1	Пустотелые	50	950 - 800	1,6
40ХС	Стаканы	35	1180 - 850	1,37
Д16	Стаканы	40	460 - 380	1,5

Объем угара для черных металлов составляет 0,5 – 1,0% от объема поковки за каждый нагрев; при нагреве цветных сплавов потерю металла на угар можно не учитывать. Для определения объема торцового заусенца его толщину для поковок с головкой диаметром 40 – 100 мм принимают 1 – 1,5 мм, а высоту 3 – 5 мм. Объем поперечного заусенца находят по формуле

$$V_{n.з} = \frac{\pi}{4} (D_{зayc}^2 + d_n^2) h; \quad (2.37)$$

где $D_{зayc}$ – наружный диаметр поперечного заусенца; d_n – диаметр поковки; h – толщина заусенца.

Потери металла, идущего на удлинение стержня, рассчитывают с учетом того, что длина стержня после штамповки на 15 – 25 мм больше номинальной длины.

При выборе диаметра заготовки необходимо, чтобы отношение высоты заготовки $h_{зay}$ к диаметру $d_{зay}$ не превышало 2 – 2,5; наиболее целесообразно отношение 1,5 – 1,8. При этом необходимо учитывать, что заготовка должна удобно и без перекосов укладываться в полость матрицы и не изгибаться при осадке, поэтому диаметр заготовки при прямом выдавливании целесообразно выбирать на 2 – 10 мм меньше диаметра полости матрицы. При об-

ратном выдавливании для предотвращения большой разностенности зазор между заготовкой и полостью матрицы должен быть не более 2 мм. Диаметр исходной заготовки определяют по формуле

$$d_{\text{заз}} = 1,08 \sqrt[3]{V_{\text{заз}} / m}; \quad (2.38)$$

где $m = 1,5 - 1,8$, а затем по сортаменту выбирают ближайшее значение диаметра исходной заготовки и вычисляют, исходя из объема заготовки высоту исходной заготовки по формуле

$$h_{\text{заз}} = \frac{4V_{\text{заз}}}{\pi d_{\text{заз}}^2}; \quad (2.39)$$

Прямым выдавливанием получают сплошные и пустотелые поковки стержневого типа. Штамповку стержневых поковок простой формы (рис. 2.25) рекомендуется производить за два перехода. В первом предварительном переходе получают стержень диаметром d_c , длиной $l_{c, \text{пр}}$ и утолщение диаметром $d_{\text{пр}}$, высотой $h_{\text{пр}}$. Во втором окончательном переходе оформляется утолщенная часть поковки с незначительным выдавливанием металла в стержень и удлинением стержня $l_{c, \text{ок}}$ на некоторую величину. После штамповки излишнюю часть стержня длиной Δl_c отрезают и получают поковку размерами d_n , h_n , $l_{c, \text{п}}$ и d_c . Этот излишек при такой штамповке играет роль компенсатора.

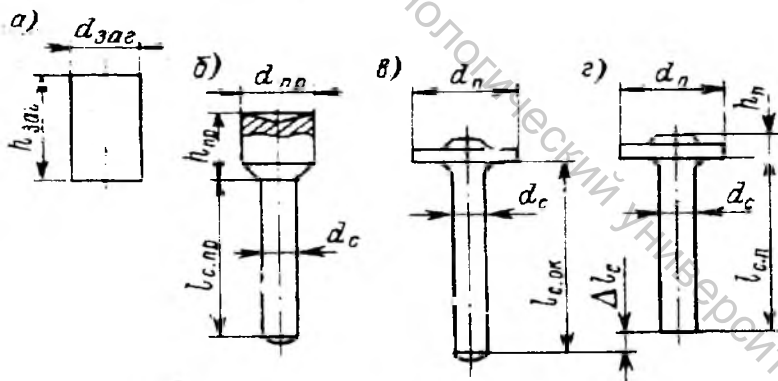


Рис. 2.25 Эскизы и переходы штамповки прямым выдавливанием: а – заготовка, б – после предварительного перехода, в – после окончательного перехода, г – поковка

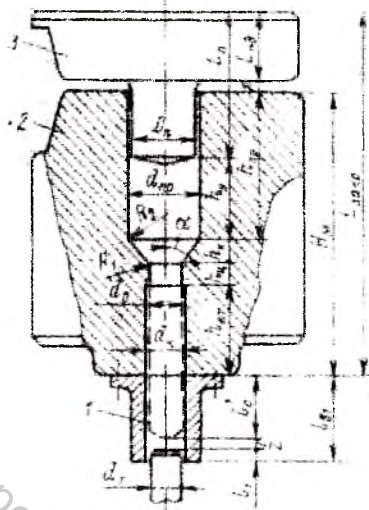


Рис. 2.26. Схема для расчета штампа прямым выдавливанием

Основными элементами предварительного ручья при штамповке прямым выдавливанием являются матрица 2, в которой размещается приемник с отверстием для выхода металла при формообразовании стержня поковки, промежуточная втулка 1 и пуансон 3 (рис.2.26). Форма контура матрицы в месте перехода от приемника к отверстию должна быть выполнена таким образом, чтобы она обеспечивала более благоприятные условия течения металла и возможно меньшее изнашивание матрицы.

Диаметр приемника матрицы определяют из того условия, что в него должна свободно входить заготовка, т. е.

$$d_{np} = d_{зaz} + i; \quad (2.40)$$

где $d_{зaz}$ – диаметр заготовки; i – зазор между приемником матрицы и заготовкой ($i = 2 \div 10$ мм).

При выборе i нужно стремиться брать его минимальное значение. Чтобы заготовку было легче удалять из приемника, допускается при ее изготовлении делать конусность не более 0,005 мм на каждые 10 мм высоты приемника.

Диаметр очка матрицы

$$d_o = d - (0,1 \div 0,2) \text{ мм}, \quad (2.41)$$

где d – размер стержня с учетом усадки и верхнего отклонения допуска. При таком определении диаметра очка матрицы можно уменьшить диаметр стержня после термообработки и очистки поверхности поковки.

Диаметры отверстия втулки и канала толкателя в матрице обычно делают одинаковыми и большими очка матрицы, т. е.

$$d_k = d_o + (0,1 \div 0,3) \text{ мм}, \quad (2.42)$$

диаметр толкателя

$$d_m = d_o - (1 \div 3) \text{ мм}. \quad (2.43)$$

Высоту приемника выбирают так, чтобы пуансон заходил в матрицу еще до момента его соприкосновения с заготовкой в первом и во втором ручьях:

$$h_{np} = h_{заг} + (10 \div 30) \text{ мм}, \quad (2.44)$$

где $h_{заг}$ – высота заготовки.

Чтобы уменьшить трение деформируемого металла о стенки (что особенно важно при выдавливании), высоту цилиндрической части очка матрицы принимают $h_{ц} = 5 \div 15$ мм. Высоту переходной конусной части матрицы определяют, исходя из диаметра приемника, очка матрицы и принятого угла α . Тогда

$$h_k = ctg \alpha \frac{d_{np} - d_o}{2}; \quad (2.45)$$

При однопереходной штамповке радиус перехода приемника (см. рис. 2.26) зависит от требуемой конфигурации поковки и должен быть не менее 3 – 5 мм. В предварительном ручье при двухпереходной штамповке радиус перехода очка матрицы R_1 подбирают графически из условия плавного сопряжения дуги радиуса R_2 с образующей приемника при угле $\alpha = 45 - 60^\circ$. Принимают $R_1 = 5 - 25$ мм, $R_2 = 2 - 10$ мм.

Длину втулки $l_{вт}$ выбирают таким образом, чтобы зазор между торцом толкателя длиной $l_t = 10 - 20$ мм, входящего во втулку, и стержнем поковки был 10 – 30 мм, так как при недостаточном зазоре детали штампа могут сломаться. Ход толкателя должен быть таким, чтобы при верхнем его положении обеспечивалось удаление поковки из ручья матрицы.

Длина втулки

$$l_{см} = l_c + l_m + z, \quad (2.46)$$

где l_c – длина стержня поковки, входящего во втулку.

Длину пуансона определяют, исходя из закрытой высоты штампового пространства

$L_{закр}$, т. е.

$$L_n = L_{закр} - (h_y + h_k + h_{ц} + h_{к.м}), \quad (2.47)$$

где h_y – высота утолщенной части заготовки; $h_{л.т}$ – высота канала толкателя в матрице

$$h_{к.м} = H_m - (h_{np} + h_k + h_u). \quad (2.48)$$

Здесь H_m – высота матрицы (устанавливается, исходя из закрытой высоты штампового пространства).

Высота пуансонодержателя

$$L_{пд} = L_{закр} - (H_m + x), \quad (2.49)$$

где x – зазор между пуансонодержателем и матрицей, когда пуансон находится в крайнем нижнем положении ($x = 10 - 30$ мм).

Диаметр пуансона

$$D_n = d_{np} - \Delta, \quad (2.50)$$

где Δ – зазор между диаметром пуансона и диаметром приемника; принимается для поковок с диаметром головки до 60 мм 0,05 – 0,15 мм на сторону, а для поковок с диаметром головки 60 – 100 мм – 0,3–0,4 мм.

При конструировании окончательного ручья штампа в качестве исходных данных используют чертеж горячей поковки. Основные размеры полости матрицы определяют по размерам поковки с учетом усадки. Высотные размеры матрицы и пуансона окончательного ручья рассчитывают по тем же формулам, что и для предварительного ручья.

Усилие, необходимое для штамповки прямым выдавливанием, приблизительно определяют в зависимости от их формы.

Для поковок, близких по форме к поковкам, изображенным на рис. 2.27, а

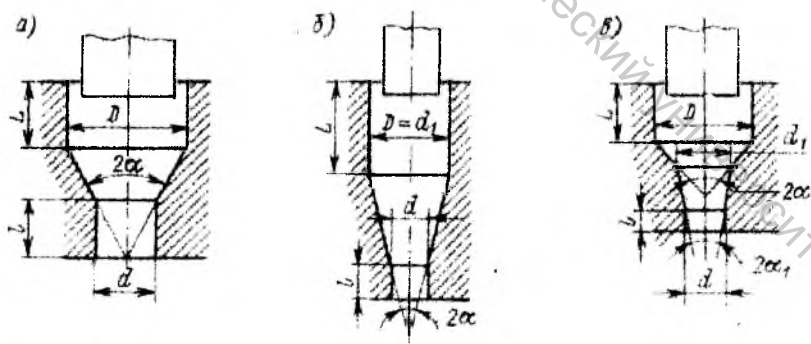


Рис. 2.27. Схемы различных типов матриц для прямого выдавливания

$$P = \sigma_m \left[\left(\frac{1}{2 \sin \alpha} + \frac{2}{1 + \cos \alpha} \right) \ln \frac{D^2}{d^2} + \frac{2L}{D} + \frac{2l}{d} \right] F; \quad (2.51)$$

на рис. 2.27, б

$$P = \sigma_m \left[\left(1 + \frac{1}{2\alpha} \right) \ln \frac{D^2}{d^2} + \frac{2L}{D} + \frac{2l}{d} \right] F; \quad (2.52)$$

на рис. 2.27, в

$$P = \sigma_m \left[\left(\frac{1}{2 \sin \alpha} + \frac{2}{2 + \cos \alpha} \right) \ln \frac{D^2}{d_1^2} + \left(1 + \frac{1}{2\alpha_1} \right) \ln \frac{d_1^2}{d^2} + \frac{2L}{D} + \frac{2l}{d} \right] F; \quad (2.53)$$

где σ_t – предел текучести при температуре штамповки, F – площадь поперечного сечения приемника.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Малов А.Н. Технология холодной штамповки.- М.: Машиностроение, 1989.
2. Мещерин В.Т. Листовая штамповка. Атлас схем: Учеб. пособие для машиностр. и металлург. спец. вузов – М.: Машиностроение, 1975.- 227 с.: ил.
3. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке.- 5-е изд. доп. и перераб. - Л.: Машиностроение, (Ленингр. отд-ние), 1971.- 782 с.
4. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка/ Под общ. ред. Л.И. Рудмана.- М.: Машиностроение, 1988.- 196 с.:ил.
5. Аверкиев Ю.А. Аверкиев А.Ю. Технология холодной штамповки: Учеб. для вузов.- М.: Машиностроение, 1989.- 304 с.: ил.
6. Холодная объемная штамповка: Справочник/ Под ред. Г.А. Навроцкого.- М.: Машиностроение, 1973.- 495 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Таблица 1

Предел прочности при растяжении различных материалов

Материал	σ , материала, (МПа)		Материал	σ , материала, (МПа)	
	Для мягкого (отожженного)	Для твердого (неотожженного)		Для мягкого (отожженного)	Для твердого (неотожженного)
Сталь: 0,1% С	313	392	Алюминий	78,3	166
0,2% С	392	490	Дуралюмин	254	470
0,3% С	440	588	Медь	216	294
0,4%С	550	705	Латунь	274	490
0,6% С	705	880	Бронза	392	588

Таблица 2

Предел прочности при срезе $\sigma_{ср}$ различных материалов

Материал	$\sigma_{ср}$, МПа		Материал	$\sigma_{ср}$, МПа	
	Мягкого (отожженного)	Твердого (неотожженного)		Мягкого (отожженного)	Твердого (неотожженного)
СТАЛИ: Ст 1	254	314	30 ХГСА	615	685
Ст 2	264	333	25 Н	430	-
Ст 3	304	392	25 НЗ	588	605
Ст 4	333	412	50 Г	615	685
08 кп	216	304	25 СТ	558	645
10 кп; 10	245	314	ЛАТУНИ		
15	274	352	Л 62	206	294
20	314	392	Л 68	206	274
25	333	430	Красная медь	196	274
30	352	491	Цинк	118	196
35	392	510	Нейзильбер	314	490
40	440	550	Алюминий	98	147
Коррозионнотойкая			Дуралюмин	216	372
40 Х	588	645	БРОНЗЫ:		
15 ХГ	430	-	Словянно-цинковые	-	491
20 ХГС	558	645	Алюминиевая	510	-

Минимальные радиусы гибки

МАТЕРИАЛЫ	В отожженном или нормализованном состоянии		В наклепанном состоянии	
	Расположение линии сгиба			
	поперек волокон проката	вдоль волокон проката	поперек волокон проката	вдоль волокон проката
	Радиусы гибки			
Алюминий	0	0,3S	0,3S	0,8S
Медь отожженная			1,0S	2,0S
Латунь Л68			0,4S	0,8S
Стали 05, 08кп			0,2S	0,5S
Стали 08 – 10 Ст.1, Ст.2	0	0,4S	0,4S	0,8S
Стали 15 – 20 Ст.3	0,1S	0,5S	0,5S	1,0S
Стали 25 – 30 Ст.4	0,2S	0,6S	0,6S	1,2S
Стали 35 – 40 Ст.5	0,3S	0,8S	0,8S	1,5S
Стали 45 – 50 Ст.6	0,5S	1,0S	1,0S	1,7S
Стали 55 – 60 Ст.7	0,7S	1,3S	1,3S	2,0S
Нержавеющая сталь X18H9	1S	2S	3S	4S
Дуралюмин мягкий	1,0S	1,5S	1,5S	2,5S
Дуралюмин твердый	2,0S	3,0S	3,0S	4,0S
Магниеые сплавы:	Нагрев до	300 ° C	В холодном	состоянии
MA1-M	2S	3S	6S	8S
MA8-M	1,5S	2S	5S	6S

Коэффициент K_2

r/s	K_2	r/s	K_2
Св. 0,1 до 0,2	0,70	Св. 1,5 до 2,0	0,31
Св. 0,2 до 0,25	0,66	Св. 2,0 до 3,0	0,25
Св. 0,25 до 0,3	0,60	Св. 3,0 до 4,0	0,20
Св. 0,3 до 0,4	0,56	Св. 4,0 до 5,0	0,15
Св. 0,4 до 0,5	0,54	Св. 5,0 до 6,0	0,13
Св. 0,5 до 0,6	0,50	Св. 6,0 до 7,0	0,11
Св. 0,6 до 0,7	0,48	Св. 7,0 до 8,0	0,10
Св. 0,7 до 1,0	0,43	Св. 8,0 до 9,0	0,09
Св. 1,0 до 1,2	0,38	Св. 9,0 до 10,0	0,08
Св. 1,2 до 1,5	0,34	Св. 10,0	0,08

Таблица 5

Давление правки и калибровки

Штампуемый материал	q , МПа	Штампуемый материал	q , МПа
Сталь 10; 20 25; 35	80 – 120 100 – 150	Латунь	60 – 100
Алюминий	30 – 60	Титановый сплав BT1-00 BT5-1	150 – 210 160 – 250

Таблица 6

Ориентировочные значения угла пружинения $\Delta\varphi$ при свободной V-образной гибке заготовок из некоторых материалов

Штампуемый материал	r/s	$\Delta\varphi$ при s , мм		
		До 0,8	Св. 0,8 до 2,0	Св. 2,0
Алюминий, латунь мягкая, цинк	До 1	4	2	0
	Св. 1 до 5	5	3	1
	Св. 5	6	4	2
Латунь твердая ($\sigma_s > 350$ МПа); Бронза твердая	До 1	5	2	0
	Св. 1 до 5	6	3	1
	Св. 5	8	5	3

Приложение 4

Таблица 7

Значение коэффициента $K_{\text{ст}}$

t	$K_{\text{ст}}$	t	$K_{\text{ст}}$
До 0,55	1,00	Св. 0,68 до 0,70	0,60
Св. 0,55 до 0,58	0,93	Св. 0,70 до 0,73	0,55
Св. 0,58 до 0,60	0,86	Св. 0,73 до 0,75	0,50
Св. 0,60 до 0,63	0,79	Св. 0,75 до 0,78	0,45
Св. 0,63 до 0,65	0,72	Св. 0,78 до 0,80	0,40
Св. 0,65 до 0,68	0,66	Св. 0,80	0,37

Таблица 8

Давление прижима при вытяжке

Штампующий материал	$q_{\text{прж}}, \text{ МПа}$
Мягкая сталь $s \leq 0,5 \text{ мм}$	2,5 – 3,0
Мягкая сталь $s > 0,5 \text{ мм}$	2,0 – 2,5
Коррозионно-стойкие, высоколегированные и высокомарганцевистые стали	3,0 – 4,5
Медь	1,0 – 1,5
Латунь	1,5 – 2,0
Алюминий и его сплавы	0,8 – 1,8
Бронза	2,0 – 2,5
Белая жемчужина	2,5 – 3,0
Молибден МЧ	4,5 – 6,0
- При 220 – 260 °С	

Таблица 9

Коэффициент (K_p) для определения ориентировочной расчетной массы поковки

Группа	Характеристика детали	Типовые представители	K_p
1	Удлиненной формы		
1.1	С прямой осью	Валы, оси, цапфы, шатуны	1,3 – 1,6
1.2	С изогнутой осью	Рычаги, сошки рулевого управления	1,1 – 1,4
2	Круглые и многогранные в плане		
2.1	Круглые	Шестерни, ступицы, фланцы	1,5 – 1,8
2.2	Квадратные, прямоугольные, многогранные	Фланцы, ступицы, гайки	1,3 – 1,7
2.3	С отостками	Крестовины, вилки	1,4 – 1,6
3	Комбинированной (сочетающей элементы групп 1 и 2-й) конфигурации	Кулаки поворотные, коленчатые валы	1,3 – 1,8
4	С большим объемом обрабатываемых поверхностей	Балки передних осей, рычаги переключения коробок передач, буксирные крюки.	1,1 – 1,3
5	С отверстиями, углублениями, поднутрениями, не оформляемыми в поковке при штамповке	Полые валы, фланцы, блоки шестерен	1,8 – 2,2

Таблица 10

Выбор класса точности поковок

Основное деформирующее оборудование, технологические процессы	Класс точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
Кривошипные, горячештамповочные прессы:					
Открытая (облойная) штамповка				+	+
Закрытая штамповка		+	+		
Выдавливание			+	+	
Горизонтально-ковочные машины				+	+
Прессы винтовые, гидравлические				+	+
Горячештамповочные автоматы		+	+		
Штамповочные молоты				+	+
Калибровка объемная (горячая и холодная)	+	+			
Прецизионная штамповка	+				

Основные припуски на механическую обработку (на сторону)

Ис-ход-ный ин-декс	Толщина детали																				
	до 25			25-40			40-63			63-100			100-160			160-250			св. 250		
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота паковки																				
	до 40			40-100			100-160			160-250			250-400			400-630			630-1000		
	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25
1	0,4	0,6	0,7	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	-	-	-	-	-	-
2	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	-	-	-
3	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4
4	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5
5	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6
6	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8
7	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9
8	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0
9	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2
10	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5
11	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7

Ис-ход-ный ин-декс	Толщина детали																				
	до 25			25-40			40-63			63-100			100-160			160-250			св. 250		
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки																				
	до 40			40-100			100-160			160-250			250-400			400-630			630-1000		
100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25	
12	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0
13	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3
14	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5
15	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8
16	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1
17	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7
18	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1
19	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6
20	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2
21	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8
22	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5
23	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Таблица 12

Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поковок (мм)

Ис-ход-ный ин-декс	Наибольшая толщина поковки															
	до 40		40-63		63-100		100-160		160-250		св. 250					
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки															
	до 40		40-100		100-160		160-250		250-400		400-630		630-1000		1000-1600	
1	0,3	+0,2 -0,1	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	-	-	-	-	-	-
2	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,5	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	-	-	-	-
3	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	-	-
4	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	-	-
5	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7
6	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8
7	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9
8	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0

Исходный индекс	Наибольшая толщина поковки															
	до 40		40-63		63-100		100-160		160-250		св. 250					
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки															
	до 40		40-100		100-160		160-250		250-400		400-630		630-1000		1000-1600	
9	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1
10	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2
11	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3
12	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5
13	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7
14	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9
15	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1
16	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4
17	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7

ПРИЛОЖЕНИЕ 10
Продолжение таблицы 12

Ис- ход- ный ин- декс	Наибольшая толщина поковки															
	до 40		40-63		63-100		100-160		160-250		св. 250					
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки															
	до 40		40-100		100-160		160-250		250-400		400-630		630-1000		1000-1600	
18	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0
19	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3
20	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6
21	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6	12,0	+8,0 -4,0
22	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6	12,0	+8,0 -4,0	13,0	+8,6 -4,4
23	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6	12,0	+8,0 -4,0	13,0	+8,6 -4,4	14,0	+9,2 -4,8

Таблица 13

Смещение по поверхности разъема штампов

Масса поковки, кг		Припуски для классов точности, мм								
		Плоская поверхность разъема (П)								
		T1	T2	T3	T4	T5				
		Симметрично изогнутая поверхность разъема (ИС)								
		T1	T2	T3	T4	T5				
		Насимметрично изогнутая поверхность разъема (ИН)					T1	T2	T3	T4
До 0,5 экл.ч.		0,1	0,1	0,1	0,2	0,2		0,3	0,3	
Св. 0,5 до 1,0 "	0,1			0,2						0,4
" 1,0 " 1,8 "			0,2		0,3		0,4	0,5	0,6	
" 1,8 " 3,2 "		0,2		0,3		0,4	0,5	0,6	0,7	
" 3,2 " 5,6 "	0,2		0,3		0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	
" 5,6 " 10,0 "		0,3		0,4		0,5	0,6	0,7	0,9	1,2
" 10,0 " 20,0 "			0,4		0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,6
" 20,0 " 50,0 "	0,3		0,5		0,6	0,7	0,9	1,2	1,6	2,0
" 50,0 " 125,0 "		0,4		0,6		0,7	0,9	1,2	1,6	2,0
" 125,0 " 250,0 "	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,6	2,0		

ПРИЛОЖЕНИЕ 12

Таблица 14

Изогнутость и отклонения от плоскостности и прямолинейности (мм)

Наибольший размер поковки			Припуски для классов точности				
			T1	T2	T3	T4	T5
Св.	До 100	включ.	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4
"	100 "	160 "	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
"	160 "	250 "	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
"	250 "	400 "	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
"	400 "	630 "	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
"	630 "	1000 "	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
"	1000 "	1600 "	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
"	1600 "	2500 "	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0

Таблица 15

Отклонения межосевого расстояния

Расстояния между центрами, осями			Припуски для классов точности				
			T1	T2	T3	T4	T5
Св.	До 60	включ.	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3
"	60 "	100 "	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5
"	100 "	160 "	0,2	0,2	0,3	0,5	0,8
"	160 "	250 "	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2
"	250 "	400 "	0,3	0,5	0,8	1,2	1,6
"	400 "	630 "	0,5	0,8	1,2	1,6	2,0
"	630 "	1000 "	0,8	1,2	1,6	2,0	2,5
"	1000 "	1600 "	1,2	1,6	2,0	2,5	4,0
"	1600 "	2500 "	1,6	2,0	2,5	4,0	6,0

Таблица 16

Масса поковки, кг		Минимальная величина радиусов закруглений, мм, при глубине полости ручья штампа, мм			
		до 10 включ.	10 - 25	25 - 50	св. 50
Св.	До 0,1 включ.	1,0	1,6	2,0	3,0
"	1,0 "	1,6	2,0	2,5	3,6
"	6,3 "	2,0	2,5	3,0	4,0
"	16,0 "	2,5	3,0	4,0	5,0
"	40,0 "	3,0	4,0	5,0	7,0
"	100,0 "	4,0	5,0	6,0	8,0

Масса поковки, кг			Допускаемая величина смещения по поверхности равныа штампа, мм									
			Плоская поверхность равныа штампа (П)									
			T1	T2	T3	T4	T5	Симметрично изогнутая поверх- ность равныа штампа (Ис)				
			T1	T2	T3	T4	T5	Несимметрично изогнутая по- верхность равныа штампа (Ин)				
								T1	T2	T3	T4	T5
Св. 0,5	до 0,5	включ.	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
" 1,0	до 1,0	"	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7
" 1,8	до 1,8	"	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8
" 3,2	до 3,2	"	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0
" 5,6	до 5,6	"	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2
" 10,0	до 10,0	"	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4
" 20,0	до 20,0	"	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,4	1,8	1,8	1,8
" 50,0	до 50,0	"	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	1,8	2,5	2,5	2,5
" 125,0	до 125,0	"	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	2,5	3,2	3,2	3,2
" 250,0	до 250,0	"	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	3,2	3,2	4,0	4,0	4,0

Таблица 18

Масса поковки, кг			Допускаемая величина остаточного облоя, мм									
			Плоская поверхность равныа штампа (П)									
			T1	T2	T3	T4	T5	Симметрично изогнутая поверхность равныа штампа (Ис)				
			T1	T2	T3	T4	T5	Несимметрично изогнутая поверхность равныа штампа (Ин)				
								T1	T2	T3	T4	T5
Св. 0,5	до 0,5	включ.	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9
" 1,0	до 1,0	"	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0
" 1,8	до 1,8	"	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,2	1,2
" 3,2	до 3,2	"	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,4	1,4
" 5,6	до 5,6	"	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,6	1,6
" 10,0	до 10,0	"	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	1,8	1,8
" 20,0	до 20,0	"	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,2	2,2
" 50,0	до 50,0	"	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,8	2,8	2,8
" 125,0	до 125,0	"	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,8	3,5	3,5	3,5
" 250,0	до 250,0	"	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,8	3,5	4,0	4,0	4,0

ПРИЛОЖЕНИЕ 14

Таблица 19

Масса поковки, кг	Степень сложности поковки	Допускаемая величина заусенца при максимальном размере поперечного сечения поковки на поверхности равна штампа, мм				
		до 40	40-100	100-160	160-250	св. 250
До 0,5 включ.	C1, C2	1,0	2,0	—	—	—
	C3	2,0	3,0	—	—	—
	C4	3,0	4,0	—	—	—
Св. 0,5 " 3,2 "	C1, C2	2,0	3,0	4,0	—	—
	C3	3,0	4,0	5,0	—	—
	C4	4,0	5,0	6,0	—	—
" 3,2 " 5,6 "	C1, C2	3,0	4,0	5,0	—	—
	C3	4,0	5,0	6,0	—	—
	C4	5,0	6,0	7,0	—	—
" 5,6 " 20,0 "	C1, C2	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
	C3	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
	C4	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
" 20,0 " 50,0 "	C1, C2	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
	C3	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
	C4	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
" 50,0 "	C1, C2	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
	C3	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
	C4	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0

Таблица 20

Наибольший размер поковки		Допускаемое наибольшее отклонение от концентричности пробитого отверстия для классов точности				
		T1	T2	T3	T4	T5
Св. 100	До 100 включ.	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
" 160	" 160 "	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5
" 250	" 250 "	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0
" 400	" 400 "	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5
" 630	" 630 "	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
" 1000	" 1000 "	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0

Таблица 21

Наибольший размер поковки			Допускаемые отклонения по изогнутости для классов точности				
			T1	T2	T3	T4	T5
Св. 100	До 100	включ.	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
" 160	" 160	"	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
" 250	" 250	"	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
" 400	" 400	"	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
" 630	" 630	"	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
" 1000	" 1000	"	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5
" 1600	" 1600	"	1,2	1,6	2,0	2,5	3,2
" 2500	" 2500	"	1,6	2,0	2,5	3,2	4,0

мм

Межцентровое расстояние				Допускаемые отклонения межосевого расстояния для классов точности				
				T1	T2	T3	T4	T5
Св.	До	60	включ.	$\pm 0,10$	$\pm 0,15$	$\pm 0,20$	$\pm 0,25$	$\pm 0,30$
"	60	"	100	$\pm 0,15$	$\pm 0,20$	$\pm 0,25$	$\pm 0,30$	$\pm 0,50$
"	100	"	160	$\pm 0,20$	$\pm 0,25$	$\pm 0,30$	$\pm 0,50$	$\pm 0,80$
"	160	"	250	$\pm 0,25$	$\pm 0,30$	$\pm 0,50$	$\pm 0,80$	$\pm 1,20$
"	250	"	400	$\pm 0,30$	$\pm 0,50$	$\pm 0,80$	$\pm 1,20$	$\pm 1,60$
"	400	"	630	$\pm 0,50$	$\pm 0,80$	$\pm 1,20$	$\pm 1,60$	$\pm 2,00$
"	630	"	1000	$\pm 0,80$	$\pm 1,20$	$\pm 1,60$	$\pm 2,00$	$\pm 3,00$
"	1000	"	1600	$\pm 1,20$	$\pm 1,60$	$\pm 2,00$	$\pm 3,00$	$\pm 4,50$
"	1600	"	2500	$\pm 1,60$	$\pm 2,00$	$\pm 3,00$	$\pm 4,50$	$\pm 7,00$

Таблица 23

мм

Радиус закруглений				Допуск радиусов закруглений для классов точности				
				T1	T2	T3	T4	T5
Св.	До	4	включ.	0,5	0,5	0,5	1,0	2,0
"	4	"	6	0,5	0,5	1,0	2,0	3,0
"	6	"	10	1,0	1,0	2,0	3,0	5,0
"	10	"	16	1,0	2,0	3,0	5,0	8,0
"	16	"	25	2,0	3,0	5,0	8,0	12,0
"	25	"	40	3,0	5,0	8,0	12,0	20,0
"	40	"	60	5,0	8,0	12,0	20,0	30,0
"	60	"	100	8,0	12,0	20,0	30,0	50,0

Таблица 24

Оборудование	Штамповочные уклоны, град	
	на наружной поверхности	на внутренней поверхности
Штамповочные молоты, прессы без выталкивателей	7	10
Прессы с выталкивателями, горизонтально-ковочные машины	5	7
Горячештамповочные автоматы	1	2

Таблица 25

Диаметр прутка (d)	Допускаемое отклонение	
	x	y
До 40 включ.	0,08 d	1 d
Св. 40	0,07 d	0,8 d

Учебное издание
Клименков Степан Степанович
Добровольский Игорь Георгиевич

Инструмент и обработка материалов
Курсовое проектирование
Учебное пособие
Редактор Матвеева Н.Н.
Технический редактор Пятов В.В.
Корректор В.Н. Михайлов
Компьютерная верстка

Подписано в печать 3.09.2001 Формат 60×84/16 Бумага офсетная № 1
Усл.печ.л. 8,25 Уч.-изд.лист. 7,67 Тираж 114 экз. Заказ № 308

УО "Витебский государственный технологический университет" Лицензия
ЛВ № 192 от 19 января 2001 года. 210035, Витебск, Московский пр-т, 72.

Отпечатано на ризографе УО "Витебского государственного
технологического университета". Лицензия ЛП №89 от 26 января 2001 года.