

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования «Витебский государственный  
технологический университет»

С.С. Клименков

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК В  
МАШИНОСТРОЕНИИ**

**Практикум**

**Допущено**

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

Библиотека ВГТУ



**Витебск**

**2011**

УДК 621.7; 621.9

ББК 34.39

К49

Рецензенты :

К. т. н., доцент О. А. Медведев – заведующий кафедрой «Технология машиностроения» учреждения образования «Брестский государственный технический университет».

Д. т. н. А. П. Минаков – профессор кафедры «Технология машиностроения» учреждения образования «Белорусско-Российский университет».

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ». Протокол № 4 от 26 мая 2011 г.

К49 Клименков, С. С. Проектирование заготовок в машиностроении : практикум / С. С. Клименков. – Витебск : УО «ВГТУ», 2011. – 246 с.

ISBN 978 – 985 – 481 – 238 – 0

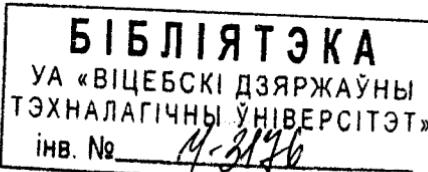
В практикуме рассматриваются виды и материалы заготовок, проектирование заготовок, изготавливаемых холодной штамповкой, проектирование поковок, литых и сварных заготовок.

Практикум составлен в соответствии с учебной программой «Проектирование и производство заготовок» для студентов специальности 1-36 01 04 «Оборудование и технологии высокоэффективных процессов обработки материалов».

Предназначен для студентов высших учебных заведений.

УДК 621.7; 621.9

ББК 34.39



ISBN 978 – 985 – 481 – 238 – 0

© Клименков С.С., 2011  
© УО «ВГТУ», 2011

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>5</b>
<b>1 ВИДЫ И МАТЕРИАЛЫ ЗАГОТОВОК.....</b>	<b>6</b>
1.1 Общие сведения.....	6
1.2 Виды и характеристики заготовок.....	7
1.2.1 <i>Листовые штамповки.....</i>	7
1.2.2 <i>Объемные штамповки.....</i>	9
1.2.3 <i>Поковки.....</i>	11
1.2.4 <i>Порошковые прессовки.....</i>	15
1.2.5 <i>Отливки.....</i>	16
1.2.6 <i>Комбинированные заготовки.....</i>	19
1.3 Материалы заготовок.....	22
1.3.1 <i>Стали для холодной листовой штамповки.....</i>	22
1.3.2 <i>Стали для холодной объемной штамповки.....</i>	22
1.3.3 <i>Материалы для горячей объемной штамповки.....</i>	23
1.3.4 <i>Порошковые материалы.....</i>	28
1.3.5 <i>Материалы для отливок.....</i>	29
<b>2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК, ИЗГОТОВЛЯЕМЫХ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКОЙ.....</b>	<b>37</b>
2.1 Плоские листоштампованные заготовки. Задание 1 .....	37
<i>Варианты к заданию 1.....</i>	48
2.2 Изогнутые листоштампованные заготовки. Задание 2 .....	50
<i>Варианты к заданию 2.....</i>	56
2.3 Вытягиваемые листоштампованные заготовки. Задание 3.....	58
<i>Варианты к заданию 3.....</i>	63
2.4 Заготовки, получаемые вытяжкой с преднамеренным утонением стенок. Задание 4.....	65
<i>Варианты к заданию 4.....</i>	69
2.5 Листоштампованные заготовки сложной формы. Задание 5.....	71
<i>Варианты к заданию 5.....</i>	74
2.6 Проектирование заготовок, получаемых холодной объемной штамповкой. Задание 6.....	76
<i>Варианты к заданию 6.....</i>	87
2.7 Проектирование заготовок, изготавляемых методами порошковой металлургии. Задание 7.....	89
<i>Варианты к заданию 7.....</i>	102
<b>3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОКОВОК.....</b>	<b>105</b>
3.1 Общие сведения о конструктивных и технологических параметрах заготовок, изготовленных методом горячей объемной штамповки.....	105

3.2	Проектирование поковок, штампемых на молотах. Задание 8.....	116
	<i>Варианты к заданию 8.....</i>	125
3.3	Проектирование поковок, штампемых на высокоскоростных молотах. Задание 9.....	128
	<i>Варианты к заданию 9.....</i>	133
3.4	Проектирование поковок, штампемых на кривошипно-горячештамповочных прессах (ГКШП). Задание 10.....	135
	<i>Варианты к заданию 10.....</i>	141
3.5	Проектирование поковок, штампемых на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ). Задание 11.....	144
	<i>Варианты к заданию 11.....</i>	154
3.6	Проектирование заготовок, изготавляемых поперечно-клиновой прокаткой. Задание 12 .....	157
	<i>Варианты к заданию 12.....</i>	166
3.7	Разработка чертежей кованых поковок. Задание 13 .....	168
	<i>Варианты к заданию 13.....</i>	183
4	<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЫХ И СВАРНЫХ ЗАГОТОВОК.....</b>	185
4.1	Общие сведения о конструктивных параметрах отливок.....	185
4.1.1	Назначение допусков и отклонений отливок.....	195
4.1.2	Назначение припусков на обработку.....	201
4.1.3	Выполнение чертежа отливки.....	204
4.2	Характеристики отливок и применяемых способов литья.....	206
4.3	Технологичность заготовок, изготавляемых литьем в песчаные формы.....	208
4.4	Технологические особенности заготовок, получаемых литьем в оболочковые формы.....	216
4.5	Технологические особенности отливок, получаемых литьем по выплавляемым моделям.....	218
4.6	Технологические особенности заготовок, получаемых литьем в кокиль.....	221
4.7	Технологические особенности заготовок, получаемых литьем под давлением.....	224
4.8	Проектирование отливок. Задание 14.....	233
4.9	Проектирование сварных и комбинированных заготовок. Задание 15.....	238
	<b>РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....</b>	244
	<b>РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СТАНДАРТЫ.....</b>	245

## Введение

Машиностроение начинается с производства заготовок. В конечном итоге тип заготовок, способ производства, исходные материалы заготовок определяют качество, надежность, стоимость машины. В этом плане курс «Проектирование и производство заготовок» является ключевым в профессиональной подготовке студентов машиностроительного профиля.

Сложилась ситуация, что курс недостаточно обеспечен учебной литературой. Ситуация осложняется еще и тем, что не существует строго выверенной методики проектирования заготовок. Вопросы проектирования заготовок сконцентрированы преимущественно в специальной литературе по порошковой металлургии, литейному производству, обработке металлов давлением.

Цель учебного пособия — обеспечить студентов достаточной информацией, рекомендациями, необходимыми для проектирования заготовок.

В соответствии с поставленной целью в первой части практикума рассмотрены виды заготовок, свойства материалов, области их применения. Вторая, третья и четвертые части посвящены проектированию штамповок, поковок, прессовок и отливок.

Пособие предназначено для организации практических занятий, курсового и дипломного проектирования. Практикум предполагает использование совместно с учебником «Проектирование и производство заготовок в машиностроении» (автор С.С. Клименков) и рекомендуемой литературой.

Автор выражает признательность рецензентам: д.т.н. профессору Минакову А.В. и к.т.н., доценту Медведеву О.М., замечания и предложения которых оказались весьма ценными и своевременными.

Автор.

# 1 Виды и материалы заготовок

## 1.1 Общие сведения

Проектирование машин осуществляется в строгой очередности, постадийно: эскизное проектирование, техническое проектирование, разработка рабочей документации, изготовление и испытание опытных образцов.

На стадии эскизного проектирования для основных наиболее трудоемких деталей устанавливаются род материала и вид заготовки, производятся предварительные технико-экономические расчеты.

На стадии технического проектирования устанавливаются виды заготовок и марки материалов основных деталей.

На стадии разработки рабочей документации отрабатываются рациональные формы и размеры деталей, определяются виды заготовок, уточняются допуски и устанавливается требуемое качество поверхности деталей.

Одним из важнейших принципов, применяемых при проектировании, является **принцип технологичности конструкции**. Он обуславливает такие качества конструкции, которые обеспечивают возможность изготовления машины в конкретных производственных условиях с наименьшими затратами времени, труда, материалов при использовании экономически оправданных методов производства.

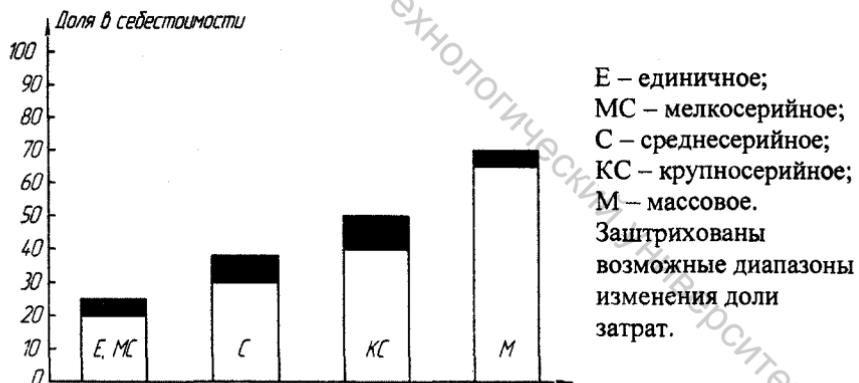


Рисунок 1.1 – Изменение доли затрат на исходные материалы в себестоимости машины при разных типах ее производства

Стремясь обеспечить максимальную технологичность деталей, учитывая при этом предъявляемые к конструкции требования, зависящие от служебного назначения машины, масштабов и **серийности** производства, конструктор уже на ранней стадии проектирования сталкивается с достаточно сложной проблемой выбора **материала и вида**

заготовки. Правильное решение этой проблемы важно, так как удельный вес затрат на материал в стоимости машины может изменяться в достаточно большом диапазоне: от 20...25 % при единичном и мелкосерийном производстве до 65...70 % при массовом производстве (рис. 1.1).

По традиционной методологии проектирования машин исходными данными для выбора материалов деталей являются:

- назначение, условия эксплуатации машины, основные технические параметры и заданный ресурс эксплуатации;
- результаты расчета параметров рабочего процесса и основных прочностных расчетов; данные об ожидаемом распределении напряжений в основных наиболее нагруженных элементах конструкции с учетом принятых коэффициентов запаса.

При отработке конструкции на технологичность конструктор совместно с технологом должны предусмотреть наиболее целесообразный вид заготовки и способ ее получения.

## **1.2 Виды и характеристики заготовок**

**Листовые или объемные штамповки** – это заготовки, получаемые методами холодной обработки металлов давлением.

**Поковки штампованные** – это заготовки, получаемые методами горячей штамповки.

**Поковки прокатанные** – это заготовки, полученные методами горячей прокатки.

**Поковки кованные** – это заготовки, полученные ковкой на молотах и прессах.

**Порошковые прессовки** – это заготовки, полученные методами порошковой металлургии.

**Литые заготовки (отливки)** – это заготовки, получаемые методами литья.

**Сварные и комбинированные** заготовки: штампо-сварные, сварно-литые, сварно-кованные, сварно-ковано-литые.

### **1.2.1 Листовые штамповки**

Листовые штамповки могут иметь достаточно сложную плоскую или объемную форму. Изготовление таких заготовок другими способами обработки невозможно или затруднительно. При минимальном весе и расходе материала заготовки отличаются прочностью и жесткостью.

Коэффициент использования материала достигает 0,8...0,95. Изготовленные чистовой вырубкой заготовки имеют такую точность размеров и качество поверхности, что последующая механическая обработка зачастую не требуется. Основные показатели качества листовых штамповок приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Основные показатели качества заготовок, полученных холодной листовой штамповкой

Способ холодной листовой штамповки	Размер	Квалитет IT	Шероховатость $R_z$ или $R_a$ , мкм
Отрезка листов: при толщине до 3 мм при толщине 3...5 мм при толщине более 5 мм	Линейный	12 – 13 14 14 – 17	В зоне бреза $R_a 1,25...2,5$ ; в зоне скола $R_z 40...80$
Вырубка: при толщине 1,5...20 мм при толщине менее 1,5 мм	Диаметр	6 – 9 6 – 7	Сталь: $R_a 0,63...2,5$ Цветные металлы и сплавы: $R_a 0,32...0,63$
Гибка	Линейный (длина полок)	12 – 14	Больше исходной
Вытяжка: обычная  с утонением  комбинированная	Диаметр  Диаметр Толщина  Наружный диаметр  Толщина стенки	11 – 12  7 – 9 7 – 11  7 – 8 7 – 11	Больше исходной  Наружной поверхности $R_a 0,08...0,32$ –

Отличительной особенностью пластического деформирования при холодной штамповке является упрочнение металла и возникновение остаточных напряжений в деформированном материале. Это приводит к существенному изменению свойств деформированного материала по сравнению с исходным. В результате холодной пластической деформации возрастают прочностные характеристики (пределы упругости, текучести, прочности) и снижаются характеристики пластичности (относительное удлинение, ударная вязкость и др.). Рекристаллизационный отжиг после холодной пластической деформации в значительной степени восстанавливает исходные свойства материала.

Все формообразующие операции сопровождаются упругими деформациями. Величины упругих деформаций (пружинение) зависят от большого числа факторов, в том числе от формы и размеров изделия, и должны учитываться при проектировании изделия.

Неравномерность напряжений деформаций характерна для всех операций холодной листовой штамповки и является причиной изменения толщины исходного материала. Необходимо учитывать, что допуск на толщину исходного листового материала оказывает влияние на точность и качество изделий. Допуск на толщину листового материала должен быть меньше допуска на толщину стенок изделия.

Изделия, получаемые методами листовой штамповки, отличаются высокой прочностью и жесткостью при относительно малом весе. Однако целесообразность применения листовой штамповки определяется, прежде всего, серийностью производства, конфигурацией изделия, свойствами материала.

На материал и конструкцию листоштампованных изделий существенное влияние оказывают технологические особенности разделительных и формообразующих операций.

Плоские изделия, получаемые вырубкой-пробивкой, можно изготовить из всех материалов, в том числе и неметаллических. Гнутые и полые изделия целесообразно изготавливать из материалов со сравнительно малыми пределами текучести, упругости и большим относительным удлинением ( $\delta = 20\ldots28\%$ ).

Кроме этого, конструкции листоштампованных изделий должны отвечать некоторым требованиям общего порядка. Изделия из листового материала должны быть унифицированы по маркам материала и сортаментам, по диаметрам вырубки-пробивки, углам и радиусам гибки; конфигурация и размеры изделий должны обеспечивать минимальный расход материала.

При простановке размеров в качестве измерительных баз выбирают поверхности, точность обработки которых наиболее высока.

### 1.2.2 Объемные штамповки

Холодной объемной штамповкой получают заготовки сложной формы преимущественно малых и средних размеров. Простые круглые заготовки по максимальному диаметру разделяют на группы: очень мелкие – до 2 мм; мелкие 2…10 мм; средние – 10…50 мм; крупные – 50…100; очень крупные – свыше 100 мм. Холодной штамповкой получают заготовки валов диаметром 50…200 мм длиной 200…300 мм, заготовки шестерен и фланцев диаметром до 200 мм. Массы штучных заготовок достигают 1…10 кг.

Прочность материала холодноштампованных объемных заготовок по сравнению с исходным материалом может возрастать в 1,6…2,6 раза. Пластичность при этом снижается. В связи с этим объемной холодной штамповке можно подвергать материалы определенного химического состава. Для сталей с содержанием углерода более 0,45% в обычной практике холодную объемную штамповку без особой необходимости не применяют.

Для изготовления заготовок холодной объемной штамповкой наиболее подходят металлы, обладающие сравнительно низким пределом текучести, большим относительным удлинением и малой твердостью. Перед проведением основных формообразующих операций исходные заготовки, как правило, подвергают предварительной

термообработке. При штамповке изделий **сложной формы за несколько переходов** дополнительно производят промежуточную термообработку.

Холодная объемная штамповка успешно осуществляется только при использовании эффективного смазывающего материала. Для углеродистых и низколегированных сталей наибольшее применение получили фосфатированные покрытия. Иногда взамен фосфатирования применяют меднение, цинкование или алюминирование.

Основные показатели качества заготовок, полученных холодной объемной штамповкой, приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Основные показатели качества заготовок, полученных холодной объемной штамповкой

Способ холодной объемной штамповки	Размер или поверхность	Квалитет	Параметр шероховатости $R_a$ , мкм
Выдавливание цветных сплавов	Диаметр Длина	IT8 – IT10 IT12 – IT15	–
	Внутренняя поверхность	IT8 – IT10	До 0,04
	Наружная поверхность	IT12 – IT15	До 0,16
Выдавливание черных сплавов	Внутренняя поверхность	IT8 – IT10	До 0,16
	Наружная поверхность	IT12 – IT15	До 10
Высадка	Поперечный размер	IT8 – IT9	0,63...2,5
	Длина	IT11 – IT12	

Высокие требования к исходным материалам, значительные усилия деформации, ограничения технологических возможностей оборудования сужают область применения холодноштампованных объемных заготовок.

Применение технологических процессов, в которых формоизменение достигается комбинированием процессов листовой и объемной штамповки, позволяет уменьшить затраты на материал и инструмент, количество формоизменяющих операций, величину контактных давлений, исключить потерю устойчивости заготовки к складкообразованию при вытяжке. Возможно изготовление изделий, получение которых только листовой или объемной штамповкой практически невозможно. При комбинированной штамповке возможно исключение гальванических покрытий, что позволяет улучшить экологическую чистоту производства. Сочетание операций листовой и

объемной штамповки позволяет дополнительно снизить шероховатость поверхности и повысить размерную точность штамповки.

### 1.2.3 Поковки

Горячей объемной штамповкой получают заготовки ответственных деталей. Более 65% массы всех поковок изготавливают объемной штамповкой. Этот способ штамповки наиболее эффективен в массовом, крупносерийном и серийном производствах. Краткая характеристика основных способов горячей штамповки приведена в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Способы горячей штамповки (ориентировочная характеристика)

Способ получения поковок	Характеристика получаемых поковок	Припуски и допуски	Преимущественно используемое оборудование
Штамповка в открытых штампах	Масса до 3 т (в основном 50...100 кг); сложной формы. Углубления или отверстия в боковых стенках поковок невозможны	Припуски и допуски по ГОСТ 7505-89. Припуски на сторону для поковок, изготавляемых на молотах массой до 40 кг с размерами до 800 мм – от 0,6...1,2 до 3,0...6,4 мм. Поле допусков, соответственно, от 0,7...3,4 до 1,6...11 мм. Для штампованных заготовок, изготавляемых на кривошипных прессах, припуски на 0,1...0,6 мм меньше. При холодной калибровке (чеканке) допуски от $\pm(0,1...0,25)$ мм (калибровка обычной точности) до	Крикошипные горячештамповочные прессы усилием 6,3...100 МН; штамповочные молоты с массой падающих частей: паровоздушные двойного действия 0,5...35 т, гидравлические до 2,5 т; с двусторонним ударом паровоздушные и гидравлические — до 60 т; простого действия, паровоздушные, цепные соответственно до 10,5 и 8 т; винтовые фрикционные прессы усилием 0,4...60 МН; гидравлические штамповочные прессы усилием до 700 МН
Штамповка в закрытых штампах	Масса до 50...100 кг; простой формы, преимущественно в виде тел вращения. Применяются для сокращения расхода металла (отсутствует заусенец) и для сталей и сплавов с пониженной пластичностью		

Продолжение таблицы 1.3

		$\pm(0,05 \dots 0,15)$ мм (калибровка повышенной точности)	
Выдавливание и прошивка	Масса до 75 кг; круглые, конические или ступенчатые, фасонного сечения; стержень с массивной головкой различной формы; типа втулок (стаканов) с глубокой глухой или сквозной полостью и односторонним фланцем	Припуски и допуски для наружных диаметров 5...150 мм от $0,4^{+0,3}_{-0,1}$ до $1,6^{+0,7}_{-0,3}$ мм, для диаметров полостей 10...100 мм — от $1,6^{+0,3}_{-0,1}$ до $5,0^{+0,5}_{-1,5}$ мм	Кривошипные горячештамповочные (модифицированные), винтовые фрикционные и гидравлические прессы
Штамповка: в штампах с разъемными матрицами	Масса до 150 кг; сложной формы, например с отверстиями в боковых стенках, не выполнимыми без напусков другими способами	Аналогичные штамповки в открытых штампах, но допуски несколько больше в направлении разъема частей матриц	То же, и специальные машины
Штамповка на горизонтально- ковочных машинах	Масса до 30 кг; в виде стержней с головками или утолщениями различной формы, полые, со сквозными или глухими отверстиями, фланцами и выступами. Предпочтительна форма тела вращения	Максимальные припуски и допуски по ГОСТ 7505. Припуск на 40...50 % больше, чем при штамповке на молотах	Горизонтально- ковочные машины усилием 1...4 МН

### Окончание таблицы 1.3

Гибка	Изогнутые в одной или нескольких плоскостях, получаемые из проката различного профиля (стандартного и специального)	В зависимости от исходной заготовки. В результате гибки возникают искажения на участках с малым радиусом	Горизонтально-гибочные машины (бульдозеры) с усилием 0,15...5 МН, кривошипные прессы
Высадка на электровысадочных машинах (с одновременным контактным электронагревом)	В виде стержней с массивными утолщениями на конце или в определенной части заготовки (клапаны, валики, с фланцами и т. п.)	Несколько больше, чем при штамповке на горизонтально-ковочной машине	Электровысадочные машины однопозиционные и многопозиционные, горизонтальные и вертикальные для высадки заготовок диаметром до 50...60 мм
Высадка на вертикально-ковочных машинах	Небольшие, изготавливаемые вытяжкой: типа костылей, бородков, зубил, шинных гвоздей, веретен и т. п.	Примерно те же, что и при штамповке	Вертикально-ковочные машины двух-, трех- (преимущественно) и четырехбойковые
Штамповка на высокоскоростном оборудовании	Сложной формы (ребренные); получают за один удар; экономия металла, нет уклонов, тонкие ребра 0,5...0,8 мм	Допуск $\pm(0,125...0,8)$ мм, шероховатость до Ra 10 мкм	Высокоскоростные молоты
Комбинированные процессы	Требующие применения нескольких способов для получения отдельных участков	В зависимости от комбинации примененных способов	Комплекс из нескольких машин: например, молот (пресс) и горизонтально-ковочная или горизонтально-гибочная машина и т. п.

Прокатка позволяет с наименьшими удельными затратами получать поковки, которые максимально по размерам приближаются к готовому изделию. Прокатка обладает более высокими технико-экономическими показателями по сравнению с другими способами обработки металлов: высокой производительностью, низкой себестоимостью и высоким коэффициентом использования материала.

Краткая характеристика основных способов горячей прокатки поковок приведена в таблице 1.4.

**Кованые поковки** получают с помощью простейшего универсального инструмента путем последовательного применения различных приемов и операций. Технологические процессы ковки отличаются относительной простотой и маневренностью отдельных операций.

Достоинством ковки является возможность с помощью простого и дешевого инструмента изготавливать поковки разнообразной формы в большом интервале размеров. Масса поковок может достигать сотен тонн, а длина измеряться десятками метров. Ковка обеспечивает повышенную точность и прочность. Поэтому только ковкой изготавливают ответственные заготовки для роторов и дисков турбин, котлов высокого давления, орудийных стволов, колонн гидравлических прессов, валков прокатных станов и других крупногабаритных ответственных деталей.

Недостатками ковки являются ограниченные возможности получения поковок сложной формы, а также большой отход металла в связи с необходимостью назначения больших напусков, припусков и допусков.

Таблица 1.4 – Характеристики способов горячей прокатки поковок

Способ получения поковок	Характеристика получаемых поковок	Припуски и допуски	Преимущественно используемое оборудование
Раскатка	Типа колец диаметром 70...700 мм при высоте 20...200 мм из заготовок, штампованных на горизонтально-ковочных машинах или кованых на молоте	Допуск для поковок колец шарикоподшипников диаметром 80...700 мм: по наружному диаметру и высоте 1...6 мм, по внутреннему диаметру 1,5...10 мм	Раскаточные машины для колец диаметром до 700 мм
Поперечная прокатка	Удлиненной формы типа ступенчатых валиков, а также втулок	Несколько меньше, чем при штамповке в открытых штампах	Трехвалковые стани с коническими или дисковыми валками; двухвалковые стани с винтовыми калибрами

#### Окончание таблицы 1.4

Накатка зубьев	Получение зубьев с модулем до 10 мм цилиндрических, конических и шевронных зубчатых колес диаметром до 600 мм	При горячей накатке (для $m > 2,5$ мм) точность по 8...11-му квалитету; шероховатость поверхности $Ra 5...1,25$ мкм; при холодной накатке $Ra 1,25...0,32$ мкм	Вертикальные и горизонтальные зубонакатные станы
Вальцовка	Переменного сечения массой до 5 кг, длиной до 50...60 мм, типа слесарного инструмента, шатунов, кулачков, звеньев гусениц	Допуск по длине заготовки 1...5 мм, по высоте и ширине 0,5...0,8 мм	Ковочные вальцы с диаметром валков 600...1000 мм

#### 1.2.4 Порошковые прессовки

Технологии порошковой металлургии сводят до минимума потери материала. Наиболее распространенным способом изготовления заготовок из порошков является холодное прессование в закрытых пресс-формах с последующим спеканием и калиброванием.

Формообразование заготовок в закрытой пресс-форме накладывает ряд ограничений по форме, размерам и массе изделий. Рекомендуемые параметры порошковых заготовок приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Рекомендуемые параметры порошковых заготовок, изготавляемых холодным прессованием с последующим спеканием

Параметр заготовки	Значение
Площадь поперечного сечения, $\text{см}^2$	0,5...60
Высота заготовки, мм	2...60
Масса заготовки не более, кг	5...10
Отношение длины к диаметру, не более	2,5...3
Радиусы скругления граней не менее, мм	0,13
Конусность по высоте заготовки, не более	0,008 мм на 1 мм длины
Некалиброванные заготовки: точность размеров параметр шероховатости поверхностей, мкм	IT8 – IT14 $Ra 2,5...0,63$
Калиброванные заготовки: точность размеров параметр шероховатости поверхностей, мкм	IT6 – IT7 $Ra 0,32...0,08$

Порошковые конструкционные заготовки целесообразно изготавливать в условиях крупносерийного и массового производства.

Основным потребителем конструкционных порошковых заготовок является автомобилестроение.

### 1.2.5 Отливки

Отливки, как вид заготовок, обладают следующими достоинствами:

- возможность изготовления заготовок из большинства конструкционных материалов, многие из которых непригодны для обработки давлением;
- возможность получения заготовок сложных форм внешней и внутренней полостей;
- возможность получения заготовок массой от нескольких грамм до нескольких сот тонн;
- изготовление отливок по сравнению с поковками во многих случаях более экономично.

Недостатки отливок:

- неоднородность структуры и свойств материала по объему;
- сложность изготовления отливок с необходимой точностью размеров и заданной шероховатостью поверхности.

В целом в машиностроении масса литых деталей составляет около 50 %, а в отдельных отраслях достигает 75...80 %.

Особенности отливок и области их применения в зависимости от способа изготовления приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Способы изготовления отливок, их особенности и область применения

Способы изготовления отливок	Масса отливки, т	Материал	Область применения и особенность способа
Разовые формы			
Ручная формовка: в почве	До 200		Станины, корпуса машин, рамы, цилиндры, шаботы молотов, траверсы
по шаблону	До 100	Сталь, серый, ковкий и высокопрочный чугун, цветные металлы и сплавы	Отливки в виде тел вращения (зубчатые колеса, кольца, диски, трубы, шкивы, маховики, котлы, цилиндры)
в крупных опоках			Станины, бабки, коробки скоростей, блоки цилиндров
в съемных опоках со стержнями из быстро твердеющей смеси	До 35		Станины ГМК, болтovысадочных автоматов, ножниц; позволяет уменьшить припуски на 25–30 % и трудоемкость механической обработки на 20–25 %

Продолжение таблицы 1.6

в почве с верхней опокой и облицовочным слоем из быстротвердеющей смеси	До 25		Шаботы, станины, цилиндры; позволяет снизить трудоемкость изготовления заготовки и механической обработки за счет уменьшения припусков на 10–18 %
стержневая формовка	До 2		Отливки со сложной ребристой поверхностью (головки и блоки цилиндров)
в почве открытая	До 0,15		Отливки, не требующие механической обработки (плиты, подкладки)
в мелких и средних опоках	До 0,1		Рукоятки, шестерни, шайбы, втулки, рычаги, муфты, крышки
<b>Машинная формовка: в крупных опоках</b>	До 2		Бабки, суппорты, корпуса небольших станин
в мелких и средних опоках	До 0,1		Шестерни, подшипники, муфты, маховики; позволяет получать отливки повышенной точности с низкой шероховатостью поверхности
<b>Литье в оболочковые формы: песчано-смоляные</b>	До 0,15	Сталь, чугун и цветные сплавы	Ответственные фасонные отливки в крупносерийном и массовом производстве
химически твердеющие тонкостенные (10–20 мм)	До 0,2		Ответственные фасонные мелкие и средние отливки
химически твердеющие толстостенные (толщиной 50–150 мм)	До 40		Большие отливки (станины штамповочных молотов, подушки прокатного стана)
жидкостекольные оболочковые	До 0,1	Углеродистые и коррозионно-стойкие стали, кобальтовые, хромистые и алюминиевые сплавы, латунь	Точные отливки с низкой шероховатостью поверхности в серийном производстве
Литье по выплавляемым моделям	До 0,15	Высоколегированные стали и сплавы (за исключением щелочных металлов, реагирующих с кремнеземом облицовочного слоя)	Лопатки турбин, клапаны, дюзы, шестерни, режущий инструмент, детали приборов. Керамические стержни позволяют изготавливать отливки толщиной 0,3 мм и отверстия диаметром до 2 мм

Продолжение таблицы 1.6

Литье по растворяемым моделям	До 0,15	Титан, жаропрочные стали	Лопатки турбин, детали приборов. Солевые модели снижают шероховатость поверхности
Литье по замораживаемым моделям	До 0,14		Тонкостенные отливки (минимальная толщина стенки 0,8 мм, диаметр отверстия до 1 мм)
Литье по газифицируемым моделям	До 15		Мелкие и средние отливки (рычаги, втулки, цилиндры, корпуса)
<b>Многократные формы</b>			
Литье в формы: гипсовые	0,10	Сталь, чугун, цветные металлы и сплавы	Крупные и средние отливки в серийном производстве
песчано-цементные	70		
кирпичные	200		
шамотно-кварцевые	100		
глинистые	50		
графитовые	0,014		
каменные	0,03		
металлокерамические и керамические	0,025		
Литье в кокиль: с горизонтальной, вертикальной и комбинированной плоскостью разъема	7 (чугун), 4 (сталь), 0,5 (цветные металлы и сплавы)	Сталь, чугун, цветные металлы и сплавы	Фасонные отливки в крупносерийном и массовом производстве (поршни, корпуса, диски, коробки подач, салазки)
Литье в облицованный кокиль	0,25	Сталь аустенитного и ферритного классов	Лопатки рабочих колес гидротурбин, коленчатые валы, буксы, крышки букс и другие крупные толстостенные отливки
Литье под давлением: на машинах с горизонтальными и вертикальными камерами прессования	0,10	Магниевые, алюминиевые, цинковые и свинцово-оловянные сплавы, сталь	Отливки сложной конфигурации (тройники, колена, кольца электродвигателей, детали приборов, блок двигателя)
с применением вакуума	0,05	Медные сплавы	Плотные отливки простой формы

## Окончание таблицы 1.6

Центробежное литье на машинах с осью вращения; вертикальной	0,05	Чугун, сталь, бронза и др.	Отливки типа тел вращения (вены, шестерни, бандажи, колеса, фланцы, шкивы, маховики), двухслойные заготовки (чугун - бронза, сталь - чугун) при $l/d < 1$
горизонтальной	0,60		Трубы, гильзы, втулки, оси при $l/d > 1$
наклонной (угол наклона 3...6°)	1,0		Трубы, валы, слитки
вертикальной, не совпадающей с геометрической осью отливки	0,01		Фасонные отливки, не являющиеся телами вращения (рычаги, вилки, тормозные колодки)
Штамповка жидких сплавов	До 0,30	Цветные сплавы	Слитки, фасонные отливки с глубокими полостями (турбинные лопатки, детали арматуры высокого давления)
обычная			
с кристаллизацией под поршневым давлением	0,01	Чугун и цветные сплавы	Массивные и толстостенные отливки без газовых раковин и пористости; можно получать уплотненные заготовки из нелитейных материалов (чистый алюминий)

### 1.2.6 Комбинированные заготовки

Комбинированные заготовки – это разновидность сварных заготовок, каждый элемент которых изготовлен по технологическому процессу соответствующего вида.

Комбинированные заготовки целесообразно применять в единичном и мелкосерийном производстве при следующих условиях:

- если изготовление цельнолитой заготовки связано с большим литейным браком из-за нетехнологичности конструкции;
- в случае, когда отдельные части заготовки работают в особо сложных условиях (повышенный износ, коррозия и т. П.) и для их изготовления требуются более дорогие сплавы;
- если заготовка представляет собой разветвленную конструкцию со значительным количеством больших выступающих частей и изготовление её требует крупногабаритных литейных форм и больших затрат.

При расчленении комбинированных заготовок на составные части необходимо принимать во внимание, что применение сварки требует не только выбора места расчленения, но и создания конструкций,

технологичных для данного способа сварки, способов получения элементов заготовки, материала и условий производства.

Общие характеристики комбинированных заготовок приведены в таблице 1.7.

Таблица 1.7 – Общие характеристики комбинированных заготовок

Группа заготовки	Характеристика изделия	Способы изготовления составных элементов	Область применения	Характеристики эффективности
Штамп-сварные	Замена литьих и штампованных заготовок. Большие габаритные размеры заготовки. Изготовление заготовок из отдельных элементов, полученных обработкой давлением	Листовая штамповка. Резка проката. Свободная ковка. Горячая объемная штамповка	Рамы; кожухи; ободы; емкости; крупные валы	Увеличение производительности. Снижение материалаомкости. Возможность изготовления сложных заготовок. Снижение себестоимости
Сварно-ковано-литые	Большие габаритные размеры заготовки. Использование материалов с разными свойствами	Необходимые способы литья и обработки давлением. Резка проката	Валы и диски турбин; рамы; крупные зубчатые колеса	Снижение массы заготовки до 30 %. Упрощение технологии изготовления составных элементов. Сокращение длительности производственно-технологического цикла (сокращение длительности подготовки производства до 40...50 %).

Окончание таблицы 1.7

Сварно-литые	Большие габаритные размеры заготовки. Наличие сочетаний стенок толщиной более 30 мм со стенками малых сечений. Наличие сочетаний стенок постоянного сечения толщиной до 30 мм с фасонными профилями переменного сечения	Литье в песчаные формы при машинной формовке. Литье в кокиль. Литье под давлением. Резка проката	Станины прессов, прокатных станов, станков; корпуса редукторов; картеры тепловозных двигателей; толстостенные сосуды; детали подвижного состава	Сокращение объема механической обработки. Возможное снижение себестоимости на 10...25 %

## 1.3 Материалы заготовок

### 1.3.1 Стали для холодной листовой штамповки

На технологию холодной штамповки оказывают влияние поверхности листа, допуски по толщине, направление прокатки листа, конструкция штампов, точность их установки, число переходов при штамповке, межоперационная термическая обработка, скорость деформирования и применяемая смазка. Для холодной листовой штамповки применяются следующие стали.

Тонколистовые холоднокатаные низкоуглеродистые качественные стали 08Ю, 08пс, 08Ф, 08кп предназначены для вытяжки деталей с весьма глубокой (ВГ), сложной (СВ) и особо сложной (ОСВ) вытяжкой. Толщина листов сталей ОСВ и СВ 0,7...2,0 мм включительно, категории ВГ – 0,5...3,0 мм.

Стали тонколистовые легированные высококачественные специального назначения: 25ХГСА, 30ХГСА, 30ХГСН2, 12Х2НМФА, 12Х2НВФА, 12Х2НМ1ФА, 12Х2НВФМА, 19Х2НВФА, 23Х2НМФА изготавливаются холодной и горячей прокаткой толщиной до 3,9 мм.

Толстолистовые горячекатаные качественные углеродистые стали 08кп, 08пс, 08, 08Ю, 10кп, 10пс, 10, 15кп, 15пс, 15, 20кп, 20пс, 20, 25пс, 25, 30, 35, 40 поставляются толщиной 4...14 мм.

### 1.3.2 Стали для холодной объемной штамповки

Стали различных марок обладают различной способностью к холодной объемной штамповке. На степень деформации оказывает существенное влияние химический состав. Чем меньше содержание углерода, кремния, марганца, фосфора, серы, тем легче осуществляется штамповка. Колебание содержания углерода должно быть минимальным (0,05...0,06 %); кремния – не более 0,20 %. Содержание марганца в сталях 10–20 не должно превышать 0,5 %, а в сталях 25–45 не более 0,6 %. Содержание серы и фосфора допускается не более чем 0,03...0,04 %. Содержание в стали более 0,2 % меди способствует образованию трещин.

Рекомендуемые материалы для процессов холодной объемной штамповки приведены в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Рекомендации по выбору стали для холодной объемной штамповки

Марка стали	Технологические возможности	Типы изготавляемых деталей
Мягкая сталь с низким сопротивлением деформированию марок 08, 08кп, 10, 10кп, 15,15кп	Выдавливание и высадка изделий сложных форм с большими степенями деформаций	Втулки, стаканы с внутренними и внешними осевыми отростками, фланцами, утолщениями посередине, стержни с головками и т.п.

### Окончание таблицы 1.8

<p>Сталь средней твердости со средним сопротивлением деформированию марок 20, 15Х, 15Г, 20Х, 20Г, 20ХН, 20ХГ, 20ХФ, 12ХН2, 12ХН3А, 18ХГТ, 18ХГ, 18ХГН, 15ХФ, 20ХГР, 20ХНР и т.п.</p>	<p>Выдавливание и высадка изделий упрощенных форм со средними степенями деформаций. Преимущественное применение прямого выдавливания и редуцирования по сравнению с обратным выдавливанием</p>	<p>Стержни с головками, ступенчатые стержни с фасонными головками, стержни с утолщениями посередине, детали с фасонными неглубокими полостями и т.п.</p>
<p>Твердая сталь с высоким сопротивлением деформированию марок 30, 35, 40, 45, 30Х, 30Г, 35Х, 40Х, 40ХН, 40Г, 45Х, У7, У8, У9, У10, У12, У8А, У10А, ШХ15, Х12М и т.п.</p>	<p>Высадка заготовок простых форм с небольшими степенями деформации, прямое выдавливание и редуцирование</p>	<p>Болты, винты, гайки, шарики, ролики, детали с неглубокими простыми полостями</p>

Критерием оценки способности стали к пластическому деформированию считают отношение  $\sigma_T/\sigma_B$ , которое должно составлять 0,50...0,65.

#### 1.3.3 Материалы для горячей объемной штамповки

Изготовленные поковки перед поставкой потребителю подвергаются испытаниям. По видам испытаний поковки разделяются на группы, приведенные в таблице 1.9.

Таблица 1.9 – Группы поковок и виды испытаний

Группа поковок	Виды испытаний	Условия комплектации партии	Кол-во поковок от партии, подлежащих испытанию
I	Без испытаний	Поковки одной или разных марок стали	–
II	Определение твердости	Поковки одной марки стали, совместно прошедшие термическую обработку	5 % от партии, но не менее 5 шт.
III	Определение твердости	Поковки одной марки стали, совместно прошедшие термическую обработку	100 %
IV	1. Испытание на растяжение 2. Определение ударной вязкости 3. Определение твердости	Поковки одной марки стали, совместно прошедшие термическую обработку	До 100 шт – 2 шт, св 100 шт – 1 %, но не менее 2 шт.
V	1. Испытание на растяжение 2. Определение ударной вязкости 3. Определение твердости	Принимается отдельно каждая поковка	100 %

По механическим свойствам поковки, поставляемые после окончательной обработки, разделяются на категории прочности. Категории прочности и соответствующие им нормы механических свойств приведены в таблице 1.10.

Таблица 1.10 – Категории прочности и норма механических свойств

Категория прочности	Предел текучести $\sigma_{0,2}$	Временное сопротивление $\sigma_B$	Механические свойства, не менее												Твердость по Бринеллю, Н/мм <sup>2</sup>					
			Относительное удлинение $\delta_5, \%$			Диаметр (толщина) поковок сплошного сечения			Ударная вязкость, $KCU_i$ , Дж/мм <sup>2</sup> $\times 10^4$ (кгс·м/см <sup>2</sup> )			Ударное сжение $\psi, \%$				Твердость по Бринеллю, Н/мм <sup>2</sup>				
			МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )	До 100	Св. 100 до 300	Св. 300 до 500	До 100	Св. 100 до 300	Св. 300 до 500	До 800	Св. 800 до 300	Св. 300 до 500	НВ	$d_{0,05}, \text{мм}$						
КП 175 (18)	175	355 (36)	28	24	22	20	55	50	45	40	64	59	54	49	101-143	5,85-5,00				
КП 195 (20)	195	390 (40)	26	23	20	18	55	50	45	38	59	54	49	44	111-156	5,60-4,80				
КП 215 (22)	215	430 (44)	24	20	18	16	53	48	40	35	54	49	44	39	123-167	5,35-4,65				
КП 245 (25)	245	470 (48)	22	19	17	15	48	42	35	30	49	39	34	34	143-179	5,00-4,50				
КП 275 (28)	275	530 (54)	20	17	15	13	40	38	32	30	44	34	29	29	156-197	4,80-4,30				
КП 315 (32)	315	570 (58)	17	14	12	11	38	35	30	30	39	34	29	29	167-207	4,65-4,20				
КП 345 (35)	345	590 (60)	18	17	14	12	45	40	38	33	59	54	49	39	174-217	4,55-4,10				
КП 395 (40)	395	615 (63)	17	15	13	11	45	40	35	30	519	54	49	39	187-229	4,40-4,00				
КП 440 (45)	440	635 (65)	16	14	13	11	45	40	35	30	59	54	49	39	197-235	4,30-3,95				
КП 490 (50)	490	655 (67)	16	13	12	11	45	40	35	30	59	54	49	39	212-248	4,15-3,85				
КП 540 (55)	540	685 (70)	15	13	12	10	45	40	35	30	59	49	44	3,9	223-262	4,05-3,75				
КП 590 (60)	590	715 (75)	14	13	12	10	45	40	35	30	59	49	44	39	235-277	3,95-3,65				
КП 640 (65)	640	785 (80)	13	12	11	10	42	38	33	30	59	49	44	39	248-293	3,85-3,55				
КП 685 (70)	685	835 (85)	13	12	11	10	42	38	33	30	59	49	39	39	262-311	3,75-3,45				
КП 735 (75)	735	880 (90)	13	12	11	–	40	35	30	–	59	49	39	–	277-321	3,65-3,40				
КП 785 (80)	785	930 (95)	12	11	10	–	40	35	30	–	59	49	39	–	293-331	3,55-3,35				

### Примечание.

Категория прочности обозначается буквами КП и цифрой, указывающей предел текучести.

### Примеры условных обозначений

#### Поковки группы I:

*Гр. I ГОСТ 8479 – 70.*

Поковки группы II (III) с твердостью НВ 143–179:

*Гр. II (III) НВ 143–179 ГОСТ 8479 – 70.*

Поковки группы IV (V) с категорией прочности КП 490:

*Гр. IV(V) КП 490 ГОСТ 8479 – 70;*

Поковки группы IV, категории прочности КП 490, относительным сужением не менее 50 %, ударной вязкостью КСУ не менее 69 Дж/м<sup>2</sup>.

*Гр. IV – КП490С -  $\psi \geq 50$  - КСУ > 69 ГОСТ 8479 – 70.*

Поковки группы IV с категорией прочности КП 490, времененным сопротивлением  $\sigma_B$  не менее 655 МПа, относительным удлинением  $\delta_5$  не менее 14 % и ударной вязкостью КСУ не менее 64 Дж/м<sup>2</sup>.

*Гр. IV – КП 490 -  $\sigma_B \geq 655$  -  $\delta \geq 14$  - КСУ > 64 ГОСТ 8479 – 70.*

Материалы поковок назначаются в зависимости от категории прочности и размеров (табл. 1.11).

Таблица 1.11 – Марки стали в зависимости от диаметра (толщины) поковок и требуемой категории прочности

Категории прочности	Диаметр (толщина) поковок, им			
	До 100	От 100 до 300	От 300 до 500	От 500 до 800
КП175 (18)	15*, 20*, 25, Ст3*	Ст3*, 15*, 20*, 25*, Ст5*	20*, 25*, 30*, Ст5*	20*, Ст5*, 30*, 35*
КП195 (20)	Ст3*, Ст3ГСП*, 15*, 20*, 25*, 15Х*, 20Х*, 15ХМ*	Ст3*, Ст15ХМ*, 20*, 25*, 30*, Ст5*, 15Х*, 20Х*, 12Х1МФ*	Ст5*, 25*, 30*, 35*, 20Х*, 22К*	Ст5*, 30*, 35*, 22К*
КП215 (22)	20*, 25*, 10Г2*, 20Х*, 15ХМ*, 12Х1МФ*	20*, 25*, Ст5*, 30*, 35*, 20Х*, 15ХМ*, 10Г2*, 22К*, 16ГС*, 12Х1МФ*	30*, 35*, 40*, 10Г2*, 22К*, 12Х1МФ*	30*, 35*, 40*, 22К*, 1ХГ2*, 12Х1МФ*
КП245 (25)	25*, 30*, 35*, Ст5*, 20Х*, 12ХМ*, 15ХМ*, 20ГС*	20, 30*, 35*, 40*, 45*, 20Х, 12ХМ*, 15ХМ*, 16ГС*, 20ГС*, 12Х1МФ*	30*, 35*, 40*, 45*, 40, 25ГС*, 35ХМ*, 12Х1МФ*	45*, 25ГС*, 40Х*, 35ХМ*
КП275 (28)	35*, 40*, 45*, 20Х, 25ГС*, 15ХМ*	25, 35, 40*, 45*, 50*, 20Х, 25ГС*, 12ХМ*, 15ХМ*, 35Г2*, 35ХМ*, 34ХМ (34ХМА)	40, 45, 40Х*, 25ГС*, 15ХМ*, 35ХМ*, 34ХМ (34ХМА)	40, 40Х, 25ГСА, 15Х1М1Ф

Продолжение таблицы 1.11

КП315 (32)	35, 45* 50*, 40Х*, 45Х*, 15ХМ*, 50Г2*, 35ХМ*, 34ХМ (34ХМА)	40, 45, 40Х*, 55*, 50Г2*, 35ХМ*, 40ХН*, 20Х, 34ХМ (34ХМА)	45, 45Х*, 40Х, 40ХН*, 38ХГН, 34Х1М	40Х, 45Х*, 45Х, 40ХН, 38ГН*
КП345 (35)	40, 45, 15Х, 40Х*, 50Г2*, 45Х*, 50Х*, 15ХМ*, 35ХМ*, 3.8ХГН*	45, 15ХМ, 20Х, 40Х, 45Х*, 50Х*, 50Г2*	40Х, 45Х*, 40ХН, 50Х*, 38ХГН	45Х, 50Х, 38ХГН, 35ХМ, 15Х1М1Ф, 34ХМ (34ХМА)
КП395 (40)	45, 30Х, 40Х, 50Г2*, 15ХМ, 30ХМА, 40ХН, 30ХГС*, 34Х1М*, 18ХГТ	35Х, 40Х, 45Х, 34ХМ, 35ХМ, 40ХФА, 40ХН, 38ХГН, 15Х1М1Ф, 34Х1М*, 34ХМ (34ХМА)	40Х, 45Х, 40ХН, 35ХМ, 38ХГН, 40ХФА, 34ХМ (34ХМА)	40ХН, 35ХМ, 38ХГН, 34ХМ (34ХМА)
КП440 (45)	40Х, 35ХМ, 40ХН, 38ХГН, 25Х1М1Ф*, 34Х1М, 30ХМА, 15ХМ	40Х, 45Х, 35ХМ, 40ХН, 30ХМА, 35ХМА, 25Х1М1Ф*, 34Х1М, 45ХНМ*, 34ХМ (34ХМА)	45Х, 35ХМ, 40ХН, 34Х1М, 38ХГН, 45ХНМ, 34ХМ (34ХМА)	40ХН, 34Х1М, 45ХНМ*, 38Х2Н2МА, 40ХН2МА
КП490 (50)	55, 55Х, 35Х, 40Х, 45Х, 15ХМ, 35ХМ, 30ХГСА, 30ХМА, 38ХМ, 38ХГН, 40ХН, 25Х1МФ	40Х, 45Х, 35ХМ, 40ХФА, 40ХН, 30ХГСА, 35ХГСА, 38ХГН, 25Х2М1Ф*, 25Х1М1Ф, 20Х1М1Ф1ТР, 34Х1М, 30ХН2МФА, 45ХНМ*, 34ХМ (34ХМА)	34Х1М, 30ХН2МФА, 40ХН2МА, 45ХНМ	34Х1М, 40ХН2МА
КП540 (55)	38ХС, 40ХН, 40ХФА, 38ХГН, 34Х1М, 25Х1М1Ф, 30ХГСА	45Х, 50Х, 35ХН, 40ХН, 30ХНМА, 40ХФА, 35ХГСА, 38ХГН, 34Х1М, 40ХН2МА	34Х1М, 40ХН2МА	45ХНМ

### Окончание таблицы 1.11

КП1590 (60)	45Х, 38ХС, 38ХГ, 35ХГСА, 35ХМ, 40ХН, 45ХН, 38ХГН, 30ХН3А, 25Х1МФ, 30ХГСА	50Х, 34ХНМА, 40ХН, 25Х1М1Ф, 38Х2МЮА, 35ХНМА, 30ХГСА, 34Х1М, 20Х1М1Ф1ТР, 25Х2М1Ф, 40ХН2МА, 34Х1МА, 45ХМ	34ХН1М, 40Х2Х2МА, 45ХМ	40ХН2МА, 45ХМ
КП1640 (65)	45Х, 50Х, 45ХН, 30ХГСА, 35ХГСА, 34ХН1М	34ХН1М, 40ХН2МА, 34ХН3М*	34ХН3М, 38ХН3МА, 40ХН2МА, 40Х2Х2МА	38ХН3МА, 38ХН3МФА, 34ХН3М 35ХН1М2ФА, 36Х2Х2МФА
КП1685 (70)	30ХГТ, 30ХГСА, 20ХН3А, 20Х1М1Ф1ТР, 20ХН3А, 25Х2М1Ф*, 34ХН1М, 34ХН3М*	50ХФА, 25Х1МФ, 25Х2МФ1, 34ХН3М*, 34ХН1М, 38ХН3МА*, 38ХН3МФА*, 40ХН2МА	34ХН3М*, 38ХН3МА*, 38ХН3МФА*, 38ХН2МА, 18Х2Х4МА, 45ХМ	38ХН3МА, 38ХН3МФА, 34ХН3М, 36Х2Х2МФА
КП735 (75)	34ХН1М, 40ХН2МА, 34ХН3М*, 40Х2Х2МА, 38Х2Х2МА	34ХН3М*, 40ХН2МА, 38ХН3МА*, 38ХН3МФА*, 18Х2Х4МА	34ХН3М, 38ХН3МА, 36Х2Х2МФА	34ХН3М, 38ХН3МФА
КП785 (80)	18Х2Х4ВА, 38ХН3МФА*. 34ХН3МА*, 38Х2Х2МА, 40ХН2МА	34ХН1МА, 34ХН3МА, 36Х2Х2МФА, 38ХН3МФА, 40ХН2МА, 38Х2Х2М	34ХН3МА, 38ХН3МФА, 38ХН3МА, 36Х2Х2МФА	-

Примечание. Знак «\*» означает, что сталь находится в нормализованном состоянии; в остальных марках стали соответствующая категория прочности обеспечивается закалкой и отпуском.

#### Алюминиевые сплавы

Деформируемые алюминиевые сплавы отличаются хорошей пластичностью (относительное удлинение до 40 %), но невысокой прочностью. К ним относятся сплавы алюминия с магнием: АМц, АМц2, АМц5, содержащие 1...5,8 % Mg.

К прессованным сплавам относятся сплавы системы Al-Cu-Mg – дуралюмины. Наибольшее применение имеют сплавы Д18 и Д16.

## Титановые сплавы

В промышленности применяют в основном титан двух марок: ВТ1-00 и ВТ1-0. Для легирования титана используют алюминий, марганец, хром, молибден. Такие сплавы хорошо штампуются, прокатываются, но плохо свариваются.

Широкое распространение имеет сплав ВТ3-1, который обладает термической стабильностью при температуре до 400 °С.

Однофазный сплав ВТ5 устойчив к коррозии, хорошо сваривается, сохраняет высокую прочность при температуре до 650 °С.

Поскольку титановые сплавы достаточно дороги и дефицитны, то это сильно сдерживает их использование. Для снижения себестоимости разработаны вторичные титановые сплавы – ВТВ1, ВТВ2, ВТВ3, ВТВ4. В качестве шихтовых материалов при выплавке слитков используют отходы производства титановых сплавов. Изделия из вторичных титановых сплавов могут быть сварены всеми видами сварки.

## Магниевые сплавы

Различают магниевые сплавы, обрабатываемые давлением (МА) и литьем (МЛ). Благодаря малой плотности и значительной прочности магниевых сплавов значительно снижается масса конструкций: для корпусных деталей экономия по массе составляет 21, 57, 111 % по сравнению с алюминиевыми, титановыми и стальными изделиями. Нашли применение магниевые сплавы марок МА1, МА2, МА2-1, МА8, МА14.

## Никелевые сплавы

Никелевые деформируемые жаропрочные сплавы ЭИ698 (Ni, Cr, Mo, Ti, Al, Mb) выдерживают температуры 550...700 °С при ресурсе 1200 ч.

Для изготовления дисков турбин используют сплавы ЭП742, ЭП648, ЭК79, ЗК79У.

Для деталей современных газотурбинных двигателей разработан сплав ВЖ145. Детали из этого сплава могут быть сварены любым методом сварки.

### 1.3.4 Порошковые материалы

Различают порошковые материалы общего назначения, заменяющие обычные углеродистые и легированные стали, чугуны и цветные металлы, и материалы, обладающие специальными свойствами: высокой износостойкостью, твердостью, жаропрочностью, коррозионной стойкостью, специфическими магнитными или электрическими характеристиками. Порошковые стали по механическим свойствам могут не уступать литым и кованным соответствующего состава.

Более половины порошковых материалов общего назначения составляют порошки на железографитовой основе. Для повышения

прочности и пластичности вводятся добавки – медь, фосфор, никель, хром: ЖД2,5; ЖД5,0; ЖГр-1; ЖГр-1,5; ЖГр1Д5; ЖН1Д1; ЖН2,5Д2,5; ЖГр1Х2; ЖФД2,5 (Ж – железо, Д – медь, Гр – графит, Н – никель, Х – хром, Ф – фосфор).

### **Антифрикционные порошковые материалы**

Многолетний опыт применения антифрикционных порошковых материалов показал, что они не только не уступают, но и обладают рядом достоинств по сравнению с обычными антифрикционными материалами. По сравнению с литой бронзой износостойкость бронзографита БР(8-10)Гр(2-4) и железографита ЖГр(1-3) увеличивается в 1,5 – 2 раза, легированного железографита ЖГр(1-2)Д(2-5) – в 2 – 3 раза, сульфидированного железографита в 5 – 10 раз.

Антифрикционные порошковые материалы применяют на основе:

- сульфидированного железографита марок ЖГрЦс4; ЖГр1Д3К0,4; ЖГр3Цс4; ЖГр1,5Цс4О1К1;
- высоколегированного железографита марки ЖГр3М15;
- железоникелевых сплавов марок ЖНГр3М15, ЖНБМ;
- сульфидированных нержавеющих сталей марок Х20КБ, Х23Н18КБ, Х18Н15КБ, Ж23Н18МсУ.

### **Фрикционные порошковые материалы**

Порошковые фрикционные материалы предназначены для работы в различных тормозных и передаточных узлах. Порошковые материалы на основе оловянных и алюминиевых бронз, содержащих свинец, графит, железо, предназначены преимущественно для работы в условиях сухого трения при давлении до 35 Мпа и скорости скольжения до 50 м/с.

Порошковые материалы на основе железа марок ФМК-8, ФМК-11, МКВ-50, СМК-80 предназначены для работы в условиях сухого трения при давлении до 300Мпа и скоростях до 60 м/с.

### **1.3.5 Материалы для отливок**

#### **Чугуны**

Серый чугун (СЧ-10, СЧ15, СЧ20, СЧ30, СЧ35) обладает хорошими литейными свойствами, имеет достаточно высокую прочность, высокую циклическую вязкость, легко обрабатывается и дешев. Недостатком серых чугунов является отбел поверхностного слоя, приводящий к дополнительному увеличению хрупкости.

Ковкий чугун (КЧ30-6, КЧ33-8, КЧ35-10, КЧ40-7, КЧ50-4, КЧ65-3, КЧ70-2, КЧ80-1,5) обладает повышенной пластичностью, сопротивляемостью ударным нагрузкам и однородностью механических свойств по сечению. Ковкий чугун обладает более низкими литейными свойствами по сравнению с серым чугуном.

Высокопрочный чугун (ВЧ35, ВЧ40, ВЧ45, ВЧ50, ВЧ60, ВЧ70, ВЧ80, ВЧ100) по свойствам приближается к сталям, т.е. обладает

высокой прочностью, пластичностью, хорошо обрабатывается резанием, однако имеет пониженную жидкотекучесть и повышенную усадку.

### Синтегран

Синтегран (синтетический гранит) на данном этапе развития станкостроения является перспективным материалом. Синтегран состоит из полимерного связующего и высокопрочных минеральных заполнителей. Полимерное связующее состоит из смолы и отвердителя. От вида связующего, его содержания зависят свойства и физико-механические характеристики композита.

По сравнению с чугуном, который традиционно применяется при изготовлении несущих элементов станков, синтегран имеет ряд преимуществ:

- более высокие демпфирующие возможности;
- высокая тепловая стабильность и нечувствительность к кратковременному перепаду температур;
- высокая времененная стабильность геометрических размеров из-за малых внутренних напряжений;
- высокая стойкость к действию агрессивных сред;

Замена изделий из чугуна на изделия из синтеграна позволяет значительно повысить точность изготавляемых станков, измерительных комплексов и отдельных узлов и деталей (табл. 1.12).

Таблица 1.12 – Области применения синтеграна в станкостроении и инструментальной промышленности

Назначение	Изделия	Станки	Достигаемый эффект
Детали функционального назначения	Державки и корпуса режущего инструмента (резцов, фрез, шверов и др.), центры, патроны, шпинделы и др.	Токарные, фрезерные, шлифовальные, расточные и др.	Улучшение демпфирующих характеристик, снижение шума, повышение точности, экономия материальных и трудовых затрат
Корпусные детали	Коробки скоростей и подач, каретки, корпуса редукторов, суппорты, столы и т.д.	То же	То же
Элементы измерительных машин	Контрольные плиты, направляющие, стойки, траверсы и т.д.	Измерительные машины, инструменты и системы	Повышение точности, упрощение конструкции, снижение материоемкости

### Окончание таблицы 1.12

Элементы станков, к которым предъявляются специальные требования	Станины, корпуса, стойки, основания и др.	Для физико-химической обработки	Увеличение срока службы, экономия дорогостоящих специальных сталей, возможность создания новых конструкций
Комбинированные детали	Станины, заполненные синтеграном, столы, основания, стойки, траверсы	Общего назначения	Повышение жесткости и улучшение динамических характеристик
Основания	Станины, стойки траверс, порталы, тумбы и др.	Любые станки и механизмы	Улучшение демпфирования, снижение шума, повышение точности, экономия металла

Таблица 1.13 – Литейные конструкционные легированные стали

Марка стали	Область применения
20ГЛ	Диски, звездочки, зубчатые венцы, барабаны и др. детали, к которым предъявляются требования по прочности и вязкости, работающие под действием статических и динамических нагрузок
35ГЛ	Диски, звездочки, зубчатые венцы, барабаны, шкивы и др. тяжелонагруженные детали экскаваторов, крышки подшипников, цапфы
20ГСЛ	Корпусные детали гидротурбин, работающие при температуре до 450 °C
30ГСЛ	Зубчатые колеса, ролики, обоймы, зубчатые венцы, рычаги, фланцы, шкивы, сектора, колонны, ходовые колеса и другие детали
20Г1ФЛ	Рамы, балки, корпуса и др. детали вагонов
20ФЛ	Литые детали вагонов, металлургического и горнодобывающего оборудования
30ХГСФЛ	Литые детали экскаваторов
45ФЛ	Износостойкие литые детали для тракторов и металлургического оборудования
32Х06Л	Кронштейны, балансиры, катки, другие ответственные детали со стенкой толщиной до 50 мм и общей массой детали до 80 кг
40ХЛ	Детали повышенной прочности, а также работающие на износ
20ХМЛ	Шестерни, крестовины, втулки, зубчатые колеса, цилиндры, обоймы и другие корпусные детали, работающие при температуре до 500 °C
20ХМФЛ	Детали арматуры, корпусные детали, цилиндры, работающие при температуре до 540 °C

Продолжение таблицы 1.13

20ГНМФЛ	Сварные конструкции больших сечений, бандажи цементных печей
35ХМЛ	Шестерни, крестовины, втулки, зубчатые колеса, печные детали и другие ответственные детали, к которым предъявляются требования высокой прочности и вязкости, работающие под действием статических и динамических нагрузок
30ХНМЛ	Ответственные нагруженные детали, к которым предъявляются требования высокой прочности и достаточной вязкости, работающие под действием статических и динамических нагрузок при температуре до 400 °C
35ХГСЛ	Зубчатые колеса, звездочки, оси, валы, муфты и др. ответственные детали, от которых требуется повышенная износостойкость
35НГМЛ	Ответственные нагруженные детали, к которым предъявляются требования высокой прочности и достаточной вязкости, работающие под действием статических и динамических нагрузок
20ДХЛ	То же
08ГДНФЛ	Сварные конструкции, ответственные детали со стенкой толщиной до 700 мм, к которым предъявляются требования высокой вязкости и достаточной прочности, работающие при температурах не более 350 °C
13ХНДФТЛ	Сварные конструкции, ответственные нагруженные детали, к которым предъявляются требования достаточной прочности и вязкости, работающие под действием статических и динамических нагрузок при температуре до 500 °C
12ДН2ФЛ	Сварные конструкции, ответственные нагруженные детали, к которым предъявляются требования достаточной прочности и вязкости, работающие под действием статических и динамических нагрузок при температуре до 400 °C
12ДХН1МФЛ	Сварные конструкции, ответственные нагруженные детали, к которым предъявляется требования высокой прочности и достаточной вязкости, работающие под действием статических и динамических нагрузок
23ХГС2МФЛ	Детали ответственного назначения со стенкой толщиной до 30 мм, работающие в условиях циклических и ударных нагрузок и в условиях ударно-абразивного износа
12Х7Г3СЛ	Ответственные высоконагруженные детали со стенкой толщиной до 100 мм, работающие в условиях статических и динамических нагрузок
25Х2ГНМФЛ	Детали ответственного назначения со стенкой толщиной до 50 мм, работающие в условиях статических и динамических нагрузок
27Х5ГСМЛ	Высоконагруженные детали ответственного назначения со стенкой толщиной до 30 мм, к которым предъявляются требования высокой прочности и достаточной вязкости

Окончание таблицы 1.13

30Х3С3ГМЛ	Высоконагруженные детали ответственного назначения со стенкой толщиной до 200 мм
03Н12Х5М3ТЛ	Высоконагруженные детали со стенкой толщиной до 100 мм

Таблица 1.14 – Литейные легированные стали со специальными свойствами

Класс стали	Марка стали	Основное свойство	Область применения
<b>Легированные со специальными свойствами</b>			
Мартенситный	20Х13Л	Несколько менее коррозионностойкая в атмосферных условиях по сравнению со сталью марки 15Х13Л	Детали, подвергающиеся ударным нагрузкам (турбинные лопатки, клапаны гидравлических прессов, арматура крекинг-установок, сегменты сопел, формы для стекла, рамы садочных окон, предметы домашнего обихода и др.), а также изделия, подвергающиеся действию относительно слабых агрессивных сред (атмосферные осадки, влажный пар, водные растворы солей органических кислот при комнатной температуре)
	08Х14НДЛ	Коррозионностойкая в морской воде и атмосферных условиях. Коррозионная стойкость выше, чем у стали марок 15Х13Л и 20Х13Л	Детали, работающие в морской воде (гребные винты и другие)
	09Х16Н4БЛ	Коррозионностойкая. Высокопрочная при нормальной температуре, устойчива против окисления в атмосферных условиях при температуре до 500 °С.	Детали повышенной прочности для авиационной, химической и других отраслей промышленности
	09Х17Н3СЛ	Коррозионностойкая сталь. Высокопрочная при нормальной температуре	Детали повышенной прочности для авиационной, химической и других отраслей промышленности, работающие в средах средней агрессивности (азотная и слабые органические кислоты, растворы солей органических и неорганических кислот)

**БІБЛІЯТЭКА**  
 УА «ВІЦЕБСКІ ДЗЯРЖАУНЫ  
 ТЭХНАЛАГІЧНЫ ЎНІВЕРСІТЭТ»  
 інв. № у-3196

Окончание таблицы 1.14

Мартенситно-ферритный	20Х5МЛ	Жаростойкая в горячих нефтяных средах, содержащих сернистые соединения. Жаростойкость до 600 °С	Детали арматуры нефтеперерабатывающих установок, печные двойники, корпуса насосов, др. детали, работающие в нефтяных средах под давлением при температуре до 550 °С
	20Х8ВЛ	Жаростойкая в более агрессивных сернистых средах по сравнению со сталью марки 20Х5МЛ, жаростойкость до 600 °С	Те же детали, работающие в условиях сильно сернистых нефтяных сред под давлением при температуре до 575 °С
	40Х9С2Л	Жаростойкая при температуре до 800 °С, жаропрочная при температуре до 700 °С	Детали, работающие длительное время под нагрузкой при температуре до 700 °С (клапаны моторов, колосники, крепежные детали)
	10Х12НДЛ	Кавитационностойкая. Коррозионностойкая и эрозионностойкая в условиях проточной воды. Сталь не склонна к отпускной хрупкости, не флокеночувствительна	Элементы сварных конструкций рабочих колес гидротурбин, детали гидротурбин (лопатки, детали проточной части), работающие в условиях кавитационного разрушения
	20Х12ВНМФЛ	Коррозионностойкая, жаропрочная до 650 °С	Литые детали турбин (цилиндры, сопла, диафрагмы и арматура) с рабочей температурой до 600 °С
	15Х13Л	Коррозионностойкая в атмосферных условиях, в речной и водопроводной воде. Наивысшая коррозионная стойкость достигается термической обработкой и полировкой	Детали с повышенной пластичностью, подвергающиеся ударным нагрузкам (турбинные лопатки, клапаны гидравлических прессов, арматура крекинг-установок и другие), а также изделия, подвергающиеся действию относительно слабых агрессивных сред (атмосферные осадки, влажный пар, водные растворы солей органических кислот при комнатной температуре)

## Примеры условного обозначения сталей для отливок

25Л К20 ГОСТ 977 – 88

23ХГС2МФЛ КТ110 ГОСТ 977 – 88

В обозначении марок стали первые цифры указывают среднюю или максимальную (при отсутствии нижнего предела) массовую долю углерода в сотых долях процента; буквы за цифрами означают: А – азот, Б – ниобий, В – вольфрам, Г – марганец, Д – медь, М – молибден, Н – никель, Р – бор, С – кремний, Т – титан, Ф – ванадий, Х – хром, Ю – алюминий, Л – литейная. Цифры, стоящие после букв, указывают примерную массовую долю легирующего элемента в процентах.

Индексы «К» и «КТ» являются условными обозначениями категории прочности, следующее за ними число означает значение требуемого предела текучести. Индекс «К» присваивается материалу в отожженном, нормализованном или отпущенном состоянии; индекс «КТ» – после закалки и отпуска.

### Литейные цветные и тугоплавкие сплавы

Алюминиевые литейные сплавы (АЛ) подразделяются на 5 групп:

- группа 1 – силумины – сплавы системы АЛ-Si (АЛ2, АЛ4, АЛ9). Эти сплавы устойчивы к коррозии, обладают хорошей текучестью и малой усадкой;

- группа 2 – сплавы системы АЛ-Si-Cu (АЛ3, АЛ5, АЛ6), содержат дополнительно марганец и титан;

- группа 3 – сплавы системы АЛ-Cu (АЛ7, АЛ19), имеют повышенное содержание меди;

- группа 4 – сплавы системы АЛ-Mg (АЛ8, АЛ13, АЛ22), обладают низкой плотностью, хорошей коррозионной стойкостью и высокими механическими характеристиками;

- группа 5 – сплавы на основе алюминия, марганца, магния, цинка, титана (АЛ24, ВАЛ-12, ВА14, ВАЛ16).

Алюминиевые литейные сплавы по сравнению с чугунами и сталью обладают рядом важных преимуществ: возможностью получения более точных литьих заготовок с малой шероховатостью поверхности, а значит и возможностью уменьшения трудоемкости; более высокой коррозионной стойкостью; снижением массы.

### Бронзы

Сплавы на основе меди называют бронзами: оловянными (ГОСТ 5017 – 74) и безоловянными (ГОСТ 18175 – 78), обладают хорошими литейными свойствами, имеют малый коэффициент трения, что позволяет использовать их при изготовлении вкладышей подшипников скольжения, червячных колес, различных элементов измерительных приборов.

Бронза БрОЦС-5-5-5 содержит 4...6 % олова, цинка и свинца, остальное – медь. Поскольку олово дороже и дефицитнее меди, то широкое распространение получили алюминиевые бронзы (БрА5,

БрАЖМц-10-3-1,5). Алюминиевые бронзы с добавками алюминия до 10 % обладают хорошей жидкотекучестью, а добавки никеля, марганца, железа и свинца улучшают механические свойства.

Бериллиевые бронзы БрБ2, в состав которых входит 1,8...2,1 % бериллия, 0,2...0,5 % никеля, остальное – медь, обладают высокой прочностью и упругостью, что позволяет использовать их для изготовления пружин и контактов.

### **Магниевые сплавы**

Магниевые литейные сплавы содержат железо, кремний, алюминий, медь, никель, марганец. Наиболее широко используют магниевые литейные сплавы МЛ5, МЛ5п4, МЛ10 и МЛ12. Благодаря малой плотности и значительной прочности магниевых сплавов существенно снижается масса конструкций: для корпусных деталей экономия по массе составляет 21, 57 и 110 % по сравнению с алюминиевыми, титановыми и стальными деталями соответственно.

### **Никелевые сплавы**

Никелевые литейные жаропрочные сплавы ЖС6К, ВЖЛ12У, ЖС6У применяют для изготовления литьем рабочих лопаток турбин и цельнолитых роторов.

Для рабочих лопаток турбин самолетов используют сплавы ЖС30, ЖС26У, имеющие высокие пределы прочности во всем интервале рабочих температур, выносливости, термостабильности, что позволяет увеличивать ресурс двигателя в 4...5 раз.

## 2 Проектирование заготовок, изготавливаемых холодной штамповкой

### Особенности конструкций листоштампованных заготовок

На выбор материала и конструкцию листоштампованных изделий существенное влияние оказывают технологические особенности разделительных и формообразующих операций.

Плоские изделия, получаемые вырубкой-пробивкой, можно изготовить из всех материалов, в том числе и неметаллических. Гнутые и полые изделия целесообразно изготавливать из материалов со сравнительно малыми пределами текучести, упругости и большим относительным удлинением ( $\delta = 20\dots28\%$ ).

Кроме этого, конструкции листоштампованных изделий должны отвечать некоторым требованиям общего порядка.

Изделия из листового материала должны быть унифицированы по маркам материала и сортаментам, по диаметрам вырубки-пробивки, углам и радиусам гибки; конфигурация и размеры изделий должны обеспечивать минимальный расход материала.

При простановке размеров в качестве баз выбирают поверхности, точность обработки которых наиболее высока.

### 2.1 Плоские листоштампованные заготовки. Задание 1

Цель задания – освоить методику и приобрести навыки проектирования плоских заготовок, получаемых вырубкой-пробивкой из полосы.

#### Содержание задания:

- изучить рекомендации и требования, предъявляемые к плоским заготовкам;

- по варианту индивидуального задания оценить технологичность изделия, скорректировать форму, в соответствии с рекомендациями назначить размеры и выполнить чертеж с соблюдением требований ЕСКД.

**Технологические рекомендации к плоским заготовкам, изготавливаемым на специальных штампах в условии серийного и массового производства.**

При проектировании плоских деталей необходимо создать такую конструкцию заготовки, которая отвечает условиям технологичности, т.е. наиболее простого ее изготовления при условии соблюдения технических и эксплуатационных требований, предъявляемых к детали.

Конфигурация изделия должна состоять из простых геометрических фигур. При этом вершины углов, узкие прорези, выступы должны плавно сопрягаться (рис. 2.1). Необходимость плавных сопряжений обусловлена интенсивным износом поверхностей матрицы и пуансона, а значит и увеличением зазора в первую очередь на заостренных участках. В этих местах образуются заусенцы, для

устранения которых необходимы дополнительные технологические операции. Рекомендуемые конструктивные соотношения размеров элементов изделия приведены в таблице 2.1.

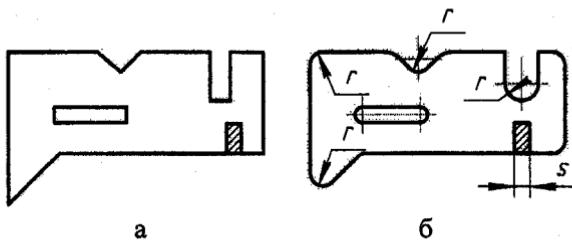


Рисунок 2.1 – Нерекомендуемые (а) и рекомендуемые (б) сопряжения геометрических элементов контура изделий

Стойкость пuhanсонов зависит от их размеров и ограничивается минимальными размерами пробиваемых отверстий, которые назначаются в соответствии с рекомендациями (таблица 2.2).

Стойкость матриц зависит от расстояний между пробиваемыми отверстиями, а также от их расположения относительно вырубаемого контура (табл. 2.1; рис. 2.2).

Таблица 2.1 – Соотношение размеров геометрических элементов изделий, изготавливаемых вырубкой-пробивкой

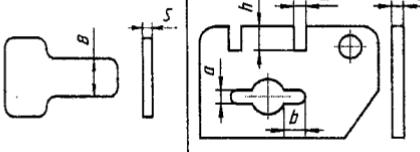
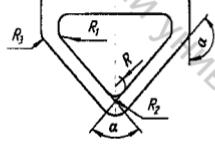
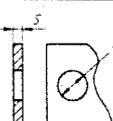
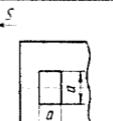
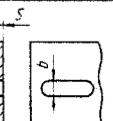
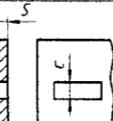
Наименьшая ширина детали	Наименьшие размеры пазов и окон	Радиусы скругления	Скругление контура
		Наружный контур Внутренний контур	
			
$B \geq 1,5S$	$B \geq 1,5S$ $h \geq 1,5S$	При $\alpha \geq 90^\circ$ $R_1 \geq 0,25S$ ; при $\alpha \leq 90^\circ$ $R_1 \geq 0,5S$	При $\alpha \geq 90^\circ$ $R_1 \geq 0,35S$ ; при $\alpha \leq 90^\circ$ $R \geq 0,6S$

Таблица 2.2 – Минимальные размеры (мм) пробиваемых отверстий

Материал				
Сталь:				
$\sigma_e \leq 50 \text{ кГ/мм}^2$	$1,0S$	$0,9S$	$0,7S$	$0,8S$
$50 \leq \sigma_{es} \leq 70 \text{ кГ/мм}^2$	$1,3S$	$1,2S$	$0,9S$	$1,0S$
$\sigma_{es} \geq 70 \text{ кГ/мм}^2$	$1,5S$	$1,3S$	$1,1S$	$1,2S$
Латунь, медь	$0,9S$	$0,8S$	$0,65S$	$0,7S$
Алюминий, цинк	$0,8S$	$0,7S$	$0,6S$	$0,6S$
Титановый сплав:				
в хол. состоянии	$2,0S$	$1,75S$	$1,75S$	$1,75S$
в нагретом	$1,0S$	$0,75S$	$0,75S$	$0,75S$

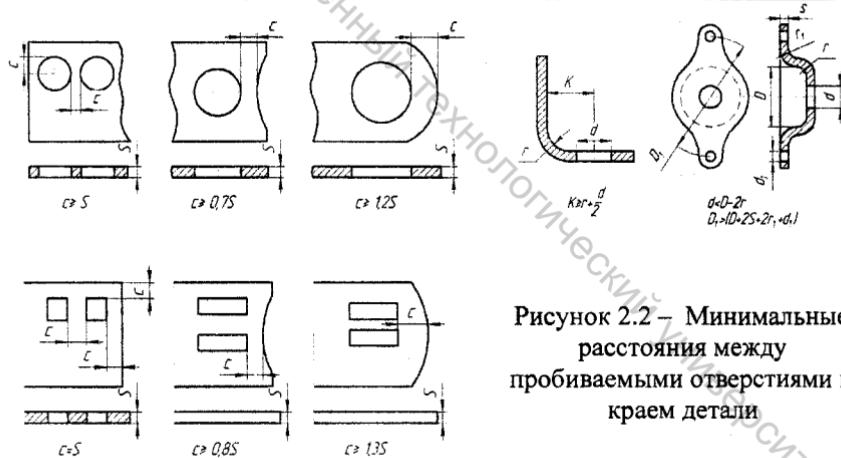


Рисунок 2.2 – Минимальные расстояния между пробиваемыми отверстиями и краем детали

Точность и шероховатость элементов заготовок, полученных на разделительных штампах, зависит от толщины материала и номинальных размеров (табл. 2.3...2.7).

Таблица 2.3 – Допустимые отклонения размеров внешнего контура в зависимости от толщины  $s$  заготовки

$s$ , мм	Размеры, мм	
	до 50	св. 50 до 120
$0,2 < s \leq 0,5$	$\pm 0,10$	$\pm 0,15$
$0,5 < s \leq 1,0$	$\pm 0,15$	$\pm 0,20$
$1,0 < s \leq 2,0$	$\pm 0,20$	$\pm 0,30$
$2,0 < s \leq 3,0$	$\pm 0,30$	$\pm 0,40$

Таблица 2.4 – Допустимые отклонения межосевых расстояний пробитых отверстий в зависимости от толщины  $s$  заготовки

$s$ , мм	Размеры, мм	
	до 120	св. 120 до 220
$s \leq 2$	$\pm 0,15$	$\pm 0,20$
$2 < s \leq 4$	$\pm 0,20$	$\pm 0,25$
$s > 4$	$\pm 0,25$	$\pm 0,30$

Таблица 2.5

Таблица 2.5 – Допустимые отклонения размеров отверстий после пробивки-вырубки в зависимости от толщины  $s$  заготовки

$s$ , мм	Диаметр отверстия, мм		
	до 10	св. 10 до 50	св. 50 до 100
$s \leq 2$	$+0,06$	$+0,08$	$+0,10$
$2 < s \leq 4$	$+0,08$	$+0,10$	$+0,12$
$s > 4$	$+0,10$	$+0,12$	$+0,14$

Таблица 2.6 – Допустимая шероховатость поверхности среза после пробивки-вырубки в зависимости от толщины  $s$  заготовки

$s$ , мм	$s \leq 1$	$1 < s \leq 2$	$2 < s \leq 3$	$3 < s \leq 4$
$Rz$ , мкм	10...20	20...40	40...80	80...100

Точность размеров зависит от способа вырубки-пробивки и конструкции штампов (таблица 2.7).

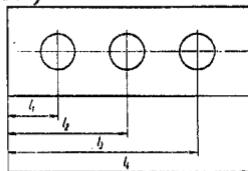
Таблица 2.7 – Квалитет точности при различных способах вырубки и пробивки

Толщина материала, мм	Группа точности	Номинальный размер изделия, мм							
		1...3	3...6	6...10	10...18	18...30	30...50	50...80	80...120
До 1	1	7/7	7/7	7/7	7/9	7/9	–	–	–
	2	7/9	8/9	8/9	8/9	8/9	8/9	–	–
	3	10/11	10/11	10/11	10/11	10/11	10/11	10/11	10/11
1...2	1	7/7	7/7	7/7	7/9	7/9	–	–	–
	2	9/11	9/11	9/11	10/11	10/11	10/11	10/11	10/11
	3	11/11	11/11	11/13	11/13	11/13	11/13	13/13	13/13
2...4	1	7/7	7/7	7/7	7/9	8/9	–	–	–
	2	10/11	11/11	11/11	11/11	11/11	11/11	11/11	11/11
	3	11/13	11/13	13/13	13/13	13/13	13/13	13/13	13/13

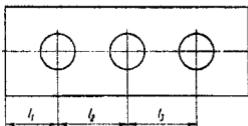
Примечание. Группы точности: 1 – обеспечивается чистовой вырубкой и пробивкой; 2 – обеспечивается совмещенными штампами с прижимом; 3 – обеспечивается однооперационными штампами последовательного действия. В числителе – точность при вырубке, в знаменателе – при пробивке.

### Простановка размеров

Плоское изделие с отверстиями можно получить тремя способами: вырубкой с последующей пробивкой (фиксация по наружному контуру); пробивкой с последующей вырубкой (фиксация по отверстиям); вырубкой с одновременной пробивкой в совмещенном штампе. В первых двух случаях простановка размеров от баз обязательна. Базами являются поверхности наружного контура в первом случае и поверхности пробиваемых отверстий во втором случае, в третьем случае вырубка наружного контура и пробивка отверстий осуществляются одновременно, и базами могут быть как поверхности наружного контура, так и поверхности пробиваемых отверстий (рис. 2.3).



а



б

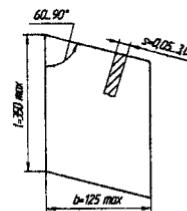
Рисунок 2.3 – Схемы простановки размеров:  
а – фиксация изделия по наружному контуру;  
б – фиксация изделия по ранее пробитому отверстию

Технологические требования, предъявляемые к конфигурации плоских заготовок, штампемых на универсально-переналаживаемых штампах в условиях единичного и мелкосерийного производства

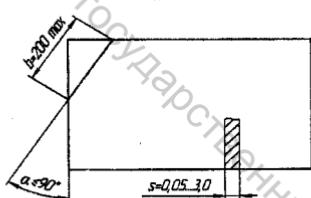
Типы, формы и размеры элементов заготовок приведены на рис. 2.4.



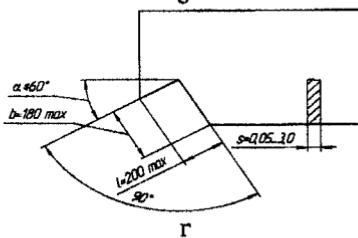
а



б



в



г

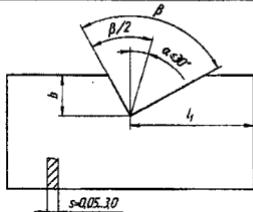
Рисунок 2.4 – Типы и соотношения элементов заготовок: а – прямоугольной формы, б – параллелограмма, в – скоса, г – прямоугольного выреза

Размеры прямоугольного паза приведены в таблице 2.8, размеры углового паза – в таблице 2.9.

Таблица 2.8 – Допустимая шероховатость поверхности среза после пробивки-вырубки в зависимости от толщины  $s$  заготовки

$s, \text{мм}$	$Rz, \text{мкм}$	$b, \text{мм}$	$l, \text{мм}$
		Не более	
От 0,05 до 0,5	1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,0; 16,0; 20,0; 25,0;	63	130
От 0,5 до 3,0	2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; 63,0;	120	400

Таблица 2.9 – Размеры углового паза



$\beta$	$b$ , мм, не более							
15°	2,5	4,0	6,3	10,0	16,0	25,0	–	–
30	2,5	4,0	6,3	10,0	16,0	25,0	40,0	–
45	2,5	4,0	6,3	10,0	16,0	25,0	40,0	63,0
60	2,5	4,0	6,3	10,0	16,0	25,0	40,0	63,0
75	2,5	4,0	6,3	10,0	16,0	25,0	40,0	–
90	2,5	4,0	6,3	10,0	16,0	25,0	–	–

Размер  $l$  не должен превышать 120 мм при толщине материала от 0,05 до 0,5 мм и 340 мм при толщине материала от 0,5 до 3,0 мм.

Радиусы скруглений должны соответствовать значениям, приведенным в таблицах 2.10, 2.11 и 2.12.

Таблица 2.10 – Радиусы скруглений углового паза

$b$	$R$				
	2,5	4,0	6,3	10,0	16,0
2,5	1,6;	2,5;			
4,0	1,6;	2,5;	4,0;		
6,3	1,6;	2,5;	4,0;	6,3;	
10,0	2,5;	4,0;	6,3;	10,0;	
16,0	4,0;	6,3;	10,0;	16,0;	
25,0	6,3;	10,0;	16,0;	25,0;	
40,0	10,0;	16,0;	25,0;	40,0;	
63,0	16,0;	25,0;	40,0;	63,0;	

Таблица 2.11 – Радиусы скруглений угла

<i>s</i>	<i>R</i>
От 0,05 до 2,0	1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,6; 4,0; 4,5; 5,0; 5,6; 6,0; 7,1; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0; 14,0; 16,0
От 2,0 до 3,0	3,0; 3,6; 4,0; 4,5; 5,0; 5,6; 6,0; 7,1; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0; 14,0; 16,0

Таблица 2.12 – Радиусы скруглений сторон

<i>s</i>	<i>R</i>
От 0,05 до 2,0	1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,6; 4,0; 4,5; 5,0; 5,6; 6,0; 7,1; 8,0; 9,0; 10,0; 11,0; 12,0; 14,0; 16,0
От 2,0 до 3,0	3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 12,0; 16,0

Размеры круглых отверстий и его координаты должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 2.13.

Таблица 2.13 – Значения диаметра отверстия и его координаты

s	d	$l_1$	$l_2$
		Не более	
От 0,05 до 0,5	1,0; 1,1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4; 2,6; 2,8; 3,0; 3,2; 3,4; 3,6; 3,8; 4,0; 4,2; 4,5; 4,8; 5,0; 5,3; 5,6; 6,0; 6,3; 6,7; 7,1; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 10,5; 11,0; 11,5; 12,0; 13,0; 14,0; 15,0; 16,0; 17,0; 18,0; 19,0; 20,0; 21,0; 22,0; 24,0; 25,0; 26,0; 28,0; 30,0;	120	63

Размеры прямоугольных отверстий и его координаты приведены в таблице 2.14.

Таблица 2.14 – Размеры прямоугольного отверстия и его координаты

s	l	b	$l_1$	$l_2$
			Не более	
3,2				
4,0	3,2; 4,0; 5,0; 6,3;			
5,0	8,0; 10,0; 12,0;			
6,3	16,0; 20,0			
8,0				
От 0,05 до 0,5	10,0	4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,0; 16,0; 20,0	120	63
	12,0	5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,0; 16,0; 20,0		
	16,0	6,3; 8,0; 10,0; 12,0; 16,0; 20,0		
	20,0	8,0; 10,0; 12,0; 16,0; 20,0		

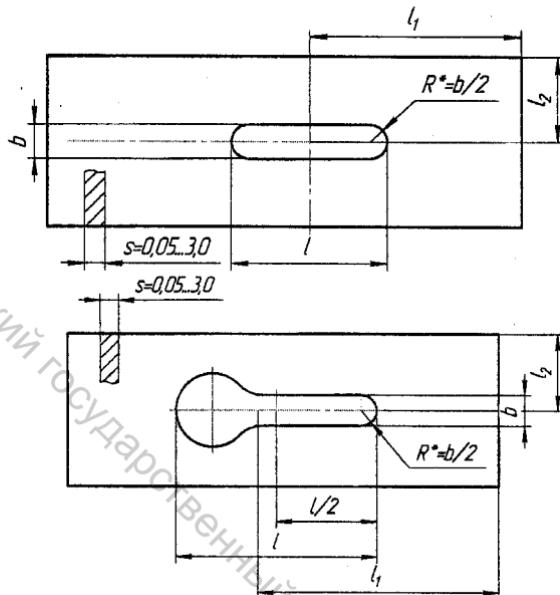
Окончание таблицы 2.14

От 0,5 до 3,0	25,0	10,0; 12,0; 16,0		
	3,2	3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0		
	4,0	3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,0		
	5,0			
	6,3			
	8,0	3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,0; 16,0; 20,0; 25,0		
	10,0	4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0		
	12,0	5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0		
	16,0	6,3; 8,0; 10,0; 12,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0		
	20,0	8,0; 10,0; 12,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; 63,0;		
	25,0	10,0; 12,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; 63,0		
	32,0	12,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0		
	40,0	12,0; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0		
	50,0	16,0; 20,0; 25,0; 32,0; 40,0		
	63,0	20,0; 25,0; 32,0		

340 105

Размеры овального и фигурного отверстий должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 2.15.

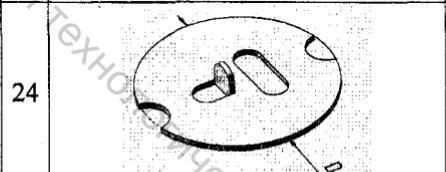
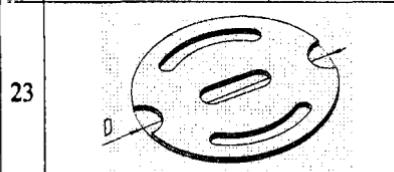
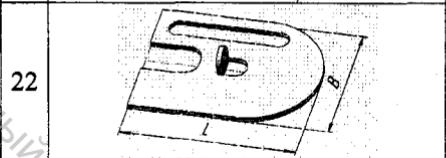
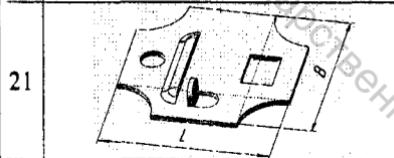
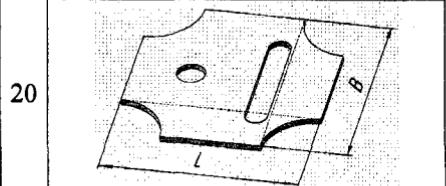
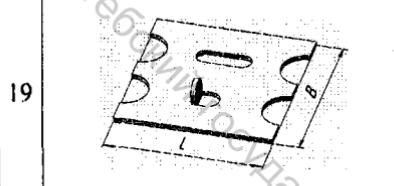
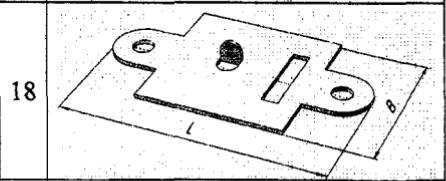
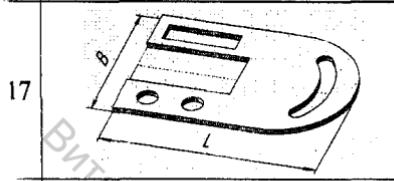
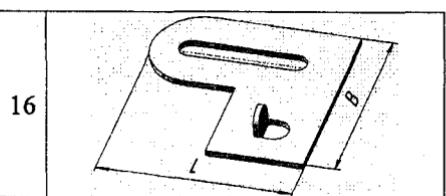
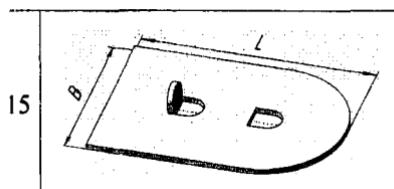
Таблица 2.15 – Размеры овального и фигурного отверстий



$b$	$d$					
	5,0	6,3	7,1	8,0	10,0	12,0
3,2	5,0	6,3	7,1	8,0	10,0	12,0
3,6	6,3	7,1	8,0	10,0	12,0	16,0
4,0	7,1	8,0	10,0	12,0	16,0	–
4,5	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	–
5,0	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	25,0
5,6	10,0	12,0	16,0	20,0	25,0	–
6,3	10,0	12,0	16,0	20,0	25,0	–
7,1	12,0	16,0	20,0	25,0	–	–
8,0	12,0	16,0	20,0	25,0	–	–
10,0	16,0	20,0	25,0	–	–	–
12,0	20,0	25,0	–	–	–	–

**Варианты к заданию 1**

№		№	
1		2	
3		4	
5		6	
7		8	
9		10	
11		12	
13		14	



<i>Nº</i>	<i>L, MM</i>	<i>B, MM</i>	<i>Nº</i>	<i>L, MM</i>	<i>B, MM</i>
1	105	75	13	120	85
2	90	85	14	115	80
3	105	80	15	120	75
4	100	85	16	100	80
5	90	85	17	125	70
6	95	80	18	120	75
7	95	85	19	100	100
8	90	85	20	100	100
9	125	85	21	100	100
10	100	80	22	100	80
11	120	70	23		100
12	125	80	24		110

## 2.2 Изогнутые листоштамповые заготовки. Задание 2

Цель задания – освоить методику и приобрести навыки проектирования изогнутых заготовок, получаемых гибкой исходных плоских заготовок.

Содержание задания:

- изучить рекомендации и требования, предъявляемые к изогнутым заготовкам;
- ознакомиться с методикой расчета размеров исходной плоской заготовки (развертки);
- по варианту индивидуального задания оценить технологичность развертки и изогнутой заготовки; при необходимости выполнить корректировку формы изделий, рассчитать размеры развертки, выполнить чертежи развертки и изогнутой заготовки с соблюдением требований ЕСКД.

### Технологичность изогнутых деталей

Минимальные радиусы гибки преимущественно зависят от следующих факторов: толщины материала; механических свойств материала; угла гибки; направления линии гибки относительно направлений волокон проката. Минимально допустимый радиус гибки определяется по формуле

$$R_{\min} = KS, \quad (2.1)$$

где  $S$  – толщина материала;  $K$  – коэффициент, зависящий от механических свойств материала (табл. 2.16).

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

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

Для предотвращения искривлений формы отверстий, расположенных близко к линии изгиба, необходимо расстояние от центра радиуса изгиба до края пробитого отверстия принимать не менее двух толщин  $a < 2S$  (рис. 2.5 а). В противном случае пробивку отверстия необходимо осуществлять после гибки, или предусматривать дополнительные технологические отверстия, предотвращающие утяжку (рис. 2.5 б).

Таблица 2.16 – Числовые значения коэффициента  $K$ 

Металл	Отожженный или нормализованный металл		Наклепанный металл	
	Расположение линии сгиба			
	Поперек волокон проката	Вдоль волокон проката	Поперек волокон проката	Вдоль волокон проката
Коэффициент $K$				
Алюминий	–	–	0,3	0,8
Медь отожженная	–	–	1,0	2,0
Латунь Л68	–	0,2	0,4	0,8
Сталь 0,5; 08kp	–	–	0,2	0,5
Сталь Ст. 2	–	0,4	0,4	0,8
Сталь 15; 20; Ст. 3	0,1	0,5	0,4	0,8
Сталь 25; 30; Ст. 4	0,2	0,6	0,5	1,0
Сталь 35; 40; Ст. 5	0,3	0,8	0,6	1,2
Сталь 45; 50; Ст. 6	0,5	1,0	0,8	1,5
Сталь 55; 60; Ст. У7	0,7	1,3	1,0	1,7
Сталь 30ХГСА	–	–	1,5	4,0
Сталь жаропрочная	–	–	1,3	2,0
Сталь нержавеющая	–	–	2,5	6,5
Люралюминий мягкий	1,0	1,5	1,5	2,5
Люралюминий твердый	2,0	3,0	3,0	4,0

Во избежание трещин в углах при гибке выступов линии гибки нужно смещать от углов на величину не менее радиуса гибки (рис. 2.6 а) или выполнять технологические местные вырезы (рис. 2.6 б).

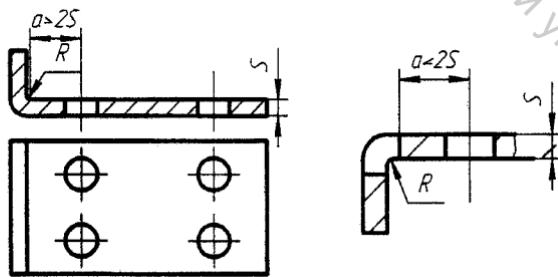


Рисунок 2.5 – Схемы расположения отверстий в гнутых изделиях

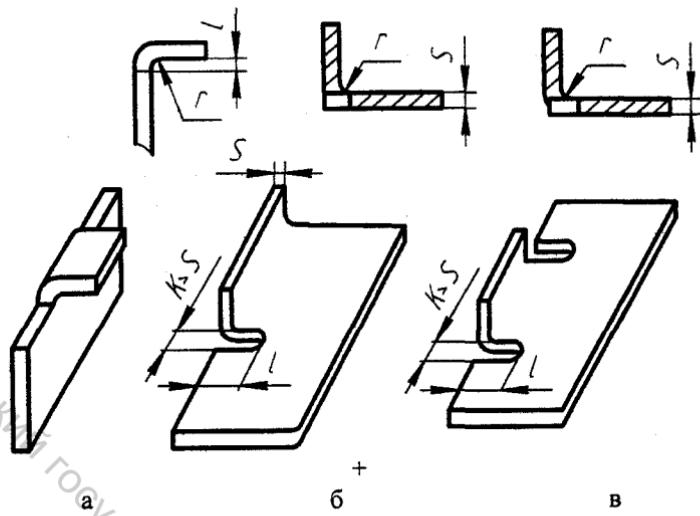


Рисунок 2.6 – Схемы расположения выступов в гнутых изделиях:  
а – при  $l \geq r$ ; б – при  $l = s + r + K/2$ ; в – при  $l = r + K/2$

Угол между линией контура и линией сгиба должен быть равен  $90^\circ$ . В противном случае происходит искривление (отклонение от плоскостности) отгибаемой полки (рис. 2.7).

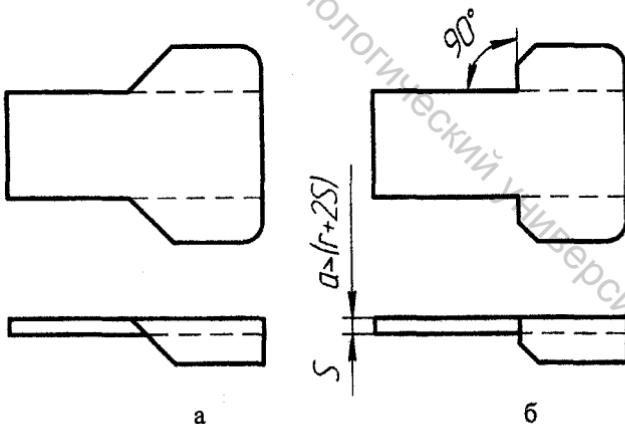
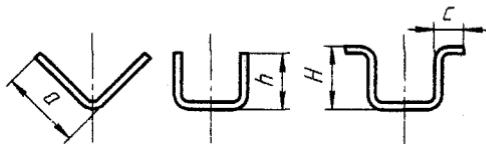


Рисунок 2.7 – Схемы конструкций гнутых изделий:  
а – неправильная; б – правильная

Отклонения на линейные и угловые размеры назначаются двухсторонними симметричными (табл. 2.17)

Таблица 2.17 – Числовые значения линейных отклонений на отгибаемые полки



Толщина материала, мм	Отклонения по размерам, мм			
	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>H</i>	<i>c</i>
До 1	±0,7	±0,5	±0,3	±0,5
Свыше 1 до 2	±1,0	±0,7	±0,4	±0,6
Свыше 2 до 3	±1,2	±1,0	±0,6	±0,8
Свыше 3 до 4	±1,5	±1,2	±0,8	±1,0
Свыше 4 до 6	±2,0	±1,0	±1,0	±1,2

### Расчёт длины развертки заготовки

В процессе гибки слои изделия, примыкающие к пuhanсону (внутренние), сжимаются и укорачиваются, а слои изделия, примыкающие к матрице (наружные), – наоборот, растягиваются и удаляются. Между внутренними сжатыми и внешними растянутыми слоями находится нейтральная поверхность, которая претерпевает изгиб, но не изменяет первоначальной длины. Радиус кривизны нейтральной поверхности определяется по формуле

$$R = r + Sx, \quad (2.2)$$

где  $r$  – внутренний радиус;  $S$  – толщина материала;  $x$  – коэффициент утонения, зависящий от внутреннего радиуса гибки и толщины материала (табл. 2.18)

Таблица 2.18 – Зависимость коэффициента утонения от отношения  $r/S$

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

При завивке шарниров (петель) вследствие активного действия сил трения коэффициент утонения определяют по таблице 2.19.

Таблица 2.19 – Значения коэффициента утонения при гибке изделий, подвергаемых действию сил трения

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

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

1. Разбить контур изделия на элементы, представляющие собой отрезки прямой и дуги окружности (рис. 2.8)

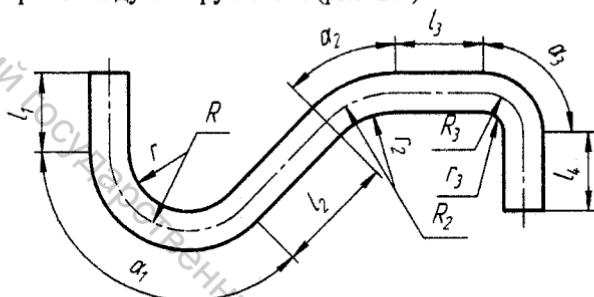


Рисунок 2.8 – Схема разделения изделия на элементы для определения длины развертки

2. Определить радиус нейтральной поверхности по формуле 2.2. Длину развертки определяют по формуле

$$l_3 = \sum l + \sum \frac{\pi\alpha}{180} R, \quad (2.3)$$

где  $l$  – сумма прямых участков;  $\alpha$  – угол сгиба;  $R$  – расчетный радиус нейтральной поверхности.

## Особенности простановки размеров изогнутых заготовок

Проставленные размеры должны обеспечить построение контура заготовки и возможность расчета развертки.

Если задается чертеж плоской заготовки-развертки с указанием всех размеров для её построения, то на чертеже изогнутой заготовки проставляются только размеры элементов, полученные в результате гибки (рис. 2.9 а). Повтор размеров плоской и изогнутой заготовок не допускается.

Размеры концевых участков необходимо проставлять от внутренних поверхностей (рис. 2.9 б). Размеры радиусов изгиба также

необходимо проставлять, только внутренние. Наружные радиусы изгиба и в результате деформации увеличиваются на величину, превышающую толщину материала.

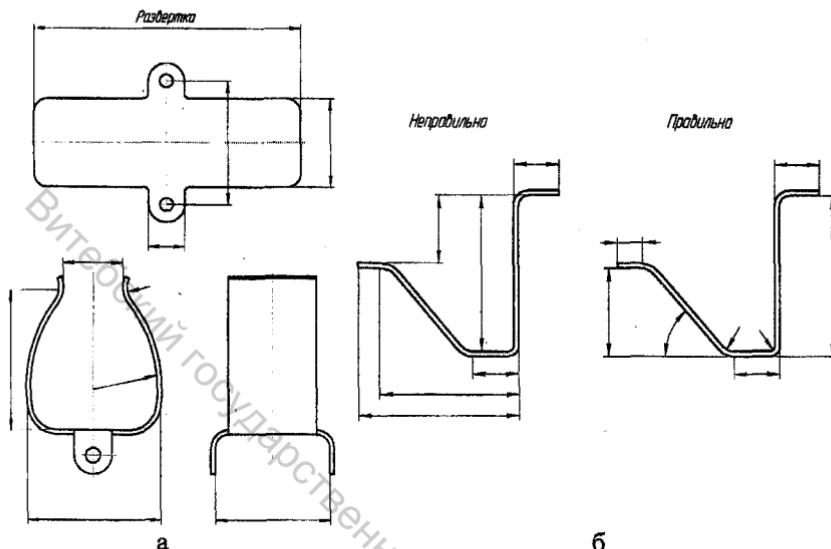


Рисунок 2.9 – Схемы простановки размеров заготовок, полученных гибкой:

а – при совместном выполнении чертежа плоской и изогнутой заготовок;  
б – при отсутствии чертежа развертки

Способ простановки размеров на чертеже изгибающей заготовки оказывает значительное влияние на технологию штамповки. Например, если на изогнутой заготовке координаты центра отверстия будут заданы от края (рис. 2.10 а), то пробивку можно совмещать с вырубкой. В случае задания координат от осевой линии или от стенок (рис. 2.10 б), отверстия следует пробивать после гибки.

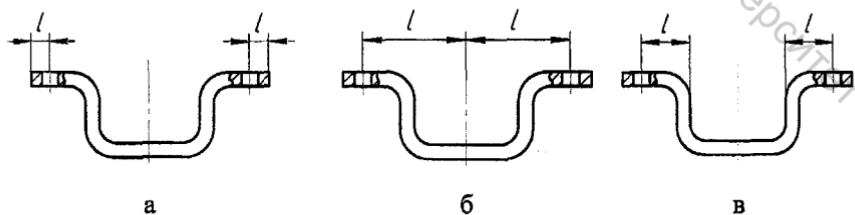
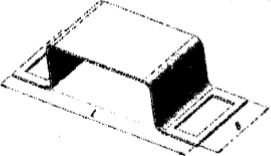
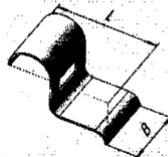
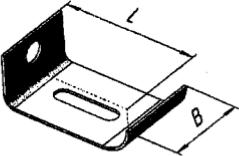
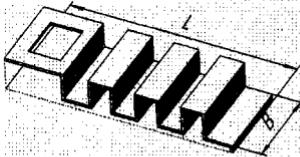
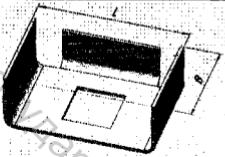
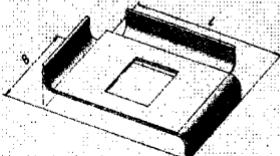
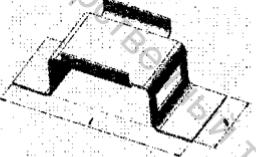
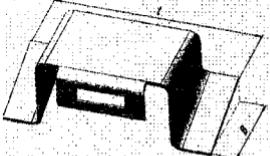
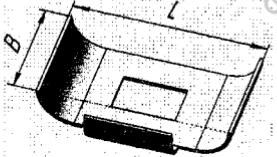
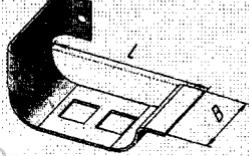
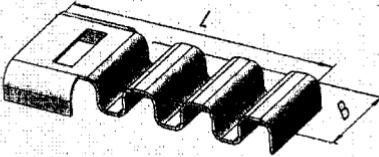
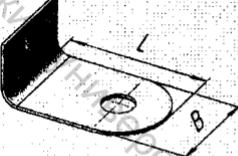
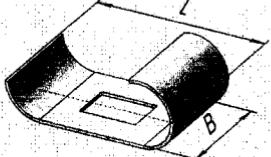
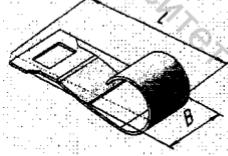
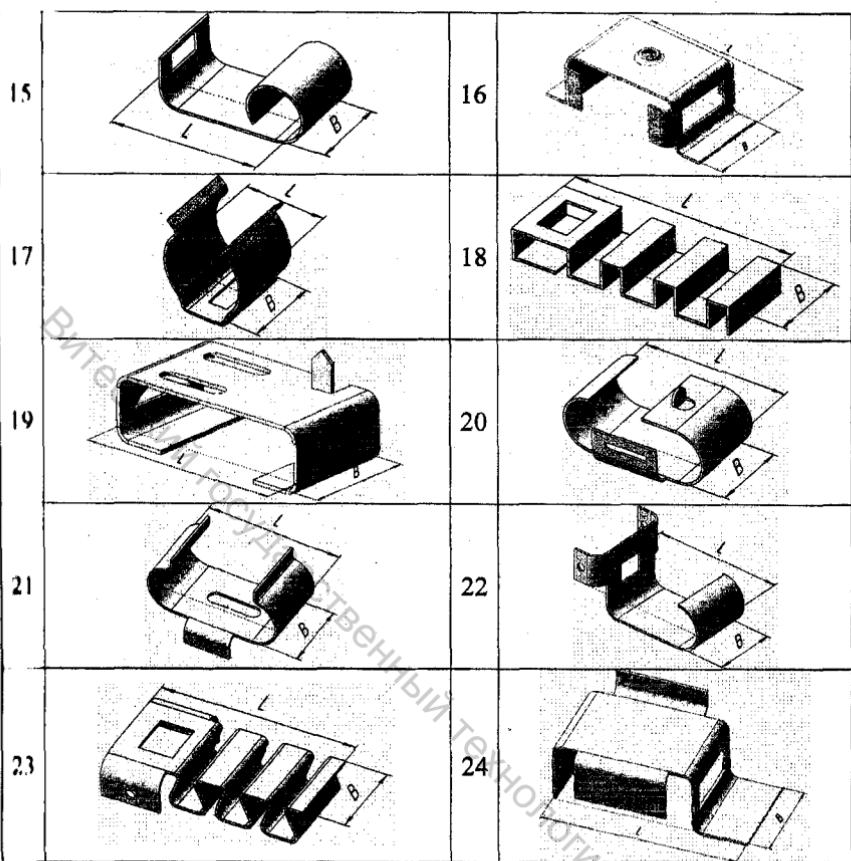


Рисунок 2.10 – Схемы простановки координат отверстий в изогнутых заготовках

**Варианты к заданию 2**

№	№
1	2
	
3	4
	
5	6
	
7	8
	
9	10
	
11	12
	
13	14
	



№	<i>L, мм</i>	<i>B, мм</i>	№	<i>L, мм</i>	<i>B, мм</i>
1	100	60	13	100	65
2	105	60	14	100	70
3	110	60	15	100	55
4	125	70	16	100	50
5	115	60	17	100	45
6	100	65	18	125	75
7	100	70	19	105	65
8	100	75	20	110	70
9	125	85	21	115	55
10	120	60	22	120	50
11	120	75	23	115	70
12	120	65	24	95	45

### 2.3 Вытягиваемые листоштамповые заготовки. Задание 3

Цель задания – освоить методику и приобрести навыки проектирования заготовок, получаемых вытяжкой.

Содержание задания:

- изучить рекомендации и требования, предъявляемые к вытягиваемым заготовкам;

- по варианту индивидуального задания оценить технологичность изделия, скорректировать форму в соответствии с рекомендациями, назначить размеры и выполнить чертеж с соблюдением требований ЕСКД.

**Рекомендации и требования, предъявляемые к конфигурации вытягиваемых заготовок**

На рис. 2.11 приведены примеры рекомендаций по выбору наиболее рациональной формы вытягиваемых изделий. Плоское дно более рационально чем сферическое (рис. 2.11 а). Переходы в ступенчатых изделиях следует выполнять наклонными (рис. 2.11 б). При этом разность диаметров ступеней предусматривать минимальной (рис. 2.11 б). Следует избегать криволинейных и сферических боковых поверхностей (рис. 2.11 в). Выступы следует выполнять наклонными с минимальной высотой (рис. 2.11 г). Изделия больших габаритных размеров с плоским дном более склонны к перекосу, чем выпуклые (рис. 2.11 д). Изделия со сферическим дном следует выполнять с небольшим выступом  $h \approx S$ , облегчающим удержание заготовки при вытяжке (рис. 2.11 е).

Нерекомендуемая конструкция	Рекомендуемая конструкция	Нерекомендуемая конструкция	Рекомендуемая конструкция
-----------------------------	---------------------------	-----------------------------	---------------------------

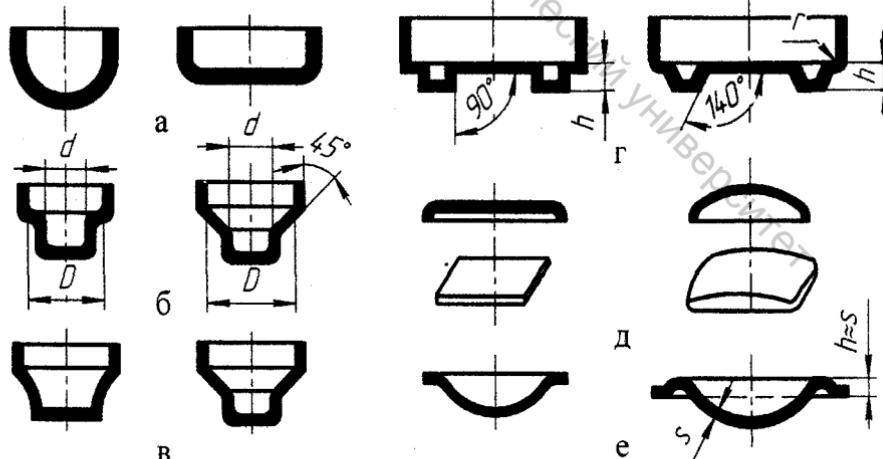


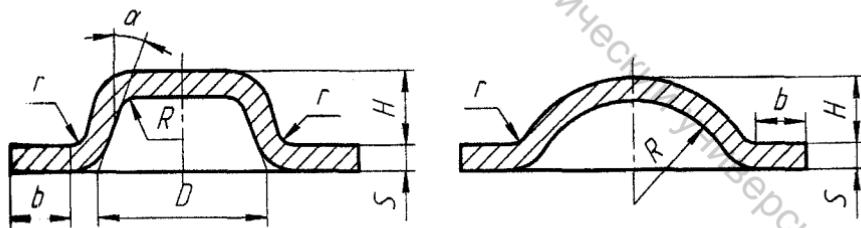
Рисунок 2.11 – Рекомендуемые формы изделий

От радиуса сопряжений элементов заготовки зависят напряжения в материале, а значит возможность обрывов и складкообразования. Рекомендуемые значения радиусов сопряжения приведены в таблице 2.20.

Таблица 2.20 – Рекомендуемые значения радиусов сопряжений

Вид детали	Место расположения радиуса закругления	Рекомендуемые значения
Цилиндрическая деталь	Между дном и стенкой $R$ (радиус дна)	$R \geq S$
	Между фланцем и стенкой $R_1$ (радиус фланца)	$R_1 \geq (2 \div 3)S$
Прямоугольная деталь	Между дном и стенкой $R_D$ (радиус дна)	$R_D = 1,5S$ желательно $R_D = R_P$
	Между боковыми стенками $R_P$ (радиус в плане)	$R_P \geq 3S$

На рисунке 2.12 представлены примеры форм и относительные размеры заготовок, вытягиваемых за одну операцию.

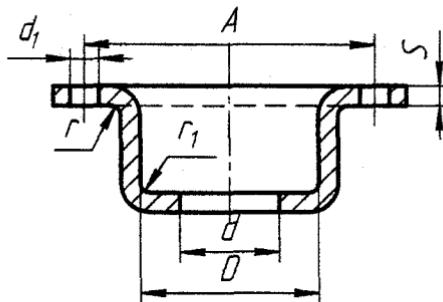


$$H \leq (1,5 \div 2)S; R \geq (1 \div 1,5)S; \alpha \geq 15 \div 20^\circ; D \geq 3H; r=0,5S; b \geq (3 \div 3,5)S$$

$$R \geq (3 \div 4)S; H \leq 2S; r=0,5S; b \geq (3 \div 3,5)S$$

Рисунок 2.12 – Технологические требования к заготовкам, вытягиваемым за одну операцию

Минимальное расстояние между отверстиями во фланце (рис. 2.13) определяют из соотношения 2.4.



$$A \geq D + 2S + 2r + d_1 \quad (2.4)$$

Рисунок 2.13 – Технологические требования к расположению отверстий

#### Разработка чертежа вытягиваемой заготовки

Точность заготовок, полученных вытяжкой, зависит от их габаритов и толщины материала. Допуски на диаметры приведены в таблице 2.21.

Таблица 2.21 – Допуски на диаметры заготовок, получаемых вытяжкой

Диаметр	Размеры в мм		
	Толщина материала		
	До 1	Св. 1 до 2	Св. 2 до 5
6–10	0,030	–	–
10–18	0,035	0,035	0,035
18–30	0,045	0,045	0,140
30–50	0,050	0,050	0,170
50–80	0,060	0,060	0,200
80–120	0,070	0,230	0,230
120–180	0,260	0,260	0,530
180–260	0,300	0,300	0,600
260–360	0,340	0,680	0,680
360–500	0,760	0,760	0,760

В таблице 2.22 приведены допускаемые отклонения по высоте полых цилиндрических заготовок с фланцем, которыми следует руководствоваться при проектировании заготовок.

Таблица 2.22 – Отклонения по высоте заготовок с фланцем

Толщина материала, мм	Высота вытяжки $H$ , мм						
	До 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 260
До 1	±0,3	±0,4	±0,5	±0,6	±0,8	±1,0	±1,2
1...2	±0,4	±0,5	±0,6	±0,7	±0,9	±1,2	±1,4
2...4	±0,5	±0,6	±0,7	±0,8	±1,0	±1,4	±1,6
4...6	±0,6	±0,7	±0,8	±0,9	±1,1	±1,6	±1,8

Вследствие анизотропии свойств материала верхние кромки заготовок (рис. 2.14 а) или края фланцев (рис. 2.14 б) после вытяжки получаются неровными. При расчете размеров заготовок необходимо учесть припуск на обрезку неровных кромок.

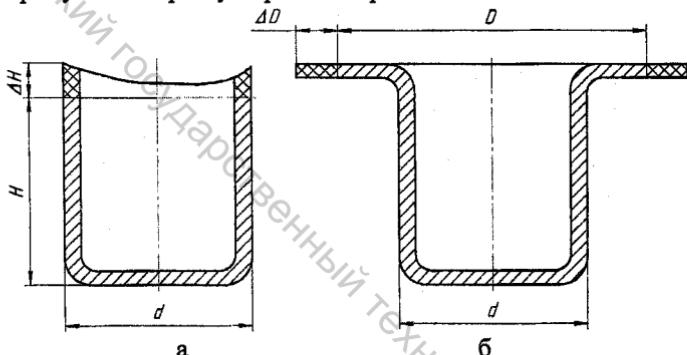


Рисунок 2.14 – Схема расположения припусков на обрезку

В таблицах 2.23 и 2.24 приведены величины припусков на обрезку цилиндрических заготовок без фланца и с фланцем.

Таблица 2.23 – Припуск по высоте заготовок без фланца

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

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

Таблица 2.24 – Припуски заготовки по диаметру фланца

Диаметр детали $D$ , мм	Относительный диаметр детали с фланцем $D/d$ мм			
	До 1,5	1,5–2,0	2,0–2,5	2,5–3,0
	Припуск $\Delta D$ на сторону, мм			
25	2,5	2,2	2,0	1,5
50	4,0	3,0	2,5	2,5
100	5,0	4,5	3,7	3,0
150	6,0	5,0	4,0	3,5
200	7,0	6,0	5,0	4,0
250	8,0	7,0	5,5	4,2
300	9,0	7,5	6,0	4,5

### Простановка размеров

При простановке размеров заготовок, получаемых вытяжкой, необходимо исходить из возможности расчленения заготовки на элементарные части. Размеры можно указывать как по внутренним, так и по наружным стенкам. Размеры уступов по высоте лучше проставлять между односторонними поверхностями. За базу лучше принимать донную часть заготовки (рис. 2.15). При пробивке отверстий в донной части заготовки за базу рекомендуется принимать боковые стенки, по которым фиксируется заготовка при пробивке.

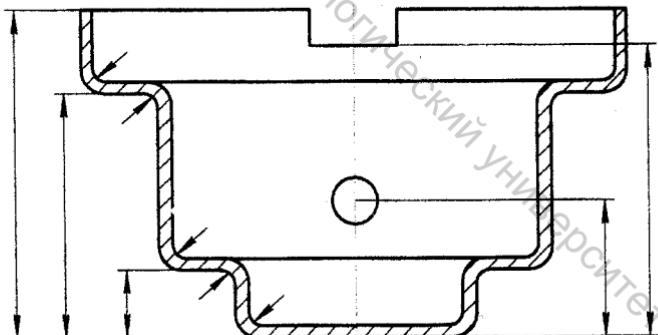
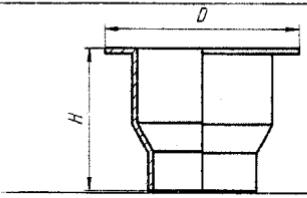
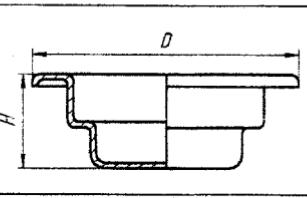
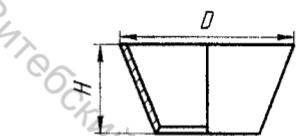
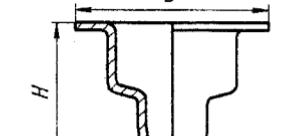
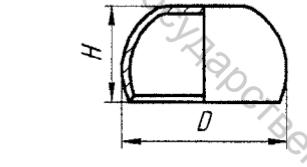
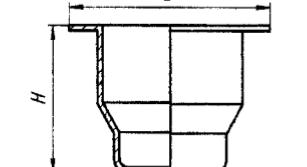
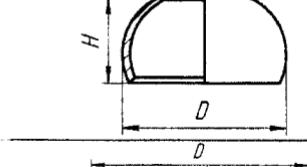
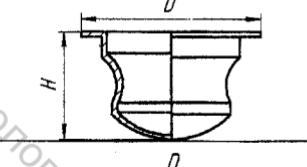
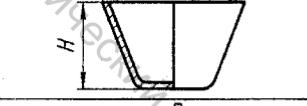
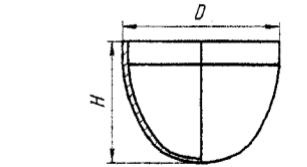
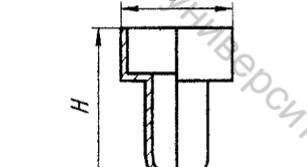
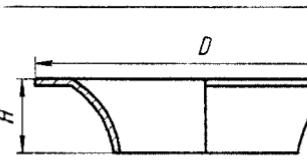
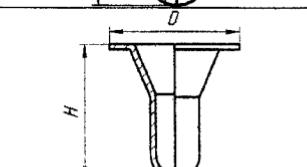
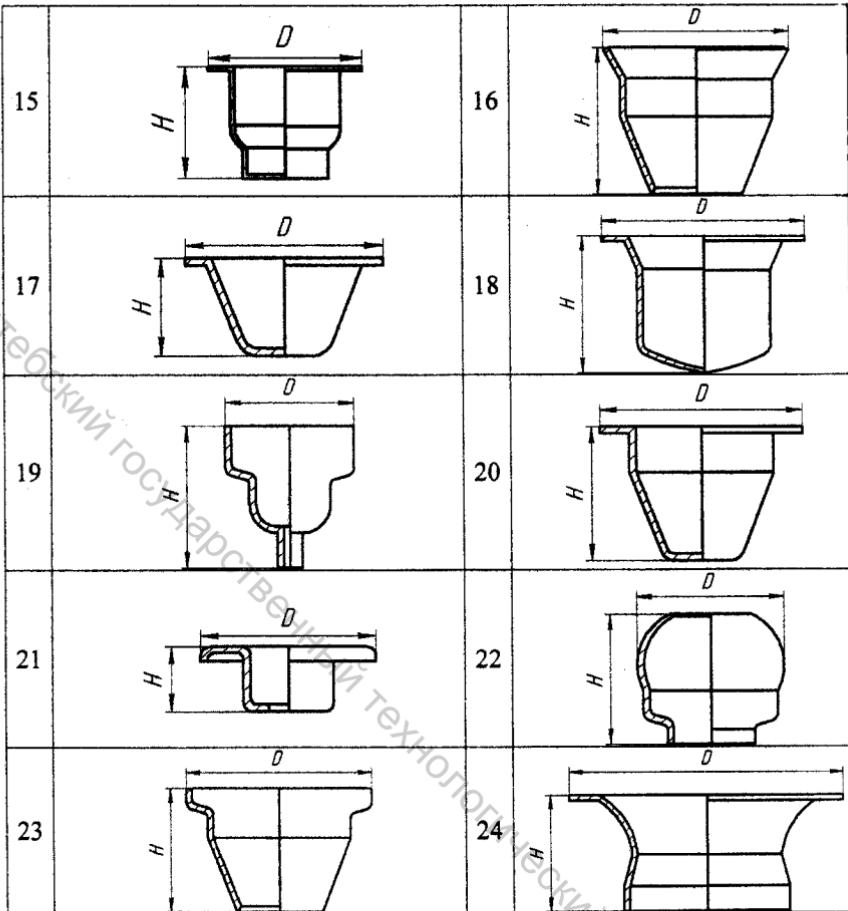


Рисунок 2.15 – Схема простановки размеров заготовки, получаемой вытяжкой

**Варианты к заданию 3**

<b>№</b>	<b>№</b>
1	2
	
3	4
	
5	6
	
7	8
	
9	10
	
11	12
	
13	14
	



№	$D$ , MM	$H$ , MM	№	$D$ , MM	$H$ , MM
1	55	80	13	80	55
2	80	50	14	60	75
3	55	50	15	65	75
4	60	80	16	55	70
5	50	55	17	70	55
6	65	80	18	60	70
7	65	60	19	65	70
8	90	50	20	55	85
9	65	80	21	60	50
10	60	65	22	60	85
11	65	70	23	65	85
12	55	75	24	75	60

## 2.4 Заготовки, получаемые вытяжкой с преднамеренным утонением стенок. Задание 4

Содержание задания:

- ознакомиться с методикой расчета заготовок, изготавляемых вытяжкой с утонением стенок;
- по варианту индивидуального задания рассчитать размеры и выполнить операционные чертежи изделий на промежуточных переходах.

### Расчет заготовок

Расчет исходной заготовки основан на равенстве объемов заготовки и изделия. Поскольку в процессе вытяжки с преднамеренным утонением толщина донной части не изменяется, толщину материала исходной заготовки принимают равной толщине донной части изделия. Для обеспечения припуска на обрезку и угар при отжиге объем исходной заготовки увеличивают на 15...20 % по сравнению с объемом готового изделия.

Диаметр исходной плоской заготовки определяют по формуле

$$D_0 = 1,13 \sqrt{V_{изд} / S}, \quad (2.5)$$

где  $V_{изд}$  – объем материала готового изделия;  $S$  – толщина исходной заготовки.

### Количество переходов и размеры полуфабрикатов

Коэффициент вытяжки с утонением определяют по формуле

$$m_{yt} = S_n / S_{n-1}, \quad (2.6)$$

где  $S_{n-1}$  – толщина стенки до вытяжки на предшествующем переходе;  $S_n$  – толщина стенки после вытяжки на последующем переходе. Значения коэффициентов вытяжки  $m_{yt}$  принимаются по таблице 2.25.

Таблица 2.25 – Значение коэффициентов вытяжки с утонением

Материал	Первый переход	Последующие переходы
Латунь	0,70	0,55
Алюминий	0,75	0,60
Сталь малоуглеродистая	0,75	0,65
Сталь среднеуглеродистая	0,85	0,75

Наружный диаметр колпачка после первой вытяжки из плоской заготовки принимают (рис. 2.16 в)

$$d_1 = 0.75D_0. \quad (2.7)$$

Толщина стенки на первом переходе составит

$$S_1 = m_{ym} S. \quad (2.8)$$

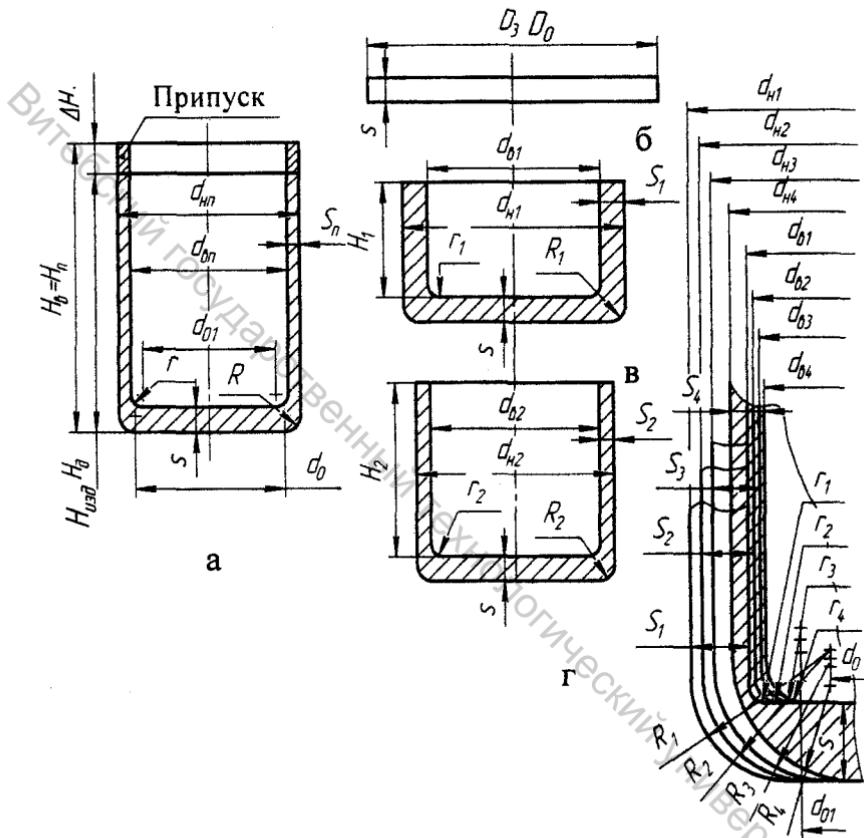


Рисунок 2.16 – Схемы операционных переходов вытяжки с утонением: а – изделие; б – исходная плоская заготовка; в, г – изделия, соответственно после первой и второй вытяжки; д – схемы совмещенных операционных переходов

На каждом переходе внутренний диаметр изделия уменьшается на 0,15–0,30 мм:

$$d_{\theta,n} = d_{\theta,n-1} - (0.15 - 0.30), \text{ мм} \quad (2.9)$$

Толщина стенки на каждом переходе уменьшается:

$$S_n = m_{ym,n} S_{n-1}. \quad (2.10)$$

Высота изделия на первом переходе вытяжки равна:

$$H_1 = \frac{S}{2S_1} \cdot \frac{D_0^2 - d_{\theta,1}^2}{d_{\theta,1} + d_{\theta,1}}. \quad (2.11)$$

На промежуточном переходе

$$H_n = \frac{S}{2S_n} \cdot \frac{D_0^2 - d_{\theta,n}^2}{d_{\theta,n} + d_{\theta,n}}. \quad (2.12)$$

В приведенных выше формулах расчета высоты изделия условно принято, что на всех переходах радиусы закругления (наружный и внутренний) у донной части изделия близки к нулю. Фактически радиусы закругления  $r$ , на первом переходе принимаются так же, как и для вытяжки без утонения. На последующих переходах радиусы уменьшаются.

**Пример расчета** операционных размеров полуфабрикатов, получаемых вытяжкой с утонением. Исходные данные (рис. 2.16):  $H_{изд} = 70$  мм;  $S = 4$  мм;  $d_{НП} = 25$  мм;  $d_{ВП} = 24$  мм. Материал – сталь малоуглеродистая.

Объем изделия равен разности наружного объема и внутреннего

$$V_{изд} = \frac{\pi}{4} \left[ d_{НП}^2 H_{изд} - d_{ВП}^2 (H_{изд} - S) \right], \quad (2.13)$$

$$V_{изд} = \frac{3,14}{4} (25^2 \cdot 79 - 24^2 \cdot 75) = 4840 \text{ мм.}$$

Объем заготовки увеличивают на величину припусков:

$$V_3 = 1,15 \cdot V_{изд} = 1,15 \cdot 4840 = 5566 \text{ мм.}$$

Толщину исходной заготовки принимают равной толщине дна изделия  $S_3 = 4$  мм.

Диаметр исходной заготовки определяют по формуле (2.5):

$$D_0 = 1,13 \sqrt{\frac{5566}{4}} \approx 41,5 \text{ мм.}$$

Число переходов и толщину материала на каждом переходе определяют по формуле 2.10. Коэффициент утонения на первом переходе принимают  $m_{ym} = 0,75$ , для последующих  $m_{ym} = 0,7$ . Результаты расчета записывают в виде таблицы.

Таблица 2.26 – Результаты вычисления количества переходов и толщины стенки

Номер перехода	Исходная толщина материала, мм	Коэффициент утонения, $m_{ym}$	Толщина стенки на каждом переходе, мм
1	4,00	0,75	3,00
2	3,00	0,7	2,10
3	2,10	0,7	1,47
4	1,47	0,7	1,03
5	1,03	0,7	0,72
6	0,72	0,7	0,5

Определяют внутренний и наружный диаметры по переходам. Уменьшение внутреннего диаметра в соответствии с формулой (2.9) уменьшают на каждом переходе на 0,25 мм.

Таблица 2.27 – Результаты вычислений параметров изделия

Переходы	1	2	3	4	5	6
Внутренний диаметр, мм	25,25	25,0	24,75	24,50	24,25	24,0
Толщина стенки, мм	3,00	2,1	1,47	1,03	0,72	0,5
Наружный диаметр, мм	31,25	29,2	27,69	26,56	25,69	25,0

По формуле 2.12 определяют высоты изделий на переходах.

$$H_1 = \frac{4(41,5^2 - 31,25^2)}{2(31,25 + 25,25) \cdot 3} = 11,4 \text{ мм,}$$

$$H_2 = \frac{4(41,5^2 - 29,2^2)}{2(29,2 + 25) \cdot 2,1} = 15,2 \text{ мм,}$$

$$H_3 = \frac{4(41,5^2 - 27,69^2)}{2(27,69 + 24,75) \cdot 1,41} = 24,9 \text{ мм,}$$

$$H_4 = \frac{4(41,5^2 - 26,56^2)}{2(26,56 + 24,5) \cdot 1,03} = 38,8 \text{ мм},$$

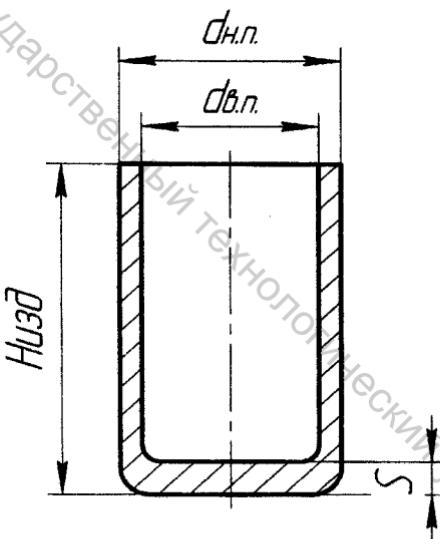
$$H_5 = \frac{4(41,5^2 - 25,69^2)}{2(25,69 + 24,25) \cdot 0,72} = 59,5 \text{ мм},$$

$$H_6 = \frac{4(41,5^2 - 25^2)}{2(25 + 24) \cdot 0,5} = 89,6 \text{ мм}.$$

Радиус закругления на первом переходе принимается как для обычной вытяжки без утонения, т.е.  $r_1 = 4$  мм. Для последующих переходов радиус закругления уменьшается на величину 0,08...0,15 мм. Радиусы закруглений будут равны:

$$r_2 = 3,9 \text{ мм}; r_3 = 3,8 \text{ мм}; r_4 = 3,7 \text{ мм}; r_5 = 3,6 \text{ мм}; r_6 = 3,5 \text{ мм}.$$

#### Варианты к заданию 4



Номер варианта	Общая высота, мм $H_{\text{изд}}$	Наружный диаметр, мм $d_{\text{Н.П.}}$	Внутренний диаметр, мм $d_{\text{в.п.}}$	Толщина, мм $S$	Материал
1					Латунь
2	50	20	15	10	Алюминий
3					Сталь
4					Латунь
5	60	18	13	8	Алюминий
6					Сталь

7					Латунь
8	70	16	11	6	Алюминий
9					Сталь
10					Латунь
11	80	14	9	4	Алюминий
12					Сталь
13					Латунь
14	100	12	7	3	Алюминий
15					Сталь
16					Латунь
17	110	10	5	3	Алюминий
18					Сталь
19					Латунь
20	120	8	6	3	Алюминий
21					Сталь

## 2.5 Листоштамповые заготовки сложной формы. Задание 5

### Содержание задания:

- изучить технологические особенности формообразования заготовок методами отбортовки, рельефной формовки, обжима и резки;
- по варианту индивидуального задания разработать чертеж заготовки, изготавляемой сочетанием разделительных и формообразующих операций с учетом технологических особенностей каждой операции.

**Отбортовка** – операция, предусматривающая образование борта по внутреннему или наружному контуру. Геометрические размеры при отбортовке определяются на основании равенства объемов заготовки и изделия. Толщина материала по образующей отбортованного отверстия уменьшается к краю борта (рис. 2.17).

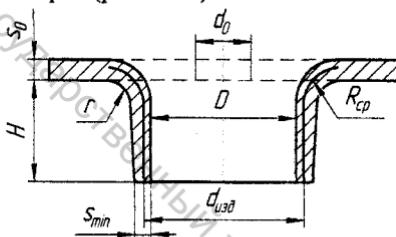


Рисунок 2.17 – Отверстие с отбортованным краем

Способность материала к отбортовке, т.е. увеличению диаметра отверстия без образования трещин по краям, характеризуется коэффициентом отбортовки.

$$K = d_0/d_{usd} \quad (2.14)$$

Коэффициент отбортовки зависит от характера отбортовки и состояния кромок отверстия, относительной толщины ( $S/D$ ) механических свойств материала и состояния материала (таблица 2.28).

Таблица 2.28 – Числовые значения коэффициентов отбортовки

Материал	$k$
Сталь для глубокой вытяжки ( $\delta = 20 \dots 25\%$ )	0,72
Сталь для вытяжки ( $\delta = 20 \dots 25\%$ )	0,78
Латунь	0,68
Алюминий	0,70
Титан (в холодном состоянии)	0,63

Высоту борта, получаемую за одну операцию отбортовки, определяют по формуле

$$H = 0,5D(1 - k) + 0,43R_{cp} \quad (2.15)$$

Для получения большей высоты борта или уменьшения утонения на кромке борта следует применять вытяжку с последующей отрезкой дна (рис. 2.18 а), или вытяжку, пробивку отверстия в донной части и последующую отбортовку отверстия (рис. 2.18 б).

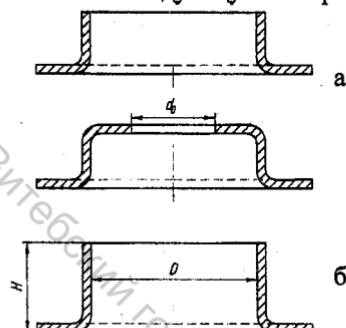


Рисунок 2.18 – Способы получения борта:

а – вытяжкой с последующей отрезкой дна;  
б – вытяжкой, пробивкой дна и последующей отбортовкой отверстия

Радиус закруглений при отбортовке выбирают в пределах  $r = (2...4)S$ .

**Рельефная штамповка** – это операция, предназначенная для образования на поверхности изделий рельефа, ребер жесткости, элементов дизайна и т.д. (рис. 2.19).

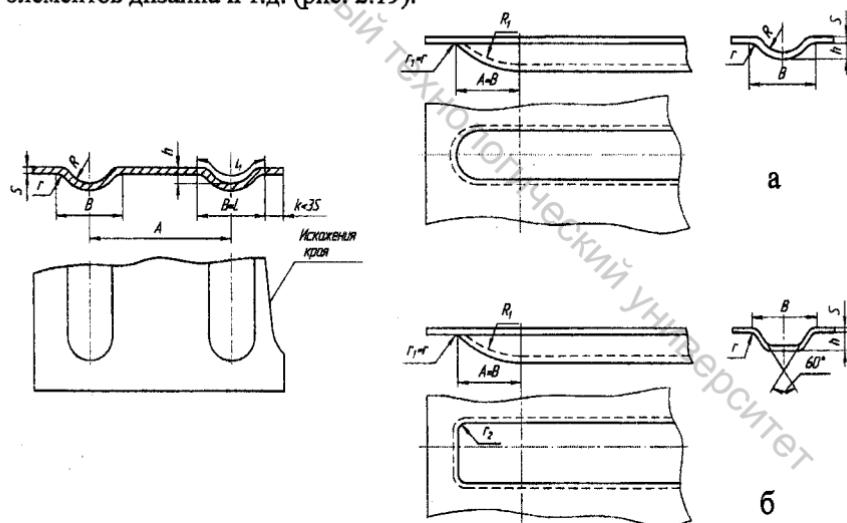


Рисунок 2.19 – Конструктивные варианты ребер жесткости:  
а – желобообразные; б – корытообразные

Относительные размеры ребер жесткости приведены в таблице 2.29.

Предел возможной деформации металла при формовке за одну операцию определяют исходя из допустимого относительного удлинения материала. Рельеф ребер рекомендуется назначать таким,

Чтобы удлинение материала не превышало 75 % относительного удлинения при растяжении, т.е.

$$\frac{L_1 - L}{L} \cdot 100 \leq 0,75 \cdot \delta, \quad (2.16)$$

где  $L$  – ширина формируемого участка (рис. 2.19);  $L_1$  – развернутая часть после формовки;  $\delta$  – относительное удлинение при растяжении.

Таблица 2.29 – Относительные размеры ребер жесткости

Материал	<i>h</i>	<i>B</i>	<i>r</i>	<i>R<sub>1</sub></i>	<i>r<sub>2</sub></i>
Нормальные	3 <i>S</i>	10 <i>S</i>	<i>S</i>	10 <i>S</i>	5 <i>S</i>
Минимальные	2 <i>S</i>	5 <i>S</i>	0,5 <i>S</i>	5 <i>S</i>	4 <i>S</i>

**Обжим** – операция, предназначенная для уменьшения поперечного сечения части полой заготовки путем одновременного воздействия инструмента по всему её периметру (рис. 2.20).

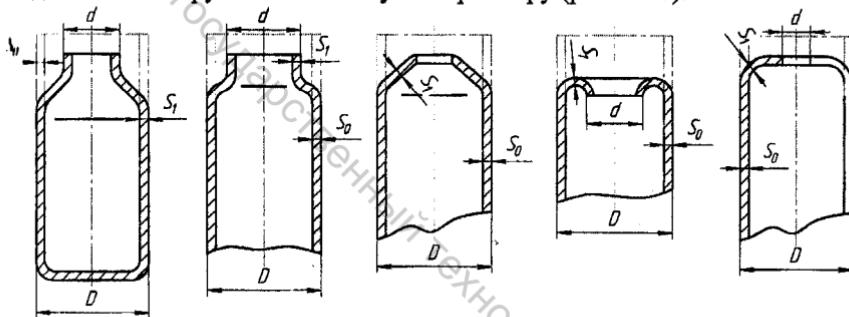


Рисунок 2.20 – Конструктивные варианты обжима заготовки

В зависимости от отношения диаметра обжатой части ( $d$ ) к диаметру исходной заготовки ( $D$ ) обжим осуществляют за одну или несколько операций. При оптимальном угле  $\alpha = 45^\circ$  можно получить при многопереходном обжиме  $d/D = 0,5$ ; при отношении  $D/S_0 \leq 10$  за один переход можно получить соотношение  $d/D \geq 0,7$ .

Для изделий  $D/S_0 > 10$  наибольшую величину обжима за один переход приближенно можно определить из выражения

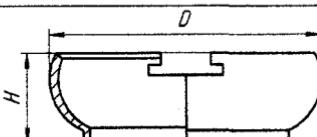
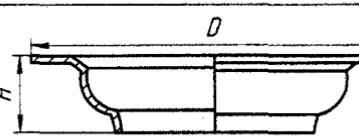
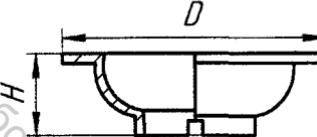
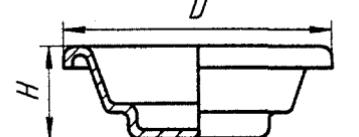
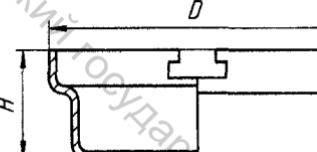
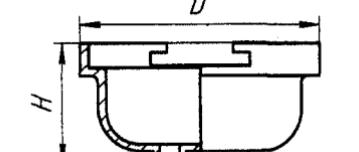
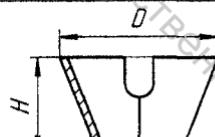
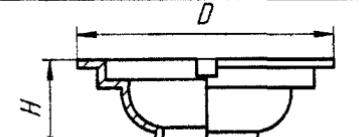
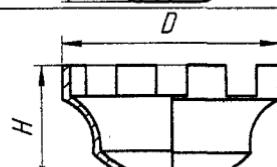
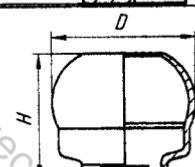
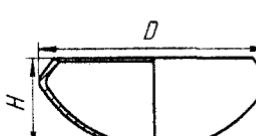
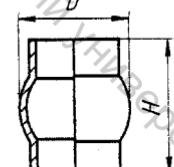
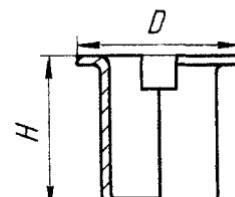
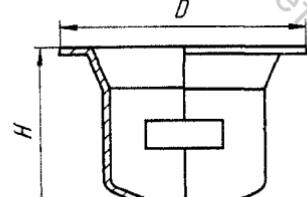
$$k = \frac{D-d}{D} \cdot 100, \quad (2.17)$$

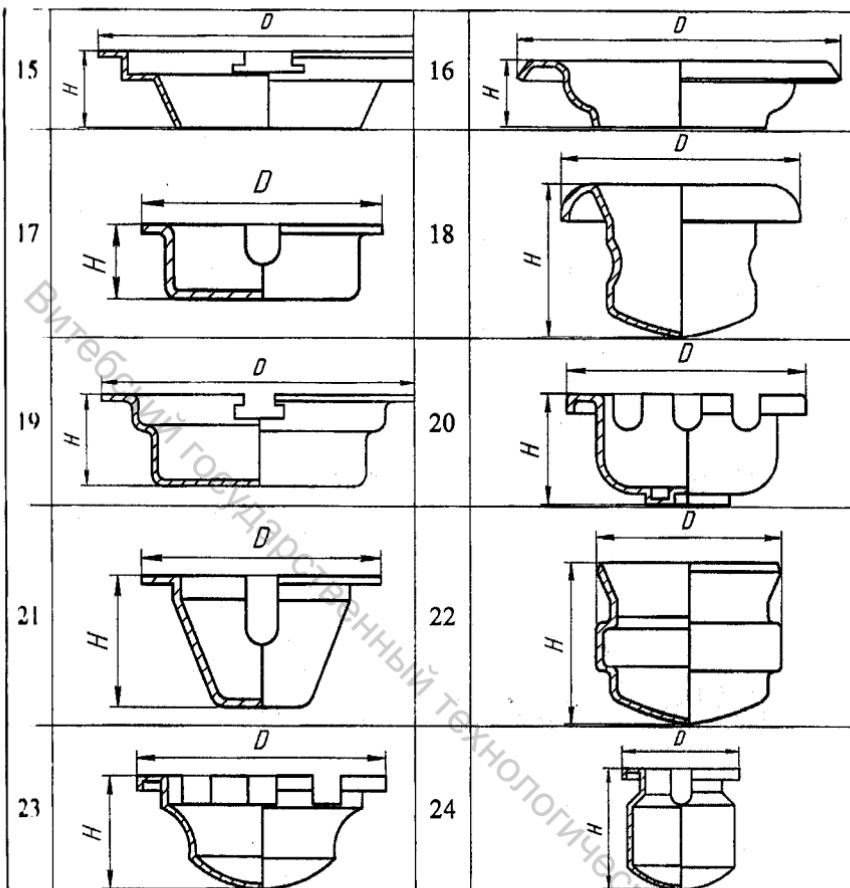
где  $k$  – допустимая степень деформации. Для стальных изделий  $k = 10\ldots 15\%$ , для латунных и алюминиевых  $k = 15\ldots 20\%$ .

В процессе обжима имеет место некоторое утолщение стенки

$$S_1 = S_0 \sqrt{\frac{D}{d}}. \quad (2.18)$$

**Варианты к заданию 5**

№		№	
1		2	
3		4	
5		6	
7		8	
9		10	
11		12	
13		14	



№	$D$ , мм	$H$ , мм	№	$D$ , мм	$H$ , мм
1	80	40	13	50	80
2	80	45	14	40	85
3	80	50	15	90	50
4	80	55	16	90	55
5	85	40	17	95	40
6	85	45	18	95	45
7	50	65	19	95	50
8	85	50	20	95	55
9	85	55	21	100	40
10	90	40	22	100	45
11	90	45	23	100	50
12	45	75	24	80	60

## 2.6 Проектирование заготовок, получаемых холодной объемной штамповкой. Задание 6

Процессы холодной объемной штамповки характеризуются интенсивными деформациями. Локальные деформации достигают 80...90 %. Поэтому главным требованием при выборе материала является высокая пластичность. Прочность материала определяется эксплуатационными требованиями к конечному изделию и ограничивается стойкостью инструмента.

По характеру деформаций процессы холодной штамповки разделяются на простые и комбинированные. Простые процессы основаны на прямом, обратном или боковом истечении металла. Комбинированные являются сочетанием простых (рис. 2.21)

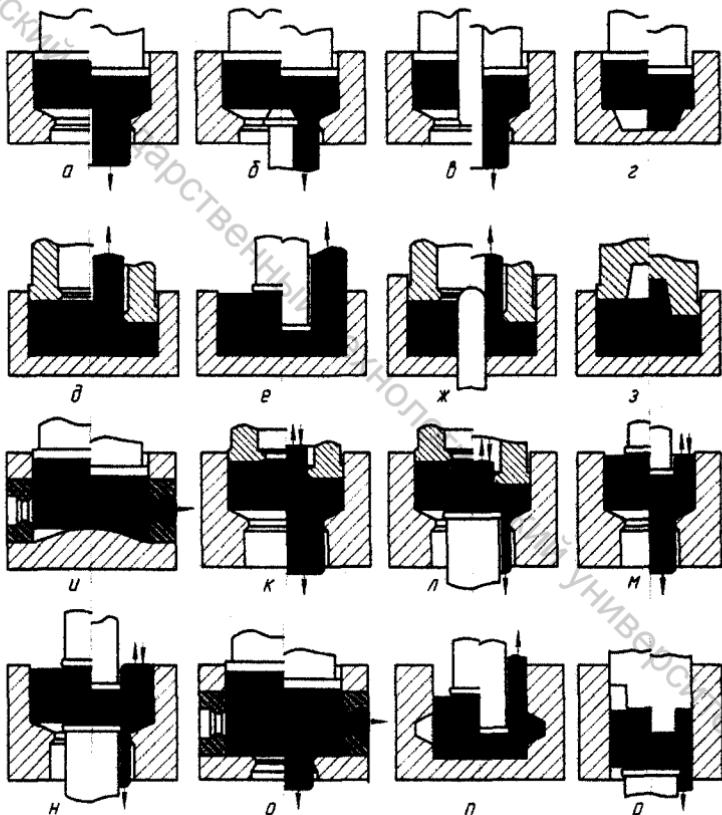


Рисунок 2.21 – Схемы процессов холодного выдавливания:  
а, б, в, г – прямое выдавливание; д, е, ж, з – обратное выдавливание; и – боковое выдавливание; к, л, м, н, о, п, р – комбинированное выдавливание. (Стрелкой показано направление течения металла)

Наиболее распространены простые процессы холодной штамповки: прямое и обратное выдавливание, назначение которых приведено в таблице 2.30.

Таблица 2.30 – Примеры применения процессов холодного выдавливания

Способ выдавливания (рис. 2.21)	Форма поперечного сечения		Виды изделий
	не выдавленной части заготовки	выдавленной части заготовки	
II, D	Круг, многоугольник	Круг, многоугольник, а также более сложные профили	Ступенчатые сплошные детали простого и фасонного сечения, болты, гайки, ступенчатые валы, детали со шлицами, шестерни
II, e	Круг, многоугольник	Кольцо с внутренним и внешним кругом, многогранником и их сочетания	Гильзы, колпачки, стаканы и другие трубчатые детали с гладкой и ступенчатой поверхностью; полые заготовки для выдавливания или редуцирования тонкостенных изделий
II, ж	Кольцо с внешним и внутренним кругом, многоугольником и их сочетанием	Кольцо простого и фасонного сечения	Тонкостенные детали с глухой и сквозной полостью, гладкие и ступенчатые
II, з	Круг, многоугольник	Конус, сфера и другие элементы переменного сечения	Детали, имеющие отростки, бобышки и другие элементы переменного сечения
II	Круг, многоугольник	Многоугольник и более сложный профиль	Шестерни, крестовины, звездочки и другие детали с симметричными и асимметричными отростками

Холодной объемной штамповкой получают заготовки сложной формы малых и средних размеров. Площадь горизонтальной проекции заготовок, штампемых в холодном состоянии обычно не превышает 450...500  $\text{мм}^2$ . Круглые заготовки разделяют на группы по максимальному диаметру: очень мелкие – до 2 мм; мелкие – 2...10 мм; средние – 10...15 мм; крупные – 50...100; очень крупные – свыше 100 мм.

Отношение длины к диаметру может составлять от 0,5 (и менее) до 4,0 (и более). Получают заготовки валов диаметром 50...200 мм, длиной 200...300 мм, заготовки шестерен и фланцев диаметром до 200 мм. Массы штучных заготовок достигают 1...10 кг.

Наибольшие габаритные размеры прессуемых изделий ограничиваются мощностью прессового оборудования, а наименьшие – прочностью пuhanсонов. При прямом прессовании (рис. 2.22 а, б) фланец выполняется под углом  $\alpha$ , что обуславливается необходимостью создания наиболее благоприятных условий истечения прессуемого материала. При обратном прессовании (рис. 2.22 в, г) дно изделия выполняется наклонным под углом  $\alpha$ , что обеспечивает возможность центрирования пuhanсона в заготовке и способствует снижению усилий выдавливания.

Габаритные размеры изделий и отдельных элементов, изготавляемых прямым и обратным прессованием цветных металлов и сплавов, приведены в таблице 2.31.

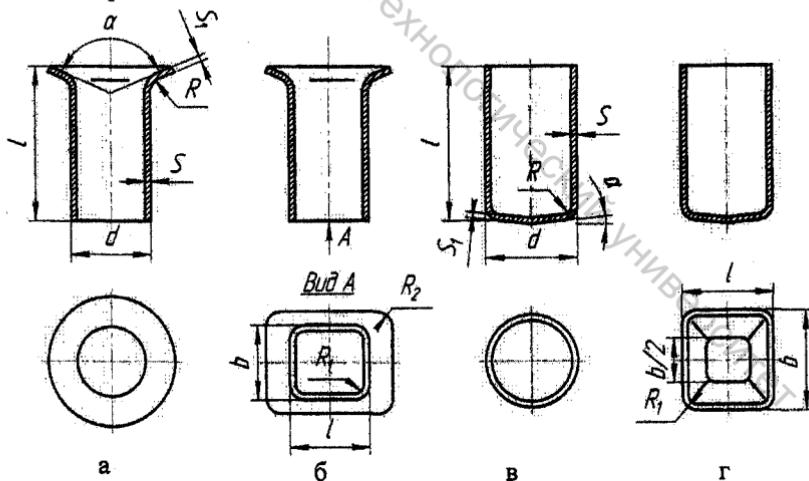


Рисунок 2.22 – Конструктивные элементы круглых и прямоугольных изделий:

а, б – прямое прессование; в, г – обратное прессование

Таблица 2.31 – Габаритные размеры изделий (мм), получаемых прямым и обратным прессованием цветных металлов и сплавов

Наименование элементов деталей	Способ прессования	Свинец, цинк, олово, алюминий		Алюминиевые сплавы, медь		Латунь	
		от	до	от	до	от	до
Диаметр цилиндрических деталей $d$ , мм	Прямой	2	100	3	100	3	80
	Обратный	5	100	8	80	10	80
Сечение прямоугольных деталей $l \times b$ , мм	Прямой	$2 \times 3$	$70 \times 80$	$3 \times 4$	$70 \times 80$	$3 \times 4$	$50 \times 60$
	Обратный	$4 \times 6$	$70 \times 80$	$5 \times 7$	$60 \times 70$	$8 \times 10$	$40 \times 50$
Толщина стенок $S$ , мм	Прямой	0,1	Не огранич.	0,3	Не огранич.	0,5	Не огранич.
	Обратный						
Толщина фланца $S_f$ , мм	Прямой	0,1	То же	0,3	То же	0,5	То же
Толщина основания $S_i$ , мм	Обратный						
Отношение длины изделий к диаметру $\frac{L}{d}$	Прямой	-	20	-	10	-	8
	Обратный	-	6	-	4	-	3
Радиус $R$ , мм	Прямой	0,3	Не огранич.	0,5	Не огранич.	0,8	Не огранич.
	Обратный						
Радиус $R_1$ , мм	Прямой	0,5	То же	0,8	То же	1,0	То же
	Обратный	1,0		1,5		2	
Радиус $R_2$ , мм	Прямой	1,5	То же	1,5	То же	2	То же
Угол $\alpha$ , °	Прямой	-	$150^0$	-	$130^0$	-	$130^0$
	Обратный	$3^0$	-	$3^0$	-	$3^0$	-

Получение глухих полых изделий сложной формы обеспечивается последовательным или совмещенным применением нескольких формообразующих операций. На рис. 2.23 представлены различные формы таких изделий.

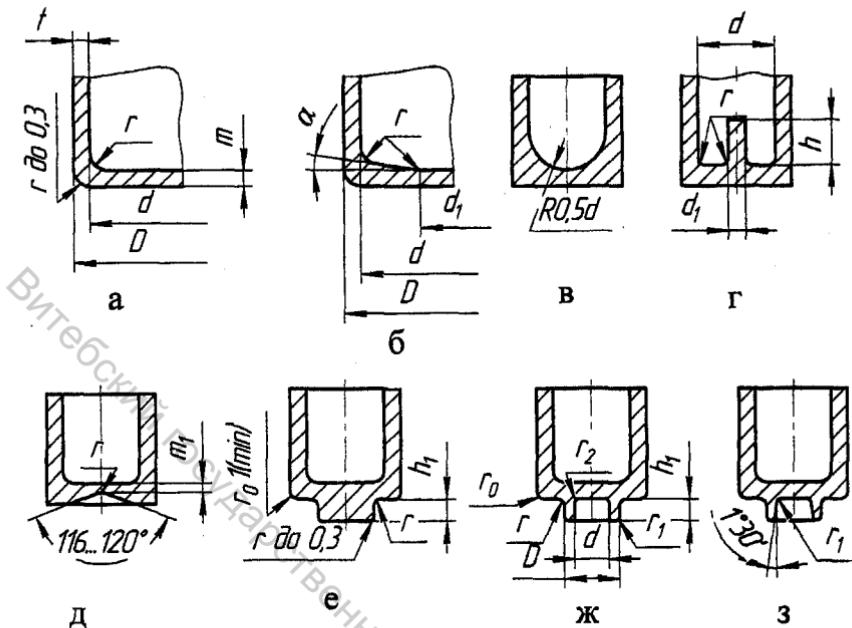


Рисунок 2.23 – Примеры оформления контура глухих полых изделий:  
 а – плоская поверхность; б – дно с углом  $\alpha$  и плоской площадкой  $d_1$ ;  
 в – сферическая форма дна; г – дно с центральным стержнем;  
 д – углубление на наружной поверхности дна; е – дно с выступом на  
 наружной части; ж – углубление глубиной менее 2 мм в выступе дна;  
 з – углубление глубиной более 2 мм в выступе дна

При плоском дне (рис. 2.23 а) минимальный радиус сопряжения дна и стенки находится в зависимости от диаметра внутренней полости  $d$ :  $d \geq 10, r = 1,5$ ;  $d \geq 20, r = 2$ ;  $d \geq 30, r = 2,5$ ;  $d \geq 60, r = 3$ .

Исходя из кинематики течения металла и условий работы пуансона рекомендуется оформлять конструкции донной части изделия в соответствии с рис. 2.23 б. Угол наклона  $\alpha$  от 3 до  $27^\circ$  ( $\alpha = 27^\circ$  – оптимальный угол по величине нагрузки на пуансон). Отношение  $d/d_1 = 2$ , минимальные радиусы переходов  $r = 1,5$  мм.

Донная часть изделия может быть сферической (рис. 2.23 в).  $R \geq 0,5d$ . Наличие сферы улучшает условие течения металла, но уменьшает устойчивость пуансона при выдавливании.

На внутренней поверхности дна может быть сформирован стержень (рис. 2.23 г) с размерами  $d_1 \geq 1,5$ ,  $h \leq d$ ,  $r \leq 1,0$ .

Донная часть изделия может быть сформирована в окончательном варианте без последующей обработки (Рис. 2.23 д, е, ж). Углубления различной формы могут быть выполнены в выступающей части (рис.

2.23 ж, з). Если углубление имеет высоту до 2 мм, оно выполняется без уклонов. При высоте углубления более 2 мм углубление выполняется с уклонами до  $1^{\circ}30'$  (рис. 2.23 з).

На рис. 2.24 представлены различные формы полых ступенчатых изделий.

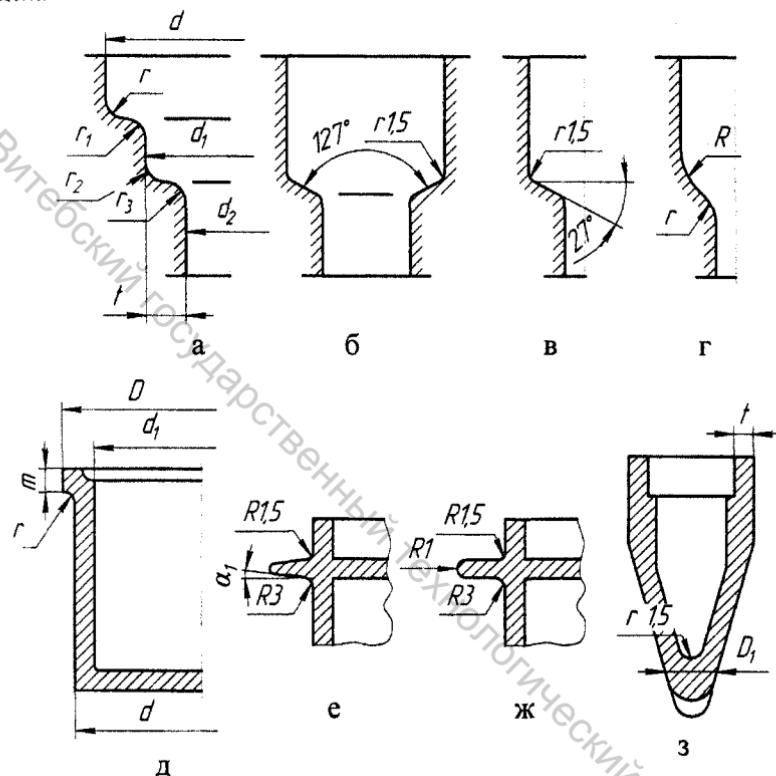


Рисунок 2.24 – Примеры оформления контура полых ступенчатых изделий:

- а – внутренние уступы без уклона; б – уступы с углом наклона  $127^\circ$ ;
- в – уступы с углом наклона  $27^\circ$ ; г – уступ по дуге;
- д – сопряжение цилиндра с фланцем; е – расположение линий фланца под углом;
- ж – расположение линий фланца перпендикулярно оси; з – пустотелый конус

Минимальная величина уступа  $t$  (рис. 2.24 а)  $t = \frac{d_1 - d_2}{2}$

изменяется от 0,03 до 0,05мм. При  $t \leq 3$  мм минимальные радиусы переходов  $r_1, r_2, r_3$  равны 0,3. Сопряжение по дуге  $R = 0,5d$  (рис. 2.24 г).

Фланцы пустотелых изделий (рис. 2.24 д) штампуют исходя из соотношений  $\frac{D}{d} \leq 1,3$  и  $m \geq 1$ . Конструктивное оформление фланца показано на рис. 2.24 е, ж. Стенки конусной полости (рис. 2.24 з) должны быть одинаковой толщины. Минимальный радиус на вершине конуса 1,5 мм.

Значения минимальных толщин стенок полых стальных заготовок приведены в таблице 2.32.

Таблица 2.32 – Минимальные толщины стенок полых заготовок

Марка стали	Степень деформации	Толщина стенки при наружном диаметре, мм					
		10	20	30	40	60	70
10; 15	0,85	0,4	0,8	1,2	1,65	2,5	3,0
15Г, 15Х	0,55	1,05	1,95	3,0	4,0	6,0	7,0
20; 20Х	0,6	1,15	2,3	3,4	4,5	7,0	8,0
30ХГСА	0,55	1,3	2,6	3,95	5,2	7,3	9,25

Типовые конструкции заготовок, штампемых методами холодного объемного деформирования, приведены на рис. 2.25.

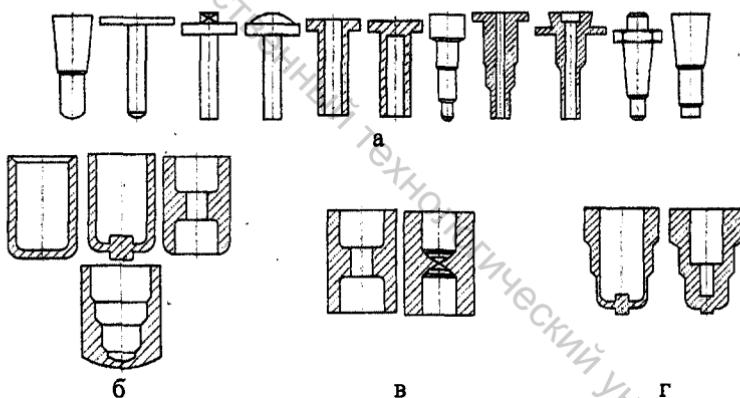


Рисунок 2.25 – Заготовки типа стержней и стаканов, получаемые холодной объемной штамповкой:

а – сплошные и полые стержни с утолщениями; б – полые типа цилиндрических стаканов с дном различной конфигурации; в – полые заготовки с перемычками; г – полые типа стаканов со ступенчатой наружной поверхностью и дном различной конфигурации

#### Точность размеров заготовок

Отклонения размеров для изделий со сплошным стержнем приведены в таблице 2.33. Отклонение изделий типа стаканов при отношении  $H/D \leq 1,2$  (чаще изготавливаемых обратным выдавливанием) приведены в таблице 2.34, а отклонения изделий типа гильз с отношением  $H/D \geq 1,2$  (чаще изготавливаемых прямым выдавливанием)

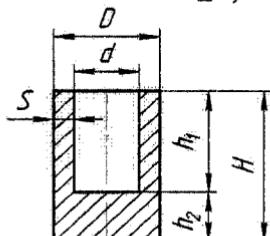
приведены в таблице 2.35. При выполнении дополнительных операций, например, калибровка, протяжка точность размеров повышается. Достижимой точностью является  $IT8 - IT7$ , а в некоторых случаях  $IT6$ . Общую высоту целесообразно не ограничивать допуском.

Таблица 2.33 – Отклонение размеров изделий со сплошным стержнем

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

Таблица 2.34 – Отклонения размеров полых изделий

Толщина стенки  $S = 2 - 15$  мм.  $H/D \leq 1,2$

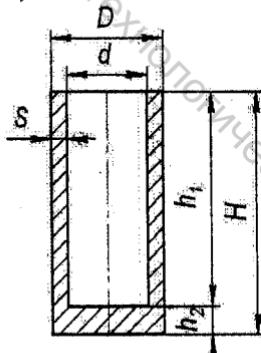


Наружный диаметр $D$ , мм	Отклонения диаметра от $D$ , мм		Отклонения от диаметра $d$ , мм		Толщина стенки $S$ , мм	Отклонения от $S$ , мм	
	обычное	при дополни- тельной обработке	обычное	при дополни- тельной обработке		обычное	при дополни- тельной обработке
1	2	3	4	5	6	7	8
Меньше 10	$\pm 0,08$	$\pm 0,05$	$\pm 0,10$	$\pm 0,05$	Меньше 2	$\pm 0,10$	$\pm 0,05$

Окончание таблицы 2.34

10-30	$\pm 0,10$	$\pm 0,04$	$\pm 0,10$ до $\pm 0,20$	$\pm 0,05$ до $\pm 0,10$	2-10	$\pm 0,15$	$\pm 0,10$
30-40	$\pm 0,12$	$\pm 0,07$	$\pm 0,15$ до $\pm 0,25$	$\pm 0,10$ до $\pm 0,15$	10-15	$\pm 0,20$	$\pm 0,15$
40-50	$\pm 0,15$	$\pm 0,10$	$\pm 0,20$ до $\pm 0,25$	$\pm 0,10$ до $\pm 0,15$	Толщина дна $h_2$ , мм	Отклонение от $h_2$ , мм	
50-60	$\pm 0,20$	$\pm 0,12$	$\pm 0,20$ до $\pm 0,30$	$\pm 0,12$ до $\pm 0,20$		обычное	при дополнит. обработке
60-70	$\pm 0,22$	$\pm 0,15$	$\pm 0,20$ до $\pm 0,30$	$\pm 0,15$ до $\pm 0,25$	Меньше 2	$\pm 0,15$ до $\pm 0,20$	$\pm 0,10$
70-80	$\pm 0,25$	$\pm 0,17$	$\pm 0,20$ до $\pm 0,35$	$\pm 0,15$ до $\pm 0,25$	2-10	$\pm 0,20$ до $\pm 0,30$	$\pm 0,15$
80-90	$\pm 0,30$	$\pm 0,20$	$\pm 0,25$ до $\pm 0,40$	$\pm 0,20$ до $\pm 0,30$	10-15	$\pm 0,25$ до $\pm 0,30$	$\pm 0,20$
100-110	$\pm 0,35$	$\pm 0,22$	$\pm 0,30$ до $\pm 0,45$	$\pm 0,25$ до $\pm 0,35$	15-25	$\pm 0,30$ до $\pm 0,40$	$\pm 0,25$
110-120	$\pm 0,40$	$\pm 0,25$	$\pm 0,35$ до $\pm 0,50$	$\pm 0,30$ до $\pm 0,40$	25-40	$\pm 0,40$ до $\pm 0,50$	$\pm 0,35$

Таблица 2.35 – Отклонения размеров полых изделий

Толщина стенки  $S = 0,5 - 6$  мм.  $H/D \geq 1,2$ 

Наруж- ный диаметр $D$ , мм	Отклонения диаметра от $D$ , мм		Отклонения от диаметра $d$ , мм		Толщина стенки $S$ , мм	Отклонения от $S$ , мм	
	обыч- ное	при дополни- тельной обработке	обычное	при дополни- тельной обработке		обычное	при дополни- тельной обработке
1	2	3	4	5	6	7	8
Меньше 10	$\pm 0,1$	$\pm 0,020$	$\pm 0,05$	$\pm 0,020$	Меньше 0,6	$\pm 0,03$ до $\pm 0,10$	$\pm 0,020$
		$\pm 0,020$	$\pm 0,05$ до $\pm 0,07$	$\pm 0,020$ до $\pm 0,040$		$\pm 0,07$ до $\pm 0,10$	$\pm 0,020$

### Окончание таблицы 2.35

1	3	4	5	6	7	8
10-40	$\pm 0,020$	$\pm 0,08$ до $\pm 0,10$	$\pm 0,020$ до $\pm 0,040$	1,2-2,0	$\pm 0,10$ до $\pm 0,15$	$\pm 0,025$
				2,0-3,5	$\pm 0,12$ до $\pm 0,15$	$\pm 0,300$
				3,5-6,0	$\pm 0,15$ до $\pm 0,20$	$\pm 0,040$
40-50	$\pm 0,025$	$\pm 0,10$ до $\pm 0,12$	$\pm 0,025$ до $\pm 0,040$	Толщина дна $h_2$ , мм	Отклонение от $h_2$ , мм	
50-60		$\pm 0,030$	$\pm 0,12$ до $\pm 0,14$		обычное	при дополнит. обработке
60-70	$\pm 0,040$	$\pm 0,18$ до $\pm 0,20$	$\pm 0,035$ до $\pm 0,050$	Меньше 2	До $\pm 0,15$	$\pm 0,10$
70-80		$\pm 0,040$	$\pm 0,18$ до $\pm 0,20$	2-10	$\pm 0,20$ до $\pm 0,30$	$\pm 0,12$
80-90		$\pm 0,050$	$\pm 0,20$ до $\pm 0,24$	10-15	$\pm 0,25$ до $\pm 0,35$	$\pm 0,15$
90-100		$\pm 0,060$	$\pm 0,25$ до $\pm 0,30$	15-25	$\pm 0,30$ до $\pm 0,40$	$\pm 0,20$
100-120	$\pm 0,080$	$\pm 0,30$ до $\pm 0,40$	$\pm 0,080$ до $\pm 0,100$	25-40	$\pm 0,35$ до $\pm 0,50$	$\pm 0,25$
120-140	$\pm 0,120$	$\pm 0,40$ до $\pm 0,50$	$\pm 0,100$ до $\pm 0,120$	40-50	$\pm 0,40$ до $\pm 0,50$	$\pm 0,30$
				50-70	$\pm 0,45$ до $\pm 0,60$	$\pm 0,35$

Припуск на обрезку кромок для изделий круглой формы устанавливается в соответствии с данными таблицы 2.36.

Припуск на обрезку изделий прямоугольной формы устанавливается в соответствии с таблицей 2.37.

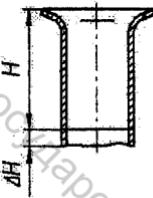
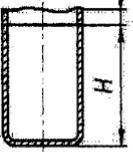
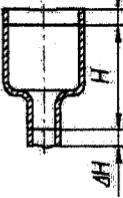
Таблица 2.36 – Припуск на обрезку изделий круглой формы

Высота детали $H$ , мм	Относительная высота детали $\frac{H}{D}$	
	до 1	свыше 1
	Припуск $\Delta H$ , мм	
10	2	3

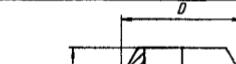
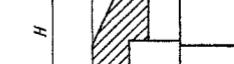
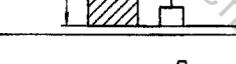
Окончание таблицы 2.36

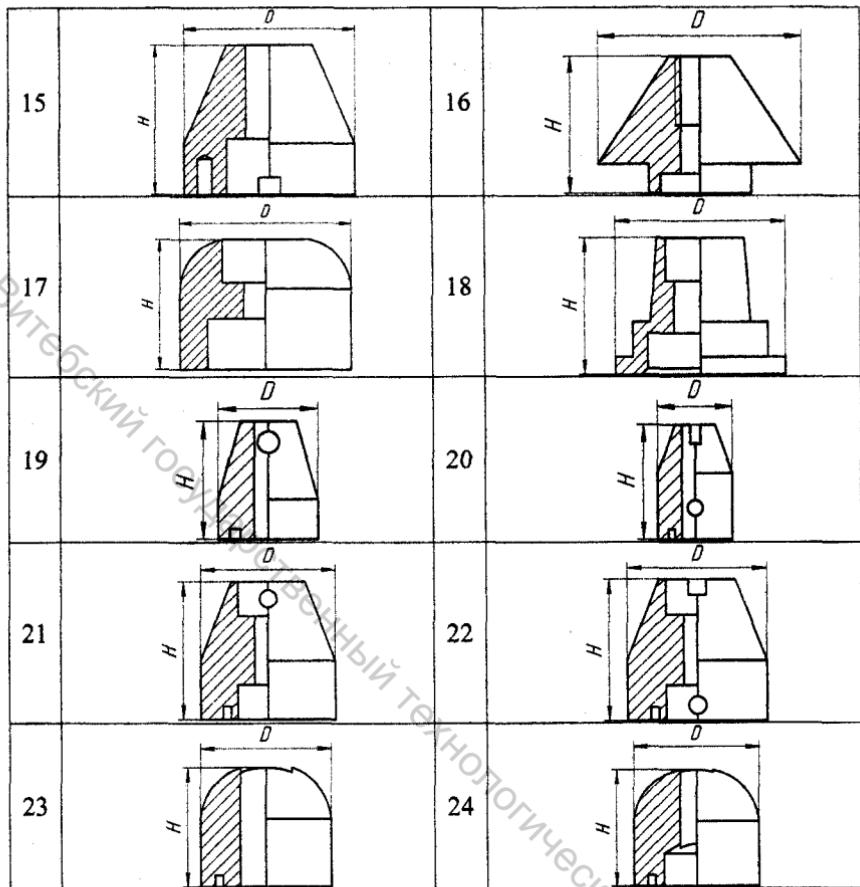
20	3	4
50	4	5
100	5	6
150	6	7
200	7	8

Таблица 2.37 – Припуск на обрезку деталей прямоугольной формы

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

### Варианты к заданию 6

Варианты к заданию 3		№	
1		2	
3		4	
5		6	
7		8	
9		10	
11		12	
13		14	



№	$D$ , мм	$H$ , мм	№	$D$ , мм	$H$ , мм
1	60	70	13	80	50
2	55	70	14	45	80
3	50	70	15	60	85
4	45	70	16	55	85
5	60	75	17	50	85
6	55	75	18	45	85
7	80	50	19	60	75
8	50	75	20	45	80
9	45	75	21	50	75
10	60	80	22	55	80
11	55	80	23	45	70
12	50	80	24	60	85

## 2.7 Проектирование заготовок, изготавляемых методами порошковой металлургии. Задание 7

Технологии порошковой металлургии позволяют получать изделия с уникальными свойствами на основе многокомпонентных порошковых смесей. Коэффициент использования материала составляет более 97 %; уменьшается количество операций; снижаются расходы на механическую обработку.

Необходимо учитывать и недостатки порошковой металлургии: сравнительно высокая стоимость порошков; необходимость спекания в защитной атмосфере; сложность получения металлов и сплавов в беспористом состоянии; трудность изготовления изделий больших размеров. Достоинства и недостатки не являются постоянно действующими факторами и изменяются как в зависимости от состояния и развития самой порошковой металлургии, так и от смежных областей (табл. 2.38).

Конструкционные изделия из порошковых материалов по степени нагруженности разделяются на четыре группы:

1) малонагруженные детали, прочность которых не рассчитывают, а размеры выбирают из конструктивных или технологических соображений;

2) умеренно нагруженные детали, работоспособность которых в течение всего периода эксплуатации при действующих напряжениях обеспечивают КПМ с пределом прочности, не превышающим при статическом одноосном растяжении 45...65 % (в условиях динамического нагружения 35...60 %) соответствующих характеристик беспористого материала аналогичного состава;

3) средненагруженные детали находятся под воздействием значительных статических или умеренных динамических нагрузок, необходимый уровень прочности обеспечивает материал пористостью 2... 9;

4) тяжело нагруженные детали находятся под воздействием статических или динамических нагрузок большой интенсивности, относительная прочность таких деталей приближается к прочности беспористого материала.

Наиболее распространенным способом изготовления заготовок из конструкционных порошковых материалов является холодное прессование с последующим спеканием. Параметры качества прессовок приведены в таблице 2.39.

Таблица 2.38 – Характеристики конструкционных порошковых материалов для деталей различной нагруженности

Детали по степени нагруженности	Пористость материала, %	Предел прочности, %, предела прочности беспористого материала	Пластичность и ударная вязкость, %, данных свойств беспористых материалов	Плотность порошковых сталей, кг/м <sup>3</sup>
Малонагруженные	25...16	3045	25...35	6000...6600
Умереннонагруженные	15...10	45...65	35...60	6700...7100
Средненагруженные	9...2	65...95	60...90	7200...7700
Тяжелонагруженные	Менее 2	95...100	90...100	Более 7700

Таблица 2.39 – Показатели качества заготовок из конструкционных порошковых материалов

Номер процесса	Операция	Точность размеров		Параметр шероховатости поверхностей, мкм
		высотных	диаметральных	
1	Холодное прессование при уплотнении «под давлению»	IT12 – IT14	IT6 – IT8	Ra 5...0,16
	Спекание	IT13 – IT16	IT8 – IT10	Ra 25...0,8
2	Холодное прессование при уплотнении с ограничителем	IT12	IT8 – IT11	Ra 5...0,16
	Спекание	IT13 – IT14	IT9 – IT13	Ra 25...0,8

Общие конструктивные требования к порошковым заготовкам сводятся к следующим условиям:

1. Отношение толщины стенок в направлении прессования к максимальному поперечному размеру не должно превышать единицы. Минимальная толщина стенки заготовки цилиндрической формы 1,0...1,2 мм, для заготовок иной формы - 1,5 мм. У более крупных заготовок минимальная толщина стенки вырастает на 0,8 мм на каждые 25 мм длины. Толщина донной части глухих отверстий не менее 2.. .3 мм.

2. Радиусы закруглений внутренних углов сопрягаемых стенок не менее 0,3 мм, наружных – не менее 2,5 мм.

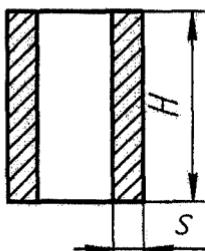
3. Для облегчения выталкивания стенки перпендикулярные к плоскости разъема пресс-формы должны быть конусными, угол конуса 5...10°.

4. Утолщение, приливы, фланцы располагать в плоскости, перпендикулярной к направлению прессования и возможно ближе к верхней границе матрицы. Канавки, углубления и выемки выполнять в направлении прессования. Заготовки с узкими пазами могут иметь дефекты.

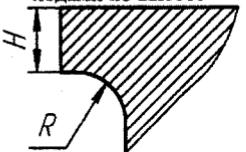
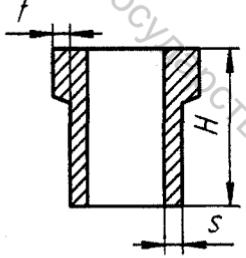
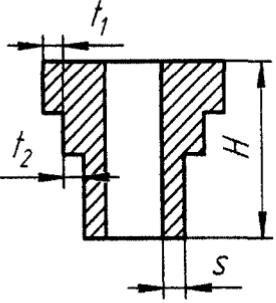
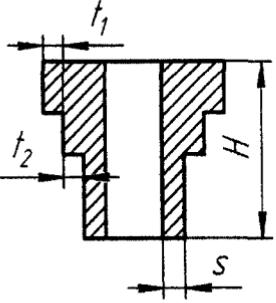
Требования к конкретным конструктивным элементам приведены в таблице 2.40.

Таблица 2.40 – Требования к конструктивным элементам порошковых изделий

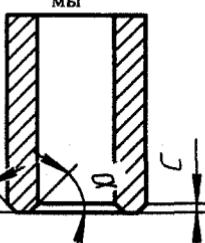
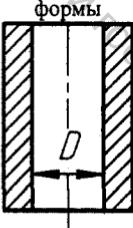
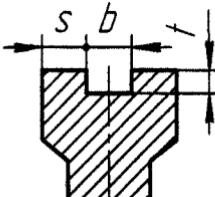
Элемент, тип изделия	Рекомендуемые параметры	Рекомендуемая технология
Стенка: изделия типа цилиндра	$s \geq 0.8 \text{ мм}; \frac{H}{s} \leq 1$	Пористое изделие
	$s \geq 0.8 \text{ мм}; \frac{H}{s} \leq 1$	Формование: односторонним прессованием; двухсторонним прессованием; поперечным прессованием
	$s \geq 2 \text{ мм}; \frac{H}{s} \leq 1 \text{ мм}$	
	$s \geq 2 \text{ мм}; \frac{H}{s} \leq 1$	Высокоплотное изделие
	$s \geq 2 \text{ мм}; \frac{H}{s} \leq 1$	
	$s \geq 2 \text{ мм}; \frac{H}{s} \leq 5; H \geq 40 \text{ мм}$	Штамповка высокоплотных изделий из пористых заготовок: односторонней осадкой; двухсторонней осадкой; поперечным уплотнением



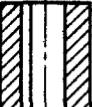
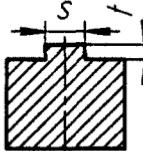
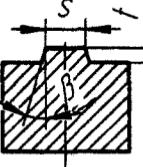
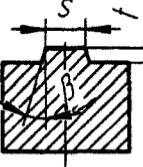
Продолжение таблицы 2.40

<p>Скругление: изделие с переходами по высоте</p> 	$R \geq 0,25 \text{ мм};$ $R = (0,3 \div 0,5)H$	Высокоплотное изделие
		Прессование пористых заготовок; штамповка пористых заготовок
<p>Бурт: изделие с одним переходом по высоте на наружной поверхности</p> 	$t \geq 0,8 \text{ мм}$ $t \leq 3 \text{ мм}; \frac{H}{s} \leq 2$ $t > 3 \text{ мм}; \frac{H}{s} \leq 2$ $t > 3 \text{ мм}; 2 < \frac{H}{s} \leq 15$	Высокоплотное изделие
		Двухстороннее прессование пористых изделий; штамповка высокоплотных изделий из пористых заготовок: двухсторонней осадкой заготовки без бурта с поперечным течением материала; двухсторонней осадкой заготовки с буртом; двухсторонней осадкой бурта с последующим поперечным уплотнением всей заготовки
<p>Изделия с двумя и более переходами на наружной поверхности</p> 	$t_1, t_2 \geq 0,8 \text{ мм}$	Пористое изделие
		Двухстороннее прессование
	$t_1 \leq 3 \text{ мм}; \frac{H}{s} \leq 2$ $t_2 - не регламентируется$ $t > 3 \text{ мм}; \frac{H}{s} \leq 2$ $t_2 - не регламентируется$ $t > 3 \text{ мм}; \frac{H}{s} \leq 2$ $t_2 - не регламентируется$	Высокоплотное изделие

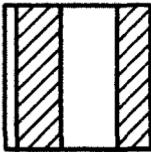
Продолжение таблицы 2.40

<p>Фиска: изделия любой формы</p> 	$0 < \alpha < 90^\circ$ $0,15 \leq c \leq 0,5 \text{ мм}$	<p>Пористое изделие</p> <p>Прессование</p>
		<p>Высокоплотное изделие</p> <p>Штамповка пористой заготовки</p>
<p>Отверстие: изделия любой формы</p> 	$D > 1 \text{ мм}$ $D > 10 \text{ мм}$	<p>Пористое изделие</p> <p>Прессование пористой заготовки</p>
		<p>Высокоплотное изделие</p> <p>Штамповка пористой заготовки</p>
<p>Паз: изделия любой формы с пазами на торцах</p> 	$s, b \geq 2 \text{ мм};$ $t$ – не регламентируется	<p>Пористое изделие</p> <p>Прессование пористой заготовки</p>
		<p>Высокоплотное изделие</p>
	$s \geq 2 \text{ мм}; b \geq 5 \text{ мм};$ $t$ – не регламентируется	<p>Штамповка пористой заготовки:</p> <p>осадкой с предварительно выполненным пазом;</p> <p>осадкой пористой заготовки без предварительно выполненного паза</p>
	$s \geq 2 \text{ мм}; b \geq 5 \text{ мм};$ $t < 3 \text{ мм.}$	

Продолжение таблицы 2.40

<p>Паз: изделие любой формы с пазами на внутренней и наружных поверхностях</p>  	$s \geq 2 \text{ мм};$ $b \text{ и } t \text{ – не регламентируются}$	<p>Высокоплотное изделие</p>
		<p>Прессование пористых заготовок; штамповка осадкой пористой заготовки с предварительно выполненным пазом</p>
<p>Выступ: изделие любой формы с выступами на торце</p>  	$s \geq 2 \text{ мм}; t > 0,5 \text{ мм}$	<p>Прессование пористых изделий составным пuhanсоном</p>
		<p>Штамповка высокоплотных изделий осадкой пористой заготовки с предварительно выполненным выступом</p>
	$s \geq 5 \text{ мм}; t \geq 3 \text{ мм}$	<p>Пористое изделие</p>
		<p>Прессование пористых изделий цельным пuhanсоном</p>
	$s \geq 2 \text{ мм}; t \leq 0,5 \text{ мм}; \beta \geq 3^\circ$	<p>Высокоплотное изделие</p>
		<p>Штамповка осадкой с выдавливанием пористой заготовки без предварительно выполненного выступа</p>

Продолжение таблицы 2.40

<p>Изделия с выступами на внутренней или наружной боковой поверхностью</p> 	$b \geq 2 \text{ мм};$ $t - \text{не регламентируется}$	<p>Пористое изделие</p> <p>Прессование пористых заготовок</p>
	$b \geq 5 \text{ мм}; t \leq 3 \text{ мм}$	<p>Высокоплотное изделие</p>
		<p>Штамповка осадкой пористой заготовки с предварительно выполненным выступом</p>
<p>Уклон: изделия типа шестерен, шкивов и т.п.</p> 		<p>Пористое изделие</p> <p>Прессование</p> <p>Высокоплотное изделие</p>
	$\beta \geq 5^\circ$	<p>Штамповка пористой заготовки</p>
	$m \geq 0,5 \text{ мм}$	<p>Прессование изделий</p>
	$0,5 \leq m \leq 2 \text{ мм}$	<p>Штамповка осадкой с по-перечным течением материала пористой заготовки без предварительно выполненных зубьев</p>
<p>Зуб: изделия типа цилиндрической шестерни</p>	$m \geq 2 \text{ мм}$	<p>Штамповка осадкой пористой заготовки с предварительно выполненными зубьями</p>

### Окончание таблицы 2.40

Рифленая поверхность: изделия с рифленой поверхностью	$\gamma \geq 30^\circ$	Прессование. Штамповка высокоплотных изделий из пористых заготовок с не-рифленой поверхностью
Поясок: изделия с конической поверхностью	$h \geq 1 \text{ мм}$	Прессование. Штамповка высокоплотных изделий из пористых заготовок

Типовые порошковые заготовки, полученные холодным прессованием представлены в таблице 2.41.

### Конструкторско-технологические особенности горячедеформированных заготовок

При проектировании горячедеформированных заготовок необходимо учитывать (рис. 2.26):

- предельно возможные размеры и массу заготовок;
- отношение продольных размеров к поперечным;
- наличие специфических конструктивных элементов (радиальных канавок, углублений, выступов, резьб и т. д.).

### Конструкторско-технологические особенности порошковых заготовок, изготавливаемых горячим динамическим прессованием (ГДП)

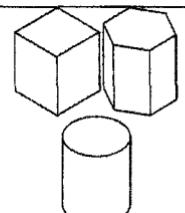
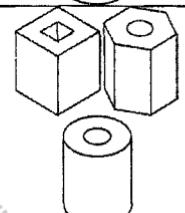
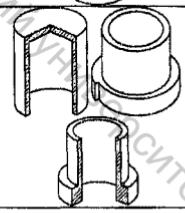
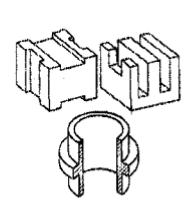
Минимальные размеры и масса заготовок регламентируются скоростью охлаждения заготовки с момента её извлечения из печи и до начала уплотнения в штампе. Быстрое охлаждение заготовок приводит к резкому снижению пластичности материала, что ухудшает качество изделия. Технологии ГДП позволяют получать заготовки массой не менее 20 г и размерами в плане в пределах 15 мм (табл. 2.42).

Отношение продольных размеров заготовок к поперечным определяет выбор схемы формования, конструкцию штампов. Технологии ГДП позволяют изготавливать горячепрессованные порошковые заготовки с отношением продольного (высотного) размера ( $H$ ) к поперечному (диаметру  $d$  или толщине стенки  $s$ ) в пределах 0,1–0,6 для заготовок типа пластин и до 15–20 для длинномерных изделий.

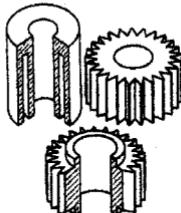
На заготовках не допускаются:

- сквозные пазы, канавки, углубления, отверстия и другие элементы, не совпадающие с направлением прессования;
- резьбы и обратные конусности;
- продольные сквозные и глухие отверстия малого сечения;
- замкнутые пазы, канавки и другие углубления или выступы в направлении прессования;
- острые углы и места сопряжения поверхностей, не оформленные радиусами или фасками.

Таблица 2.41 – Типовые заготовки, изготавляемые холодным прессованием порошков с последующим спеканием

Группа сложности	Характеристика		Отношение высоты заготовки к толщине стенки	Типовые конструкции заготовок
	сечения заготовок по высоте (вдоль оси прессования)	поверхностей, ограничивающих заготовки по высоте		
I	Неизменное сечение, без отверстия	Параллельные плоскости	1...3	
II	То же, с одним или несколькими отверстиями в направлении прессования		До 8	
III			8...10	
IV	Заготовки с наружным или внутренним буртом		До 6	
V			6...8	
VI	Заготовки с несколькими переходами по высоте, без отверстий		–	

Окончание таблицы 2.41

VII	<p>Несколько наружных или внутренних переходов при наличии отверстий в направлении прессования</p>	<p>Непараллельные плоскости или криволинейные поверхности, пересекающие оси прессования</p>	-	
-----	--	---	---	---

Конструкторско-технологические особенности порошковых заготовок, изготавляемых горячим динамическим прессованием (ДГП)

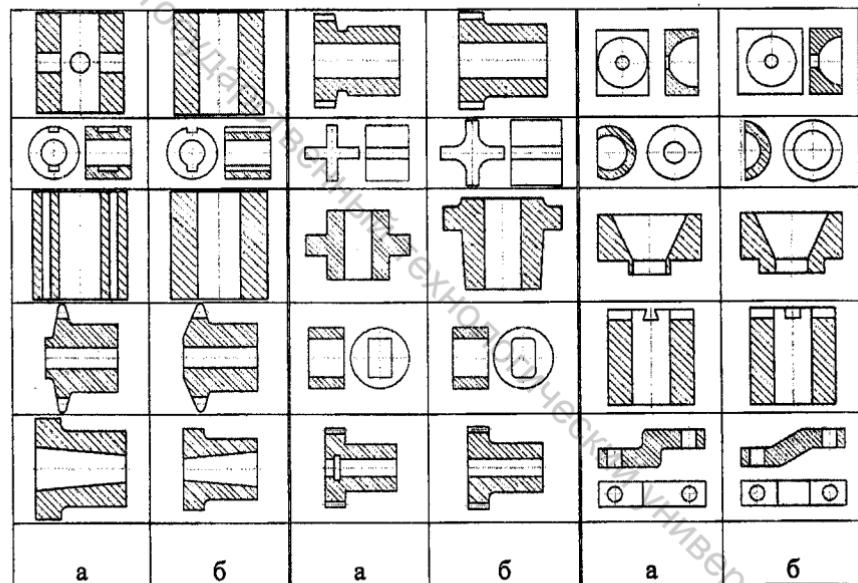


Рисунок 2.26 – Конструктивные варианты горячедеформированных порошковых заготовок:

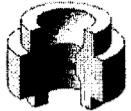
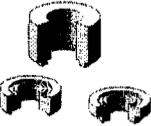
а – нерекомендуемые; б – рекомендуемые

Типовые заготовки, изготавляемые горячим динамическим прессованием, представлены в таблице 2.42.

Таблица 2.42 – Типовые заготовки, изготавляемые методами ДГП

Тип деталей	Конфигурация деталей	Степень приближения формы заготовок к форме детали	Конфигурация заготовок	Схема формирования
Длинномерные полые переменного сечения с короткомерной ( $0,6 < h_k/d_1 < 1$ ) или удлиненной ( $h_k/d > 5$ и $h_k \geq 40$ мм) частью		По конфигурации полностью соответствует детали; к короткомерной части предъявляются требования, аналогичные предъявляемым к заготовкам деталей группы 1А, а длинномерной группы 3А		Поперечное ДГП для длинномерного элемента и осадка короткомерной части
Длинномерные сплошные переменного сечения (типа клапанов ДВС, лопаток турбин и т.п.) с короткомерными и длинномерными элементами по высоте		Поперечное сечение соответствует сечению короткомерного элемента с учетом технологического зазора; масса заготовки равна массе детали		Экструзия для формования длинномерной части осадки и в конце ее оформление короткомерного элемента и всей детали
Сложной формы с тремя и более переходами по высоте		Поперечные сечения всех элементов соответствуют аналогичным сечениям детали с учетом технологического зазора		Двухстороннее прессование всех переходов

Продолжение таблицы 2.42

<p>Сложной формы, заготовки которых невозможны получить цельными из-за сложности</p>		<p>Несколько заготовок простой формы, поперечные сечения которых соответствуют аналогичным сечениям детали, с центрирующими элементами в плоскостях разъема</p>		<p>Двухстороннее прессование с осадкой всех элементов заготовок в одной матрице</p>
<p>Конические сателлиты</p>		<p>Полый цилиндр с фаской или сферической поверхностью на одном из его торцов</p>		<p>Одностороннее прессование в разъемных матрицах</p>
<p>Со сферическими и кризиволинейными поверхностями типа шарниров, шаровых опор и т.п.</p>		<p>Цилиндрическая заготовка с поперечным сечением, меньшим минимального поперечного сечения детали на технологический зазор</p>		<p>Двухстороннее прессование в разъемной матрице</p>

Продолжение таблицы 2.42

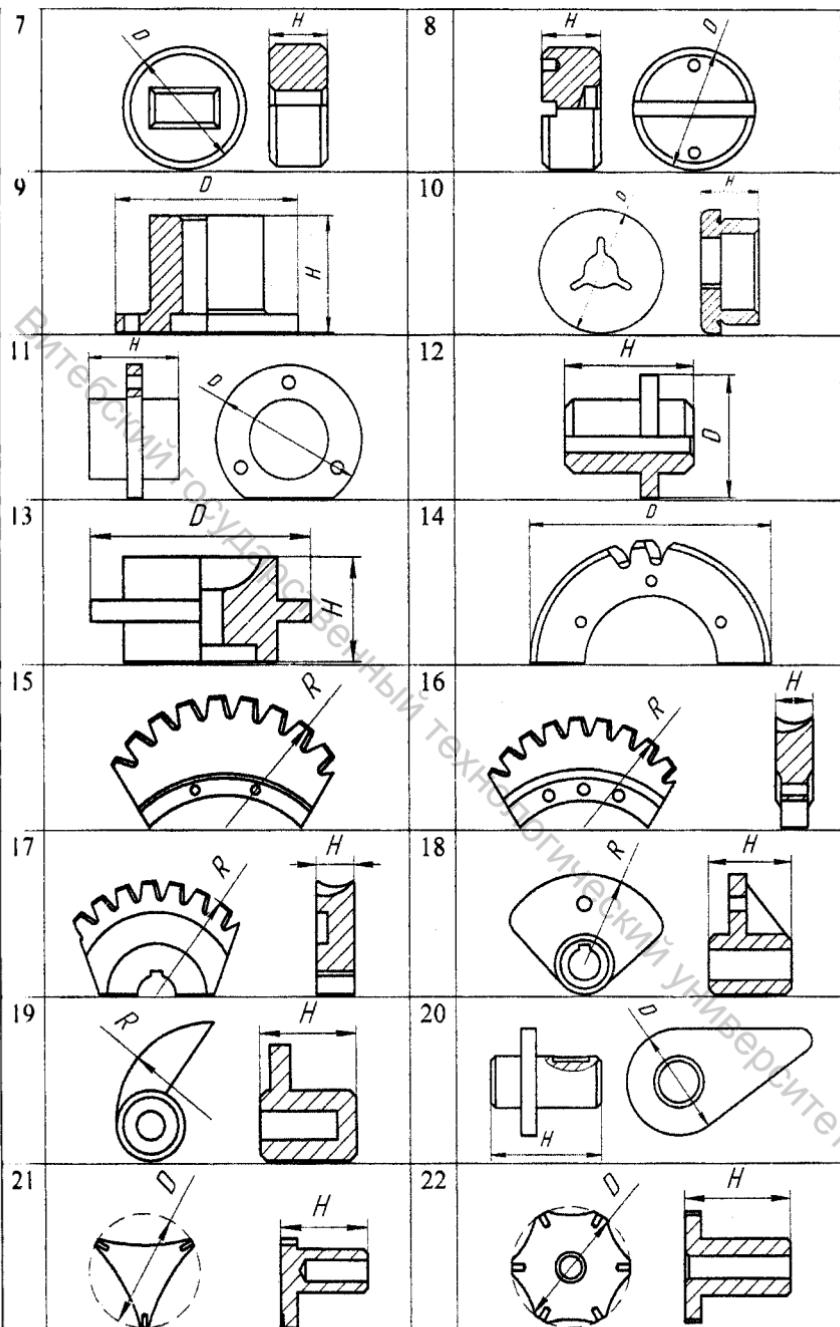
Мелкомодульные цилиндрические шестерни		Цилиндрическая заготовка с размером поперечного сечения, меньшим диаметра впадин на технологический зазор. То же, но с буртами на торцах		
Конические шестерни со ступицей		Заготовка без зубьев имеет конфигурацию усеченного конуса с цилиндрической частью, переходящей в цилиндр меньшего диаметра		Одностороннее прессование в разъемных матрицах осадкой заготовки
Шайбы и пластины; $h_k/d \leq 2$		Поперечное сечение соответствует сечению готовой детали; в размере учитывают технологический зазор		Одностороннее прессование плоским пuhanсоном, не заходящим в рабочую полость матрицы
Шайбы, шестерни, звездочки и т. п.; $0,2 < h_k/d \leq 0,6$				Двухстороннее прессование плоскими пuhanсонами, не заходящими в рабочую полость матрицы

### Окончание таблицы 2.42

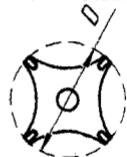
Звездочки и шестерни со ступицей; $h_k/d \leq 0,6$		Степень приближения плоского элемента аналогична степени приближения заготовок для деталей группы 6А, а высокого элемента — для деталей групп 1 и 2		Двухстороннее прессование не заходящим в рабочую полость пuhanсоном при формировании плоского элемента и заходящим — высокого
Биметаллические с поверхностным слоем требуемого состава	Зависит от степени сложности детали  	Определяются степенью сложности деталей, а также свойствами и химической активностью вводимых в 1 поверхностный слой порошков	Зависит от схемы ДГП	Определяется степенью сложности детали

### Варианты к заданию 7

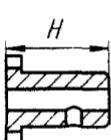
№		№	
1		2	
3		4	
5		6	



23



24



№	$D$ , мм	$H$ , мм	№	$D$ , мм	$H$ , мм
1	75	10	13	50	80
2	80	15	14	40	85
3	80	10	15	90	50
4	75	15	16	90	15
5	85	20	17	95	10
6	85	20	18	95	45
7	50	15	19	95	50
8	85	15	20	95	55
9	85	55	21	100	40
10	90	40	22	100	45
11	90	45	23	100	50
12	45	75	24	80	20

### 3 Проектирование поковок

#### 3.1 Общие сведения о конструктивных и технологических параметрах заготовок, изготавляемых методами горячей объемной штамповки

Достоинством горячей штамповки является снижение усилия деформации, которая, по сравнению с холодной обработкой, может быть меньше в 30...40 раз. Пластиичность металла при нагреве возрастает, что позволяет получать поковки сложной формы.

Горячей объемной штамповкой получают заготовки (поковки) ответственных изделий всех отраслей машиностроения. Этот способ наиболее эффективен при массовом, крупносерийном и серийном производстве поковок массой от нескольких граммов до нескольких тонн. Наиболее целесообразно изготовление поковок массой не более 50...100 кг.

Обозначение размеров и название конструктивных элементов поковок приведены на рис. 3.1.

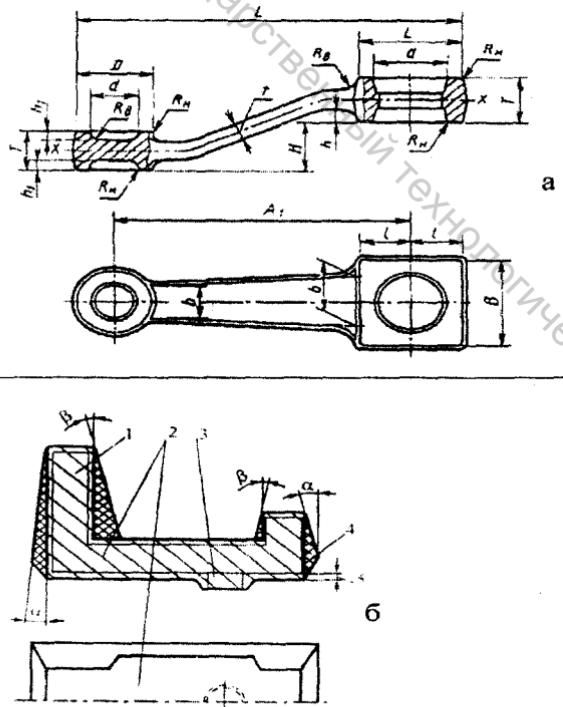


Рисунок 3.1 – Параметры поковок:

а – основные размеры: длина ( $L$ ,  $l$ ), ширина ( $B$ ,  $b$ ), диаметр ( $D$ ,  $d$ ), высота и глубина ( $H$ ,  $h$ ), толщина ( $T$ ,  $t$ ), радиус закругления внутреннего угла  $R_B$ , наружного угла  $R_H$ ;

б – элементы поковок: 1 – ребро, 2 – полотно, 3 – бобышка, 4 – напуск, 5 – припуск,  $\alpha$  – наружный,  $\beta$  – внутренний штамповочные уклоны

Элементы поковок (рис. 3.1 б). **Полотно** – тонкая стенка поковки, штампаемая в горизонтальной плоскости. **Ребро** – тонкая стенка или выступ поковки, расположенной в вертикальной плоскости. **Бобышка** – выступ на поковке, длина которого равна ширине. **Припуск** – слой металла, срезаемый при обработке поковки. **Напуск** – необходимый избыток металла, вызываемый особенностями технологического процесса формообразования поковки.

К конструктивным параметрам поковок также относятся: класс точности, группа стали, степень сложности, конфигурация поверхности разъема штампа (ГОСТ 7505–89).

Стандарт устанавливает пять классов точности: Т1 – Т5, три группы сталей: М1 – М3, четыре степени сложности: С1 – С4, три вида конфигурации поверхности разъема штампов: плоскую (П), симметрично изогнутую ( $I_c$ ), несимметрично изогнутую ( $I_n$ ).

Класс точности поковки зависит от используемого оборудования, технологического процесса и определяется по таблице 3.1.

Стали с массовой долей углерода до 0,35 % включительно и суммарной массовой долей легирующих элементов до 2 % включительно отнесены к первой группе – М1. Ко второй группе (М2) отнесены стали с массовой долей углерода  $> 0,35\ldots 0,65$  % включительно или суммарной массовой долей легирующих элементов выше 2 до 5,0 % включительно. К третьей группе – М3 отнесены стали с массовой долей углерода выше 0,65 % или суммарной массовой долей легирующих элементов выше 5 %.

Класс точности предопределяется деформирующим оборудованием, технологическим процессом и определяется в соответствии с таблицей 3.1.

Степень сложности является одной из конструктивных характеристик формы поковок, качественно оценивающих её, и используется при назначении припусков и допусков.

За критерий для классификации поковок по степени сложности принято отношение массы (объема)  $G_n$  поковки к массе (объему)  $G_\phi$  геометрической фигуры, в которую вписывается форма поковки. В качестве такой геометрической фигуры стандарт рекомендует использовать шар, параллелепипед, цилиндр с перпендикулярными к его оси торцами или прямую правильную призму (рис.3.2).

При вычислении отношения  $G_n/G_\phi$  принимают ту из геометрических фигур, масса (объем) которой наименьшая. При определении размеров, описывающих поковку геометрической фигуры, допускается исходить из увеличений в 1,05 раза габаритных линейных размеров детали, определяющих положение ее обработанных частей.

Таблица 3.1 – Выбор класса точности поковки

Основное деформирующее оборудование, технологические процессы	Класс точности литья				
	T1	T2	T3	T4	T5
Кривошипные горячештамповочные прессы: открытая (обойчная) штамповка				+	+
закрытая штамповка	+	+			
выдавливание		+	+		
Горизонтально-ковочные машины				+	+
Прессы гидравлические, винтовые				+	+
Горячештамповочные автоматы	+	+			
Штамповочные молоты				+	+
Калибровка объемная (горячая или холодная)	+	+			
ПредCISIONНАЯ штамповка	+				

Степени сложности поковок соответствуют следующие численные значения отношений  $G_n/G_\phi$ :

C1...св. 0,63 до 1,0

C2...св 0,32 до 0,63

C3...св 0,16 до 0,32

C4...до 0,16

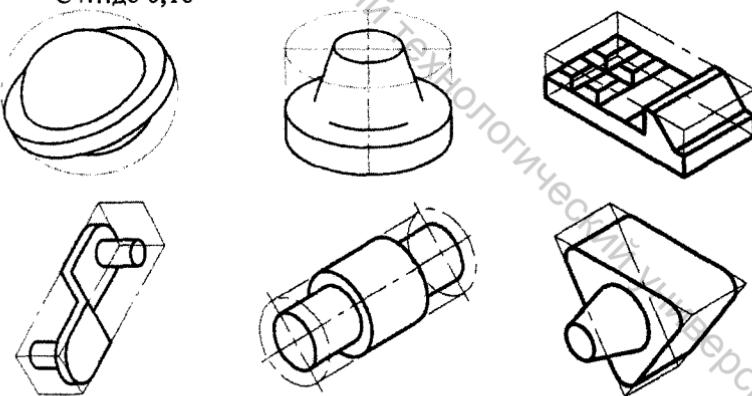


Рисунок 3.2 – Геометрические фигуры для определения сложности поковок

Степень сложности C4 устанавливается для поковок с тонкими элементами, например, в виде диска, фланца, кольца (рис. 3.3), в том числе с пробиваемыми перемычками, а также для поковок с тонкими стержневыми элементами, если отклонение  $t/D$ ;  $t/L$ ;  $t/(D-d)$  не превышает 0,20 и  $t$  не более 25 мм. (где  $D$  – номинальный размер тонкого элемента,  $d$  – диаметр элемента поковки, толщина которого превышает  $t$ ).

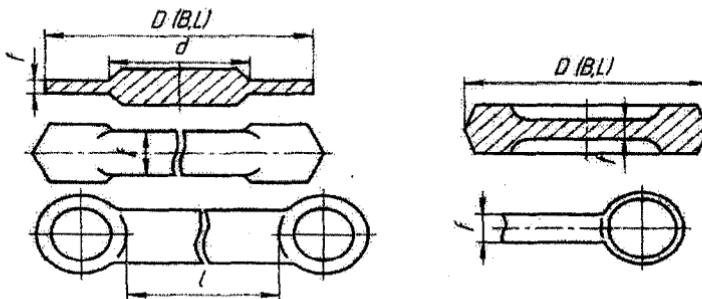


Рисунок 3.3 – Геометрические элементы поковки, определяющие ее степень сложности

Для поковок, полученных на горизонтально ковочных машинах, допускается определять степень сложности в зависимости от числа переходов: С1 – не более чем при двух переходах; С2 – при трех переходах; С3 – при четырех переходах; С4 – более чем при четырех переходах или при изготовлении на двух ковочных машинах.

В качестве показателя, учитывающего в обобщенном виде сумму конструктивных параметров (класс точности, группу стали, степень сложности, конфигурацию поверхности разъема и массу поковки) принят исходный индекс.

Определение исходного индекса начинают с определения массы поковки. Расчетная масса поковки определяется исходя из ее номинальных размеров. Ориентировочную величину расчетной массы поковки  $G_n$  допускается вычислять по формуле:

$$G_n = M_{det} \cdot K_p, \quad (3.1)$$

где  $G_n$  – расчетная масса поковки, кг;  $M_{det}$  – масса детали, кг;  $K_p$  – расчетный коэффициент, устанавливаемый в соответствии с таблицей 3.2.

Исходный индекс для последующего назначения припусков и допусков поковки определяется в зависимости от массы, марки стали, степени сложности и класса точности поковки (таблица 3.3).

Таблица 3.2 – Коэффициент ( $K_p$ ) для определения ориентировочной расчетной массы поковки

Группа	Характеристика детали	Типовые представители	$K_p$
1	2	3	4
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		

Окончание таблицы 3.2

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 отростками	Крестовины, вилки	1,4 – 1,6
3	Комбинированной (содержащие элементы групп 1 и 2-й конфиг.)	Кулачки поворотные, коленчатые валы	1,3 – 1,8
4	С большим объемом необрабатываемых поверхностей	Балки передних осей, рычаги переключения коробок передач, буксирные крюки	1,1 – 1,3
5	С отверстиями, углублениями, поднутрениями, неоформляемыми в поковке при штамповке	Полые валы, фланцы, блоки шестерен	1,8 – 2,2

Таблица 3.3 – Таблица для определения 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 " 125,5"													9
" 125,0 " 250,0"													10
													11
													12
													13
													14
													15
													16
													17
													18
													19
													20
													21
													22
													23

### Примеры.

1. Поковка массой 0,5 кг, группа стали М1, степень сложности С1, класс точности Т2.

Исходный индекс – 3.

2. Поковка массой 1,5 кг, группа стали М3, степень сложности С2, класс точности Т1.

Исходный индекс – 6.

Исходный индекс должен быть указан на чертеже поковки.

**Назначение припусков и допусков на механическую обработку**

Припуск на механическую обработку включает основной и также дополнительные припуски, учитывающие отклонение формы поковки. Величины припусков назначают на одну сторону номинального размера поковки. Основные припуски на механическую обработку поковок в зависимости от исходного индекса устанавливают по таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Основные припуски на механическую обработку (на сторону), мм

Исходный индекс	Толщина детали, мм											
	До 25			25 – 40			40 – 63			63 – 100		
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота детали, мм											
	До 40			40 – 100			100 – 160			160 – 250		
Исходный индекс	Ra, мкм											
	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	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0,4	0,6	0,7	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9
2	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9
3	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0
4	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1
5	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2
6	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4
7	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5
8	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6
9	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8
10	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9
11	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0
12	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2
13	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5
14	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7
15	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0
16	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3

Окончание таблицы 3.4

17	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5
18	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8
19	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1
20	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7
21	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1
22	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6
23	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2

В зависимости от класса точности Т устанавливают дополнительные припуски, учитывающие смещение поковки (табл. 3.5), изогнутость, отклонение от плоскостности и прямолинейности (табл. 3.6), отклонение межосевого расстояния (табл. 3.7).

Таблица 3.5 – Смещение по поверхности разъема штампов

Масса поковки, кг	Припуски для классов точности, мм									
	Плоская поверхность разъема (II)									
	1	2	3	4	5					
	Симметрично изогнутая поверхность разъема (II <sub>с</sub> )									
До 0,5 включ.						1	2	3	4	5
Св. 0,5 до 1,0		0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
Св. 1,0 до 1,8		0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3		0,4
Св. 1,8 до 3,2		0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5
Св. 3,2 до 5,6		0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6
Св. 5,6 до 10,0		0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7
Св. 10,0 до 20,0		0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,9
Св. 20,0 до 50,0		0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,9	1,2
Св. 50,0 до 125,0		0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,2	1,6
Св. 125,0 до 250	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,6	1,6	2,0

Таблица 3.6 – Изогнутость, отклонения от плоскостности и прямолинейности, мм

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

Таблица 3.7 – Отклонение межосевого расстояния, мм

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

Минимальная величина радиусов закруглений наружных углов поковок в зависимости от глубины полости ручья штампа устанавливается по табл. 3.8.

Таблица 3.8 – Числовые значения радиусов закруглений, мм

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

Допуски и отклонения линейных размеров поковок назначаются в зависимости от исходного индекса и размеров поковки по табл. 3.9.

Таблица 3.9 – Допуски и отклонения линейных размеров, мм

Исходный индекс	Наибольшая толщина поковки, мм					
	До 40		40 – 63		63 – 100	
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки, мм					
	До 40		40 – 100		100 – 160	
1	0,3	+0,2 -0,1	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2
2	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2
3	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2
4	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3
5	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3
6	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3

Окончание таблицы 3.9

7	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4
8	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5
9	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5
10	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7
11	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8
12	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9
13	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0
14	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1
15	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2
16	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3
17	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5
18	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7
19	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9
20	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1
21	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4
22	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7
23	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0

## Правила выполнения чертежей поковок

Чертеж поковки выполняется в соответствии с требованиями единой системы конструкторской документации ГОСТ 3.1126-88. Чертеж поковки разрабатывается в масштабе чертежа детали. Допускается на чертеже поковки наносить контур детали штрихпунктирной линией с двумя точками (рис. 3.4). Допускается на чертеже поковки указывать размеры детали, заключенные в круглые скобки. Расположение плоскости разъема формообразующих поверхностей штампа следует изображать штрихпунктирной линией, обозначенной на концах знаком X-X (рис. 3.4).

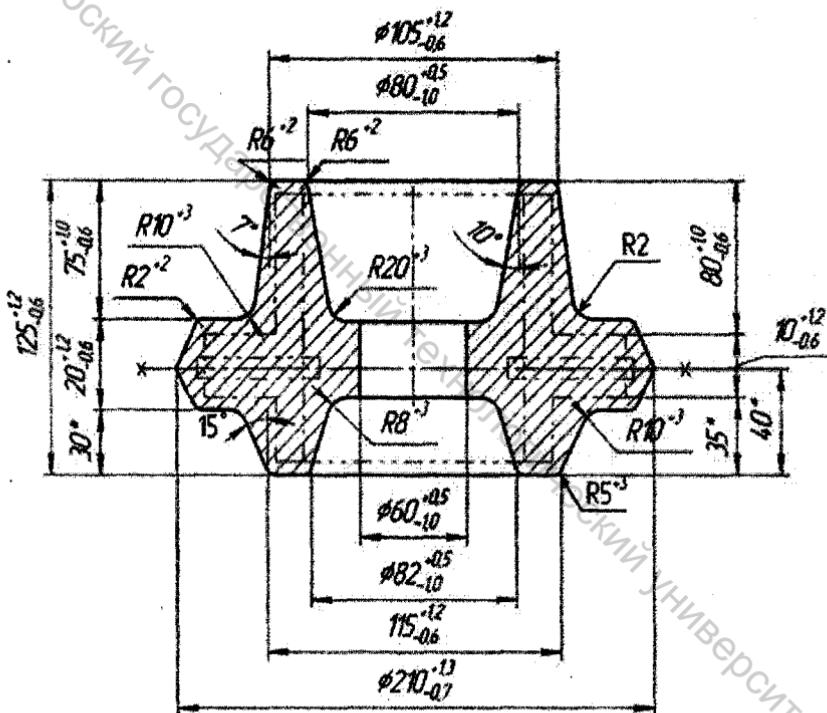


Рисунок 3.4 – Поковка втулки

### 3.2 Проектирование поковок, штампемых на молотах.

#### Задание 8

Цель задания — освоить методику и приобрести навыки проектирования поковок штампемых на молотах.

Содержание задания:

- изучить технологические и конструктивные особенности молотовых поковок;
- по варианту индивидуального задания оценить технологичность изделия, назначить размеры и выполнить чертеж поковки в соответствии с ЕСКД.

Конструкторско-технологические особенности поковок, штампемых на молотах

Выбор штамповочных уклонов.

Штамповочные уклоны различают в зависимости от воздействия металла поковки на стенки ручья штампа при его остывании. Если металл отходит от стенки при остывании поковки, то уклон называют внешним  $\alpha$ . Если металл прижимается к стенке ручья, то его называют внутренним  $\beta$  (рис. 3.1,б).

Двойные штамповочные уклоны (рис. 3.5) также могут быть как внешними, так и внутренними, они применимы главным образом на поковках, представляющих собой тела вращения. В некоторых случаях они могут быть применены и на поковках более сложной формы. Например, на отдельных участках коленчатых валов автомобильных двигателей, представляющих собой балансиры.

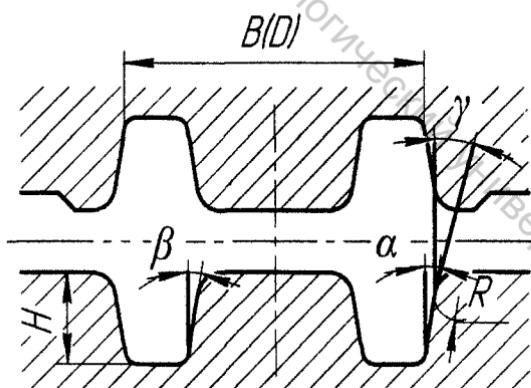


Рисунок 3.5 – Полость штампа с двойным штамповочным уклоном

Значения штамповочных уклонов в зависимости от соотношения габаритных размеров поковок приведены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Числовые значения штамповочных уклонов

Отношение $h/B$ или $H/D$	Штамповочные уклоны			
	обычные одинарные		двойные	
	наружные $\alpha^\circ$	внутренние $\beta^\circ$	основные $\alpha^\circ$	входные $\gamma^\circ$
1	2	3	4	5
Св. 0,5 до 1,0	5	7	3	7
Св. 1,0 до 2,5	7	10	3	7
Св. 2,5 до 4,0	7	10	3	7
Св. 4,0 до 5,5	7	12	5	10
Св. 5,5	10	15	5	12

При использовании таблицы 3.10 нужно учитывать следующие обстоятельства:

- если в отдельных местах поковки получаются различные штамповочные уклоны, то их надо унифицировать, приняв большее значение;
- если заполнение ручья штампа осуществляется за счет осадки заготовки, то штамповочные уклоны можно уменьшить до ближайшего меньшего значения.

Радиусы переходов и закруглений (рис. 3.6) назначаются в зависимости от отношения  $h/b$  – высоты элемента поковки  $h$  к ширине поковки  $b$  у искомого радиуса (табл.3.11).

Таблица 3.11 – Числовые значения радиусов закруглений (рис. 3.6)

$h/b$	$r$ при $h$				$R$ при $h$			
	до 25	24 - 45	46 - 80	81-100	до 25	24 - 45	46 - 80	81-100
1	2	3	4	5	6	7	8	9
До 2	1,5	2	3	4	5	8	12	15
Св.2 до 4	2	3	4	4,5	6	10	15	20
Св. 4	2,5	3,5	4,5	5	8	15	20	25

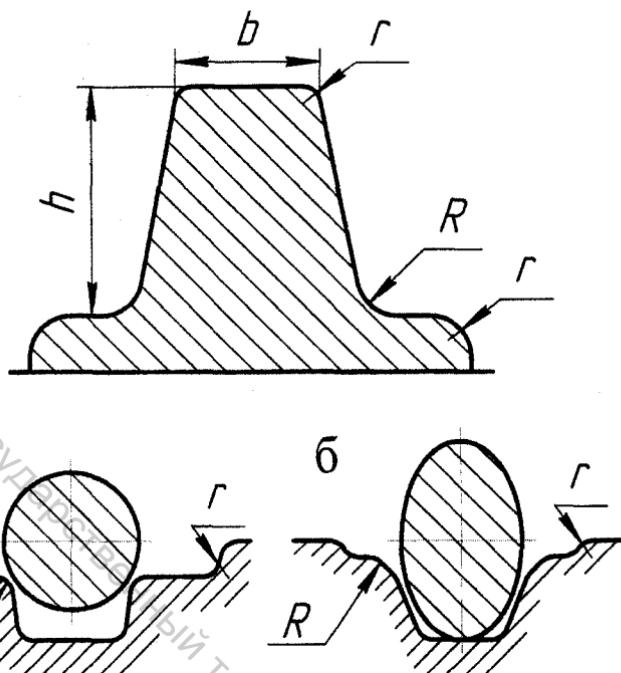


Рисунок 3.6 – Штамповка выдавливанием (а), осадкой (б)

#### Выбор радиусов закругления

- радиусы закруглений  $r$ , меньшие величины припуска, округляют до величины припуска;
- при значении радиуса  $r$ , большем величины припуска, последний увеличивают до величины радиуса;
- если на чертеже готовой детали величины  $r$  и  $R$  больше получаемых по табл. 3.11, то их следует принимать по чертежу детали;
- следует принимать значения  $r$  и  $R$  по табл. 3.11, если они больше соответствующих размеров на чертеже готовой детали;
- при штамповке высоколегированных сталей (30ХГСА, 24Х2МФА, 40ХНМА, 25ХНВА и др.) значения  $r$  и  $R$  принимают на 20 – 30 % больше табличных.

## Полости и наметки отверстий

При штамповке поковок с глухими отверстиями необходимо стремиться получить углубления максимального объема, что приводит к экономии металла и уменьшению механической обработки.

Неглубокая полость может быть образована тем легче, чем больше диаметр этой полости. Вследствие малой стойкости штамповочных знаков полости диаметром менее 30 мм не выполняются. При большой высоте поковок ограничиваются получением лишь глубоких отверстий (наметок) без последующей просечки отверстий. Верхняя наметка полости выполняется из условия получения глубины, равной двум диаметрам. Высота нижней наметки полости меньше верхней, так как стойкость нижнего знака меньше верхнего (из-за большего его разогрева). Чтобы обеспечить устойчивость заготовки при закладывании ее в ручей, нижний знак должен быть невысоким. При штамповке поковок с наметкой отверстий приходится считаться с тем, что слишком толстые пленки (перемычки) тяжело срезать, а чрезмерно тонкие пленки нецелесообразны по затрате энергии, а также из-за снижения стойкости штамповочных знаков. Если пленка получается большого диаметра и небольшой толщины, то для ее образования требуется затратить много энергии. В этом случае на первой стадии штамповки в черновом ручье целесообразно получать пленку между знаками с большими радиусами закруглений.

При штамповке в чистовом ручье применяются такие знаки, которые образуют в середине пленки магазин (карман). Металл с утолщенных мест пленки вытесняется в него, а сама пленка легко удаляется.

В зависимости от формы и размеров применяют пять типов наметок: с плоской пленкой, с раскосом, с магазином, с карманом, глухую (рис. 3.7).

При конструировании плоской наметки (рис. 3.7 а) большое значение имеет правильный выбор толщины пленки  $s$ . При штамповке в зоне пленки происходит осадка с боковым подпором. Давление на выступах, образующих пленку, зависит от отношения диаметра пленки к ее толщине. При малой толщине пленки давление велико и выступы штампа, образующие наметку, могут быть подвергнуты деформации. Возможность деформации усугубляется еще и тем, что при малой толщине пленка быстро остывает, а это еще больше увеличивает давление на выступы. Причем выступы, окруженные раскаленным металлом, быстро нагреваются, а их твердость и прочность снижается. При деформации выступов возможно застrevание поковки в штампе.

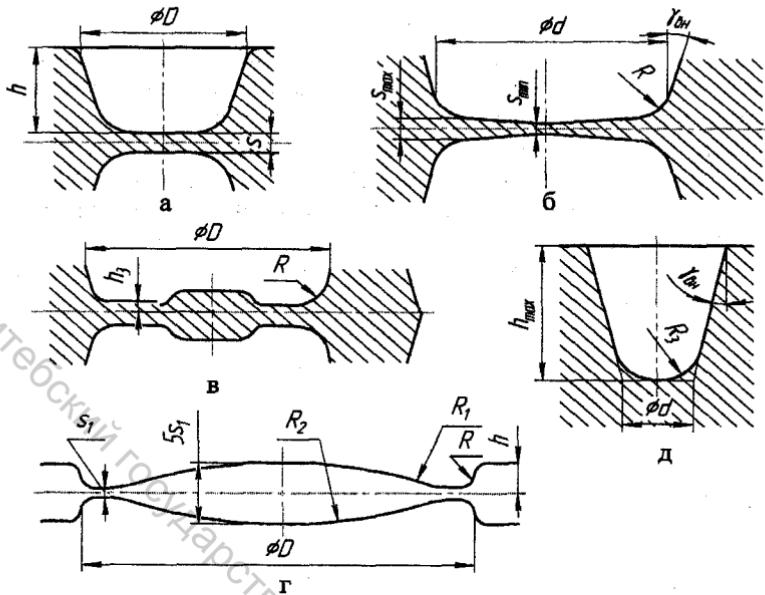


Рисунок 3.7 – Наметки молотовых поковок:

а – плоская; б – с раскосом; в – с магазином; г – с карманом;  
д – глухая

Вместе с тем при большой толщине пленки требуются повышенные усилия для ее последующей прошивки, которые могут значительно деформировать поковку и затруднить прошивку. Поэтому необходимо, чтобы толщина стенки  $s$  для определенных условий была оптимальной. Практически установлено, что отношение  $s/D = 0,1$  или  $S > 0,1D$ , но менее 4 мм.

Плоскую наметку выполняют при  $D < 80$ мм. При использовании предварительного ручья плоскую наметку применяют при  $D < 55$ мм. Для  $D > 80$ мм. при отсутствии предварительного ручья и для наметок в предварительном ручье любых диаметров применяют наметку с раскосом, облегчающим течение металла (рис. 3.7, б). Предварительно рассчитывают  $s$  как для плоской наметки, а  $s_{max} = 1,35s$  и  $s_{min} = 0,65s$ .

Наметку с магазином (рис. 3.7 в) применяют при  $D > 55$  мм при наличии предварительного ручья, в котором выполняют наметку с раскосом. В наметке с магазином уменьшается толщина пленки до  $h_1$ , что облегчает ее срез. При штамповке в месте образования пленки не возникает повышенных давлений, так как металл вытесняется в полость магазина.

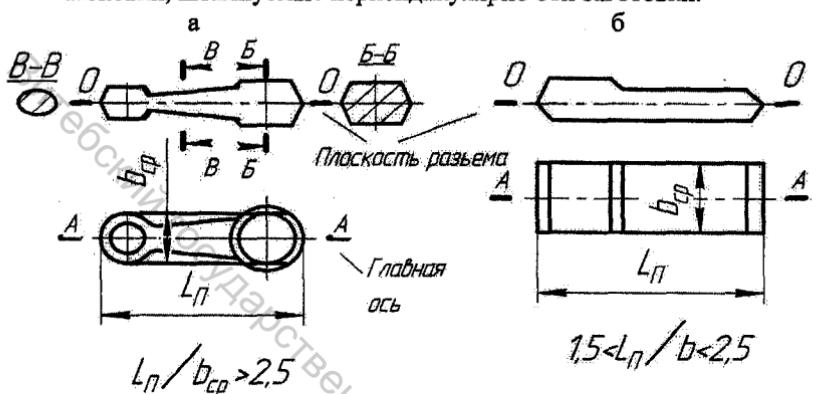
Наметку с карманом (рис. 3.7 г) применяют при  $D > 150$  мм и для низких поковок со сравнительно малым отношением  $h/D$  ( $< 0,07$ ). Толщина пленки в месте среза при прошивке  $s_1 = 0,4\sqrt{D}$ . Наметку с

карманом применяют в основном при штамповке в окончательном ручье предварительно осаженных плоских заготовок.

Глухую наметку (рис. 3.7 д) выполняют для экономии металла, когда ее глубина  $h_{max}$  и радиусы  $R_3$  относительно большие, в результате чего прошивка нецелесообразна, а отверстие в дальнейшем получают сверлением.

#### Типовые поковки, штампаемые на молотах

Поковки, штампаемые перпендикулярно оси заготовки.



#### Поковки, штампаемые вдоль оси заготовки

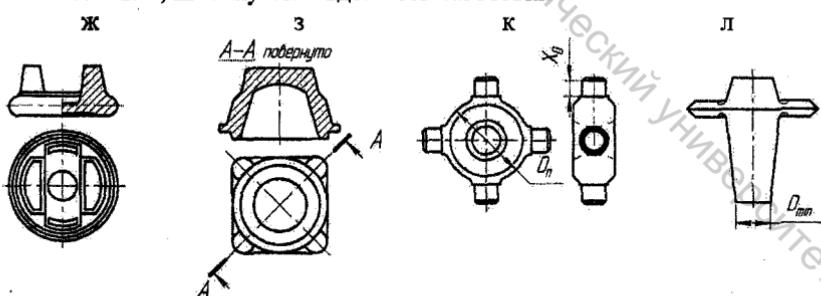


Рисунок 3.8 – Типовые поковки, изготавливаемые штамповкой на молотах: а, б – с плоской поверхностью разъема и прямой осью, в – удлиненные в плане с прямой осью, имеющие фланец; г – с изогнутой осью; д – с вытянутой осью; е – с развилиной; ж, з – круглые или квадратные, штампаемые выдавливанием; к – с отростками; л – стержневые с фланцем

Пример расчета и выполнения чертежа молотовой поковки  
(ГОСТ 7505-89)

Деталь – рычаг (рис. 3.9)

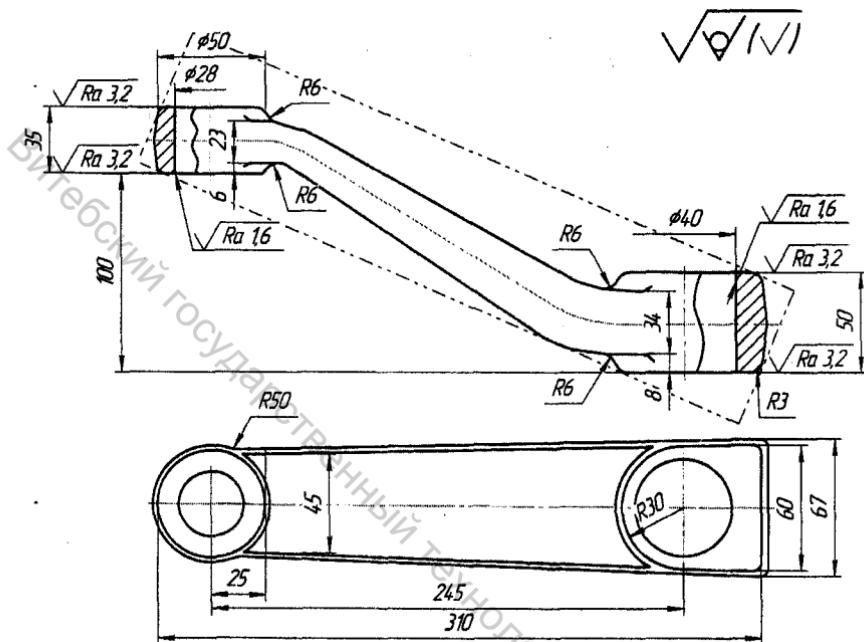


Рисунок 3.9 – Рычаг

Штамповочное оборудование – паровоздушный штамповочный молот.

Нагрев заготовок – пламенный газовый.

**Исходные данные по детали**

Материал – сталь 12Х2Н4А (по ГОСТ 4543): 0,09 – 0,15 % С; 0,17 – 0,3 % Si; 0,30 – 0,60 % Mn; 1,25 – 1,65 % Cr; 3,25 – 3,65 % Ni.

Масса детали – 3,30 кг.

**Исходные данные для расчета**

Масса поковки (расчетная) – 4,25 кг; расчетный коэффициент  $K_p = 1,3$  (табл. 3.2);  $3,30 \times 1,3 = 4,25$  кг.

Класс точности – Т5 (табл. 3.1).

Средняя массовая доля углерода в стали 12Х2Н4А: 0,12 % С; суммарная массовая доля легирующих элементов – 5,62 % (0,27 % Si; 0,45 % Mn; 1,45 % Cr; 3,45 % Ni); Группа стали – М3.

Степень сложности – С2 (рис. 3.2).

Размеры описывающей поковку фигуры (параллелепипед), мм:

длина 340 (определяется графически);

высота 67 (определяется графически);

ширина 67 (определяется по чертежу).

Масса описывающей фигуры (расчетная):

$$1,03^3 \times 34 \text{ см} \times 6,7 \text{ см} \times 6,7 \text{ см} \times 7,85 \text{ г/см}^3 = 12420 \text{ г} = 12,42 \text{ кг};$$

$$\frac{G_{\pi}}{G_{\phi}} = \frac{4,25}{13,06} = 0,325.$$

Конфигурация поверхности разъема штампа –  $I_n$  (изогнутая несимметрично) (табл. 3.6).

Исходный индекс – 16 (табл. 3.3)

Припуски и кузнецкие напуски

Основные припуски на размеры (табл. 3.4), мм:

- толщина 50 мм и шероховатость поверхности 3,2;
- толщина 35 мм и шероховатость поверхности 3,2;
- диаметр 40 мм и шероховатость поверхности 1,6;
- диаметр 28 мм и шероховатость поверхности 1,6.

Дополнительные припуски, учитывающие:

Смещение поковки по поверхности разъема штампа (табл. 3.5),

мм:

0,6 – диаметр 40;

0,6 – диаметр 28;

отклонение от прямолинейности (табл. 3.6), мм:

0,8 – толщина 50;

0,8 – толщина 35;

отклонение межцентрового расстояния на размер 245 мм – 1,2 мм.

Штамповочный уклон (табл. 3.10):

на наружной поверхности – не более  $7^\circ$  применяется  $7^\circ$ ;

на внутренней поверхности – не более  $10^\circ$  применяется  $10^\circ$ .

Размеры поковки и их допускаемые отклонения.

Размеры поковки, мм:

толщина  $50 + (2,7 + 0,8) \times 2 = 57$  принимается 57;

толщина  $35 + (2,5 + 0,8) \times 2 = 41,6$  принимаем 41,5;

диаметр  $40 - (2,5 + 0,6 + 1,2) \times 2 = 31,4$  принимается 31;

диаметр  $28 - (2,3 + 0,6 + 1,2) \times 2 = 19,4$  принимается 19,5;

высота  $100 + (2,7 - 2,5) = 100,2$  принимается 100.

Радиусы закруглений наружных углов для глубины ручья 10 – 25 мм – 2,0 мм.

Допускаемые отклонения размеров (табл. 3.9), мм:

толщина  $57^{+2,4}_{-1,2}$ ; толщина  $41,5^{+2,4}_{-1,2}$ ; ширина  $60^{+2,4}_{-1,2}$ ;

ширина  $50^{+2,4}_{-1,2}$ ;

высота  $100_{-1,3}^{+2,7}$ ; длина  $310_{-1,9}^{+3,7}$ ; диаметр  $31,5_{-2,1}^{+1,1}$ ; диаметр  $19,5_{-2,1}^{+1,1}$ .

Допускаемая величина смещения по поверхности разъема штампа 1,2 мм.

Допускаемое отклонение от плоскостности и прямолинейности 1,6 мм.

Допускаемая величина остаточного облоя или срезанной кромки 1,6 мм.

Допускаемое отклонение межцентрового расстояния  $\pm 1,2$  мм.

Поковка рычага представлена на рис. 3.10.

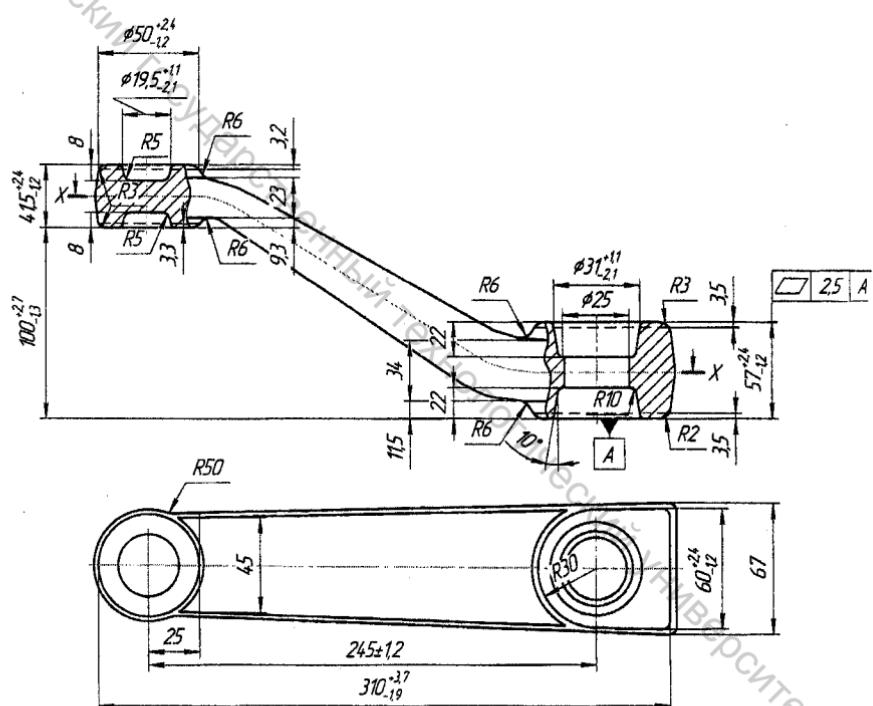
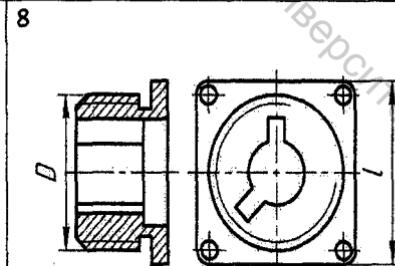
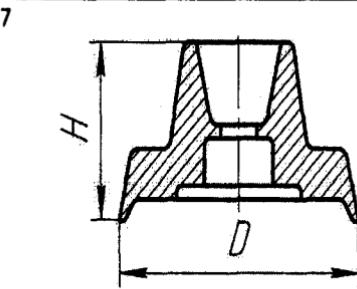
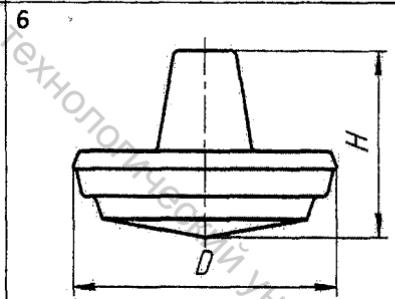
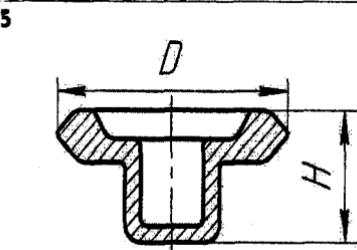
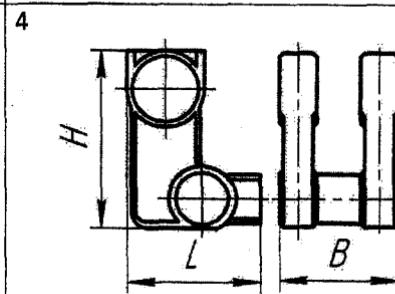
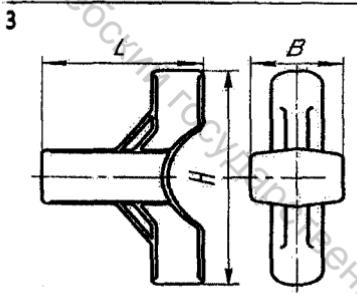
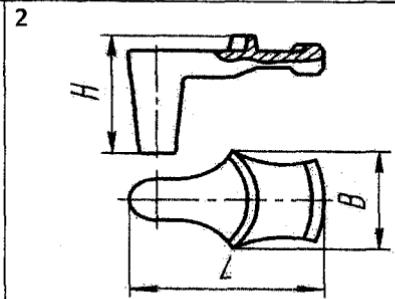
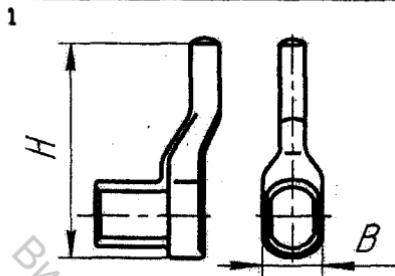
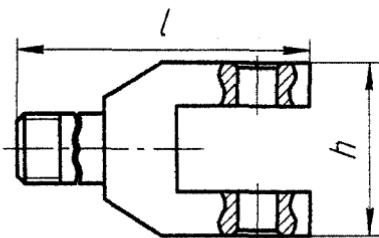


Рисунок 3.10 – Поковка рычага

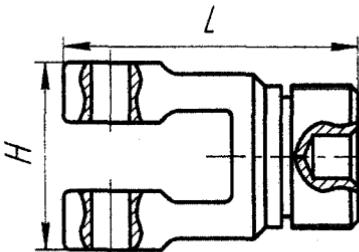
Варианты к заданию 8



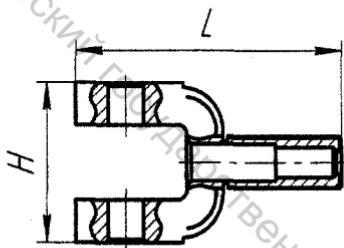
9



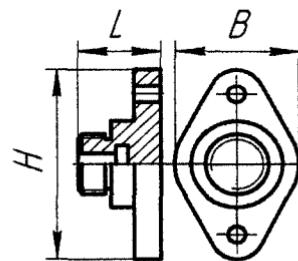
10



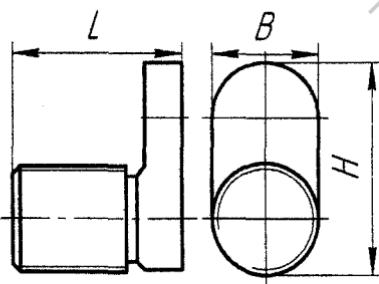
11



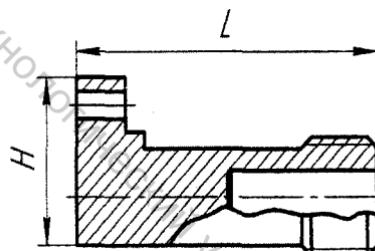
12



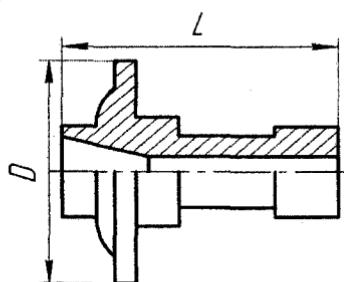
13



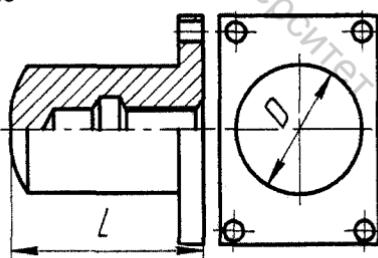
14



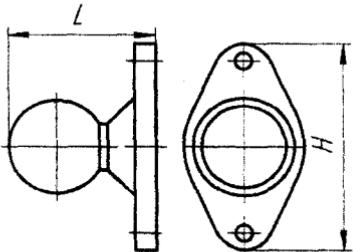
15



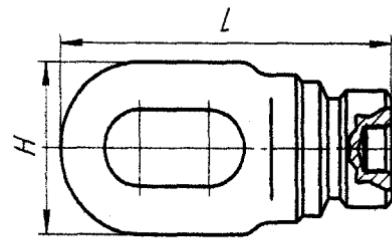
16



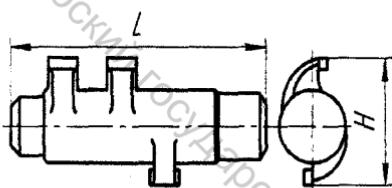
17



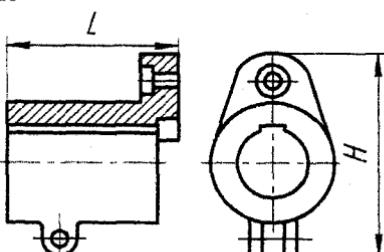
18



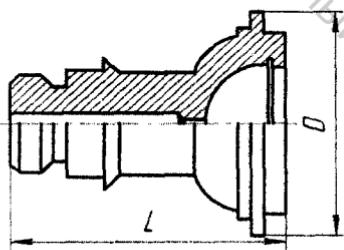
19



20



21



№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>L</i> , мм	55	40	30			30	35	60	55	70	
<i>B</i> , мм	20	20	25	30							
<i>H</i> , мм	75	30	50	40	20	40			35	30	40
<i>D</i> , мм					40	50	35	25			
№	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
<i>L</i> , мм	20	30	60	60	50	55	70	60	40	70	
<i>B</i> , мм	30	25									
<i>H</i> , мм	45	50	30			55	30	35	45		
<i>D</i> , мм				45	25					45	

### 3.3 Проектирование поковок, штампемых на высокоскоростных молотах. Задание 9

Цель задания — освоить методику и приобрести навыки проектирования поковок, штампемых на высокоскоростных молотах.

Содержание задания:

- изучить конструктивно-технологические особенности поковок, штампемых на высокоскоростных молотах.

- по варианту индивидуального задания оценить технологичность изделия, назначить размеры и выполнить чертеж поковки в соответствии с ЕСКД.

#### Конструктивно-технологические особенности поковок

Технологические особенности высокоскоростных молотов следующие: наличие нижнего выталкивателя; минимальная скорость удара 12 м/с; минимальный рабочий ход при максимальной энергии удара 160 кДж 3 – 5 мм; отклонение величины энергии последовательных ударов составляет не более 2 – 5 % от номинального значения; рабочие циклы составляют 5 – 15 с. Поковки, как правило, штампуют за один удар. Металл соприкасается с пuhanсоном и матрицей весьма малое время. Передача тепла от заготовки к штампу незначительна. Кроме того, потери тепла компенсируются теплом, выделяемым при деформации.

Получаемые при высокоскоростной штамповке поковки имеют мелкозернистую равноосную структуру, что обеспечивает их более высокие механические свойства (на 10 – 15 % и выше), чем у поковок, изготовленных на паровоздушных молотах. Одноударная штамповка на высокоскоростных молотах позволяет деформировать металл с высокими степенями, превышающими 30 %. Время рекристаллизации незначительно, поэтому обеспечивается фиксация структуры поковки.

Высокоскоростные молоты широко используются при штамповке труднодеформируемых металлов и сплавов, в основном для изготовления осесимметричных поковок. Основным критерием целесообразности получения поковок на высокоскоростных молотах является во многих случаях невозможность получения их на обычном оборудовании из-за наличия у поковки тонких ребер, стенок, полотен, малых радиусов закруглений и штамповочных уклонов.

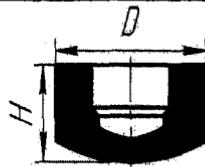
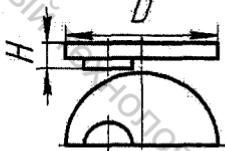
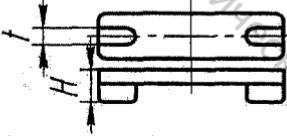
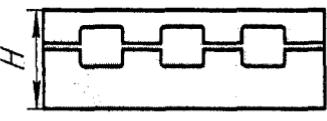
В ряде случаев высокоскоростная штамповка является единственным способом, обеспечивающим получение специальных поковок из труднодеформируемых материалов.

Размеры и формы поковок, рекомендуемых для штамповки на высокоскоростных молотах, приведены в таблицах 3.12 и 3.13, 3.14, 3.15.

Таблица 3.12 – Поковки, изготавляемые на высокоскоростных молотах в открытых штампах

Наименование поковки	Эскиз	Размеры поковок, мм, и их соотношение
Корпус		$D = 60 \dots 240$ $H = 82 \dots 187$ $D_1 = 70 \dots 220$ $D/H = 0,8 \dots 2,1$ $h = 40 \dots 100$
		$D = 100 \dots 160$ $H = 105 \dots 195$ $D_1 = 80 \dots 140$ $D/H = 0,8 \dots 1,6$ $h = 50 \dots 120$
Трубная доска		$D = 70 \dots 250$ $H = 20 \dots 100$ $D_1 = 55 \dots 235$ $D/H = 2,5 \dots 10$ $t = 6 \dots 50$
		$D = 70 \dots 254$ $H = 50 \dots 100$ $D_1 = 55 \dots 240$ $D/H = 1,4 \dots 2,5$ $h = 20 \dots 40$
Крышка полусфера		$A = 50 \dots 100$ $B = 150 \dots 300$ $B/A = 2 \dots 3$
		$D = 120 \dots 360$ $H = 65 \dots 180$ $D/H = 1,9 \dots 2,4$

Таблица 3.13 – Поковки, изготавляемые на высокоскоростных молотах в закрытых штампах

Наименование поковки	Эскиз	Размеры поковок, мм
Диски		$D = 65 \dots 310$ $H = 20 \dots 500$
Поршни		$D = 70 \dots 190$ $H = 98 \dots 140$
Накидные гайки		$D = 70 \dots 138$ $H = 50 \dots 90$
Крышки плоские с фланцем		$D = 112 \dots 240$ $H_{min} \geq 4$
Фитинги		$H_{min} \geq 3$ $t = 1,1 \dots 2,4$
Лопатки с закруткой		$H = 350$ $t = 1,1 \dots 2,4$
Составные панели		–

Окончание таблицы 3.13

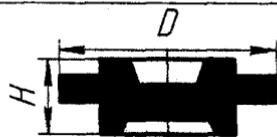
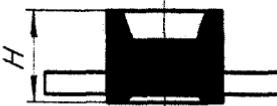
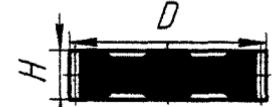
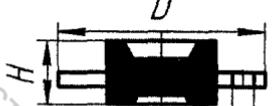
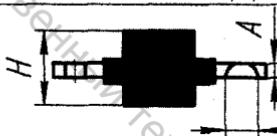
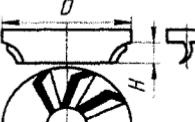
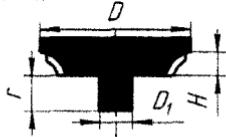
Фланец сложной формы		$D = 130 \dots 350$ $H = 80 \dots 150$
Групповая для лопаток		$H = 4 \dots 8$
Шестерни с зубом		$D = 60 \dots 210$ $H = 12 \dots 79$
Поковки с четырьмя и более боковыми отростками		$D \leq 300$ $H = 4 \dots 12$ $A \times B = 2 \times 4$
		$H = 6 \dots 10$ $A \times B = 1,5 \times 6$
Оевые турбинные колеса с лопатками		$D = 180 \dots 260$ $H = 31 \dots 59$
Оевые компрессорные колеса		$D = 260 \dots 320$ $H = 24 \dots 38$
Центробежные компрессорные колеса		$D = 68 \dots 156$ $H = 11 \dots 17$
		$D = 70 \dots 135$ $H = 5 \dots 19$
Колесо с валом		$D = 70 \dots 128$ $H = 7 \dots 13$ $r = 1,2 \dots 16$ $D_1 = 8 \dots 50$

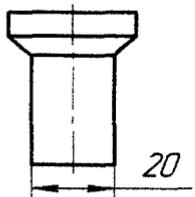
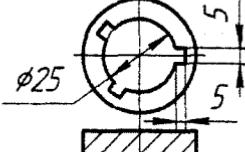
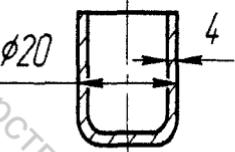
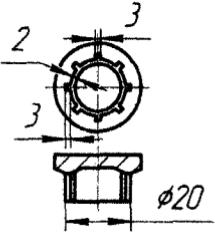
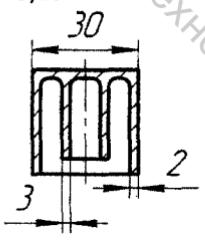
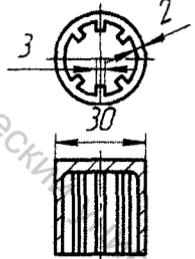
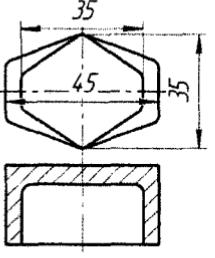
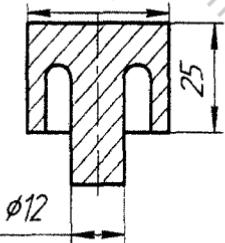
Таблица 3.14 – Конструктивные параметры ребер поковок, штампемых на высокоскоростных молотах

Минимальная толщина	Максимальное отношение высоты ребра и его толщины	Площадь поковки в плане, $\text{мм}^2$	Материал
<b>Алюминиевые сплавы</b>			
1,1	7,3	3846,0	АК4-1
1,2	47,5	20601,0	АК6
1,4	27,5	16733,0	Д20
1,5	9,7	6024,0	В95
1,5	30,6	22156,0	АК6
1,6	60,5	5720,0	АК4-1
1,9	10,5	38010,0	АК6
2,0	9,5	6949,0	В95
2,7	10,4	12467,0	АК6
<b>Медные сплавы</b>			
5,2	20,6	7825,0	БрАЖ9-4
6,1	19,3	6740,0	БрКН1-3
<b>Титановые сплавы</b>			
1,2	9,7	5049,0	ВТ6
4,0	12,0	18137,0	ВТ6
6,0	7,1	11304,0	ВТ22
<b>Стали</b>			
5,75	5,1	3801,0	12Х18Н9Т
6,25	5,6	6240,0	36НХТЮ
11,6	5,75	7800,0	12Х18Н9Т

Таблица 3.15 – Минимальные радиусы закруглений и галтелей

Материалы	Радиус, мм	
	Галтели	Закругления
Алюминиевые сплавы	1,5...2,0	0,3...0,5
Медные сплавы	1,2...3,0	0,8...1,2
Титановые сплавы	2,0...3,0	1,3...2,0
Стали	2,5...4,0	1,5...2,5

### Варианты к заданию 9

<p><b>Гладкие</b>          1) АК4-1          2) БрАЖ9-4  <b>Оребренные</b>          3) АК4-1          4) ВТ6</p>	<p>1, 2</p> 	<p>3, 4</p> 
<p><b>Гладкостенные</b>          5) АК6          6) ВТ2Г  <b>С наружными</b>  <b>ребрами</b>          7) Д20          8) ВТ6</p>	<p>5, 6</p> 	<p>7, 8</p> 
<p><b>С двойной</b>  <b>стенкой</b>          9) 36НХТЮ          10) АК6  <b>С внутренними</b>  <b>ребрами</b>          11) 12Х18Н9Т          12) В95</p>	<p>9, 10</p> 	<p>11, 12</p> 
<p><b>Разностенные</b>          13) АК4-1          14) ВТ22  <b>С центральным</b>  <b>Стержнем</b>          15) 36НХТЮ          16) БРАЖ9-4</p>	<p>13, 14</p> 	<p>15, 16</p> 

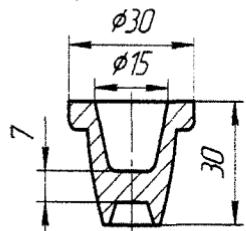
17) B95

18) БрАЖ9-4

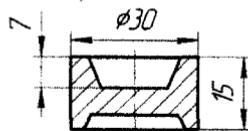
19) 12Х18Н9Т

20) ВТ22

17,18



19,20



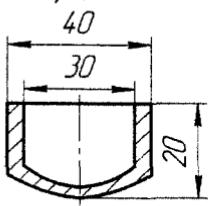
21) 12Х18Н9Т

22) БрКН 1-3

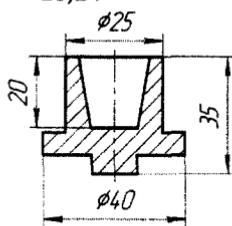
23) 36НХТЮ

24) БРАЖ9-4

21,22



23,24



### 3.4 Проектирование поковок, штампемых на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП). Задание 10

Цель задания — освоить методику и приобрести навыки проектирования поковок, штампемых на КГШП.

Содержание задания:

- изучить конструктивно-технологические особенности поковок, штампемых на КГШП.

- по варианту индивидуального задания оценить технологичность изделия, назначить размеры и выполнить чертеж поковки в соответствии с ЕСКД.

#### Конструкторско-технологические особенности штамповки на КГШП

Штамповка на КГШП, в отличие от штамповки на молотах, имеет следующие преимущества:

- повышенная точность размеров по высоте поковки вследствие постоянства хода и определенности нижнего положения ползуна пресса;

- увеличенный коэффициент использования металла благодаря более совершенной конструкции штампов, снабженных верхним и нижним выталкивателями, что позволяет уменьшить штамповочные уклоны, припуски и допуски;

- улучшение условий труда вследствие меньших шумовых эффектов, вибрации и сотрясения почвы;

- более высокий (в 2 – 4 раза) КПД пресса по сравнению с молотом.

Кинематика КГШП обеспечивает жесткую связь между приводом и ползуном. При подходе шатуна к крайнему нижнему положению усилие на ползуне резко возрастает. Рост усилий ведет к увеличению деформации деталей пресса. При значительной перегрузке, например резком охлаждении облоя, ползун КГШП, не доходя до нижнего положения, останавливается, и пресс может заклиниться. Поэтому при штамповке на КГШП предусматривают облой, толщина которого больше, чем толщина облоя при многоударной штамповке на молоте.

Наличие более толстого, а, следовательно, и более горячего облоя приводит к уменьшению подпора в полости штампа, большему выдавливанию металла из полости и к худшему заполнению гравюры ручьев. В результате при одинаковой суммарной деформации штамповка на КГШП выполняется с использованием большего числа ручьев, чем при штамповке на молотах.

Более сильное течение металла в стороны при штамповке на КГШП по сравнению со штамповкой на молотах связано с меньшими скоростями деформирования на КГШП. Удар молота длится 0,005 – 0,01 с, а продолжительность единичного обжатия в каждом ручье пресса составляет 0,03 – 0,08 с.

Предотвращение образования большого облоя в прессовом штампе и снижение скорости истечения металла в стороны осуществляется путем увеличения числа ручьев для постепенного приближения формы заготовки и формы поковки. Поковки, штампаемые на молоте за один переход, рекомендуется штамповать на прессе за два или несколько переходов.

### Назначение уклонов

Если штамповку осуществляют одновременно осадкой и выдавливанием, то штамповочные уклоны на разных участках следует назначать раздельно с учетом характера течения металла.

Таблица 3.16 – Штамповочные уклоны на поковках, изготавливаемых на прессах

Штамповочные уклоны	Поковки тел вращения			Поковки сложной (удлиненной) формы	
	Осадка	Выдавливание	Осадка и выдавливание	Осадка	Осадка и выдавливание
Внешние $\alpha^0$	1 – 2	3 – 5	3 – 5	3 – 5	5 – 7
Внутренние $\beta^0$	2 – 3	5 – 7	5 – 7	5 – 7	5 – 7

Если полости ручья очень глубокие и узкие, рекомендуется применять двойные штамповочные уклоны (рис. 3.11), которые предохраняют кромки ручья от подсаживания (табл.3.17).

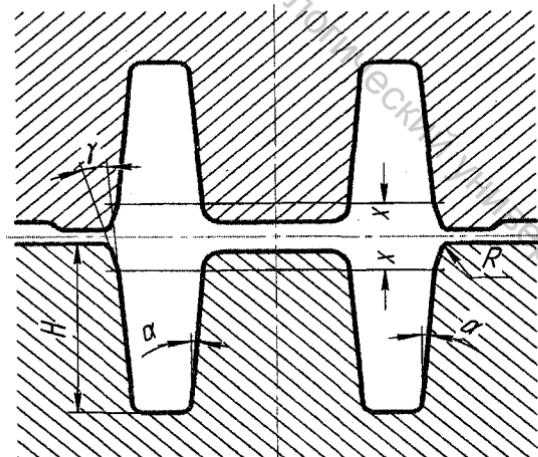


Рисунок 3.11 – Полость штампа с двойным штамповочным ручьем

Таблица 3.17 – Двойные штамповочные уклоны ручья на поковках с высокими ребрами и ступицами (рис. 3.11)

Глубина $H$ ручья в мм	Расстояние $x$ в мм	Штамповочные уклоны	
		Основные $\alpha^0$	Входные $\gamma^0$
До 20	5	2	6
Св. 21 до 50	10	3	7
Св. 51 до 60	12	3	10
Св. 65	15	5	10

Для облегчения течения металла в полости ручья на поковках необходимы радиусы переходов  $R_B$  и  $R_H$  (рис. 3. 12), которые рекомендуется определять по эмпирической формуле:

$$R = k \cdot h. \quad (3.2)$$

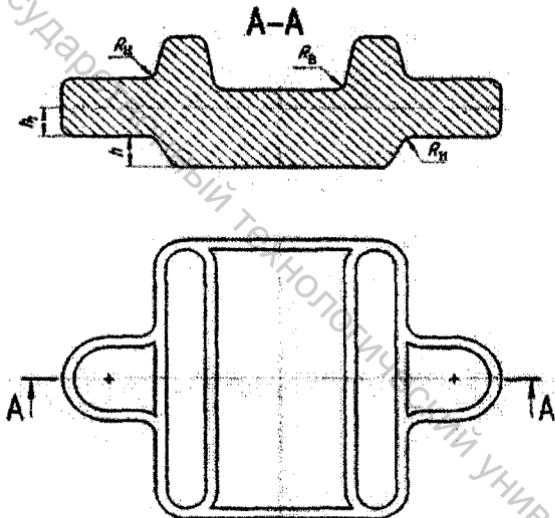


Рисунок 3.12 – Поковка вытянутой формы

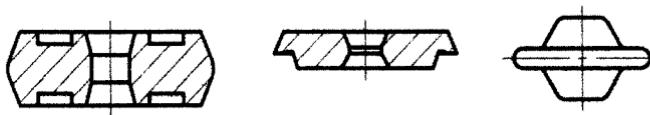
Таблица 3.18 – Значение коэффициента  $k$

$\frac{h}{b}$	$h$ , мм	$k$
До 1	До 12	0,15
Св. 1 до 2	Св. 12 до 24	0,2
Св. 2 до 3	Св. 24 до 40	0,25
Св. 3	Св. 40	0,3

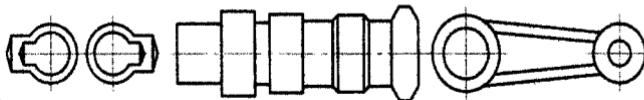
Обозначения:  $b$  и  $h$  – ширина и глубина участков поковки, мм

Типовые поковки, штампаемые на КГШП, представлены на рис. 3.13

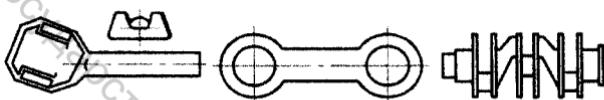
а)



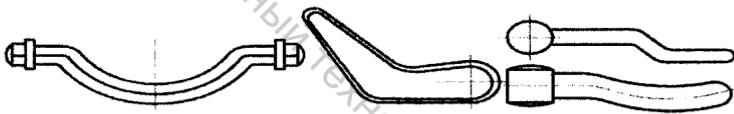
б)



в)



г)



д)

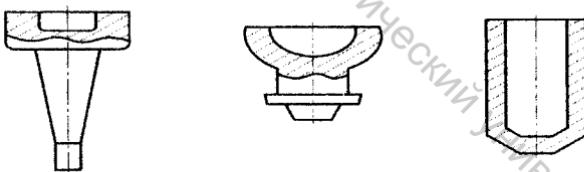


Рисунок 3.13 – Типовые поковки, штампаемые на КГШП:

а – осесимметричные, круглые или квадратные в плане, изготовленные осадкой с одновременным выдавливанием; б – поковки удлиненной формы с небольшой разницей площадей поперечных сечений; в – поковки удлиненной формы со значительной разницей в площадях поперечных сечений; г – поковки с изогнутой осью; д – поковки с удлиненной осью, получаемые осадкой и выдавливанием

## Пример выполнения чертежа поковки шестерни (ГОСТ 7505-89).

Чертеж шестерни представлен на рис. 3. 14.

### Исходные данные детали:

Материал – сталь 45ХН2МФА: 0,42 – 0,50 % C; 0,17 – 0,37 % Si; 0,5 – 0,8 % Mn; 0,8 – 1,1 % Cr; 1,3 – 1,8 % Ni; 0,2 – 0,3 % Mo; 0,10 – 0,18 % V.

Масса детали – 1,83 кг; масса поковки – 3,3 кг (расчетная): расчетный коэффициент  $K_p = 1,8$  (табл. 3.2)  $1,83 \cdot 1,8 = 3,3$  кг.

Класс точности – Т3. Группа стали – М2. Средняя массовая доля углерода в стали 45ХН2МФА – 0,46 %С; суммарная массовая доля легирующих элементов – 3,81 % (0,27% Si; 0,05 % Mn; 0,95 % Cr; 1,55 % Ni; 0,25 % Mo; 0,14 % V).

Фигура, в которую вписывается форма поковки — цилиндр, мм: диаметр 134,2 (127,8×1,05); высота 41 (39×1,05) (где 1,05 — коэффициент).

Масса описывающей фигуры (расчетная) – 4,55 кг;

✓✓✓✓✓

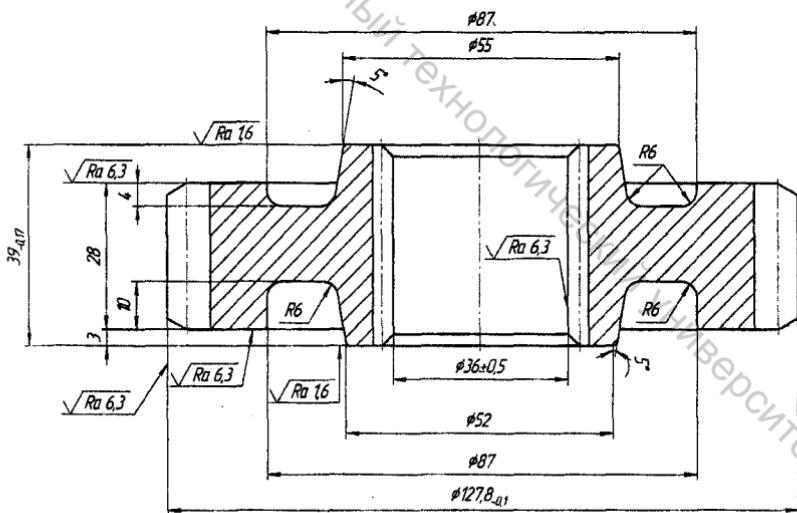


Рисунок 3.14 – Шестерня

### Степень сложности – С1.

### Конфигурация поверхности разъема штампа II (плоская).

Исходный индекс – 10 (табл. 3.3).

## Припуски и кузнечные напуски:

Основные припуски на размеры (табл. 3.4), мм:

1,6 – диаметр 127,8 мм и чистота поверхности 6,3;

1,4 – диаметр 36 мм и чистота поверхности 6,3;

1,5 – толщина 39 мм и чистота поверхности 1,6;

1.5 – толщина 28 мм и чистота поверхности 6.3:

#### **Дополнительные припуски, учитывающие:**

Смещение поверхности разъема штампа – 0,3 мм (табл. 3.5):

Отклонение от плоскостности = 0,3 мм (табл. 3.6).

### Штамповочный уклон:

на наружной поверхности – не более  $5^{\circ}$  принимается  $5^{\circ}$ :

на наружной поверхности – не более 5° принимается 5°, на внутренней поверхности – не более 7° принимается 7°.

Размеры поковки и их допускаемые отклонения (рис. 3.13).

#### Размеры поковки, мм:

диаметр 127.8 + (1.6 + 0.3) × 2 = 131.6 принимается 132:

диаметр 36 -  $(1.4 + 0.3) \times 2 = 32.6$  принимается 32;

толщина  $39 + (1.5 + 0.3) \times 2 = 42.6$  принимаем 42.5:

толщина 28+(1.5+0.3)×2 = 31.6 принимаем 31.5.

Радиусы закругления наружных углов – 2,0 мм (минимальный) принимается 3,0 мм (табл. 3.8).

**Допускаемые отклонения размеров (табл. 3.9), мм:**

Диаметр 132<sup>+1,3</sup><sub>-0,7</sub>; Диаметр 32<sup>+0,5</sup><sub>-0,9</sub>; Толщина 42,5<sup>+1,1</sup><sub>-0,5</sub>; Толщина 31,5<sup>+1,1</sup><sub>-0,5</sub>.

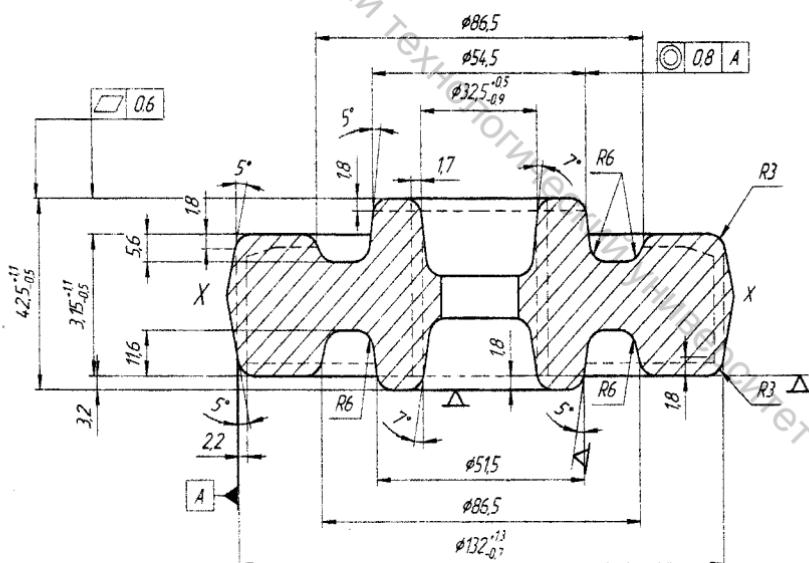
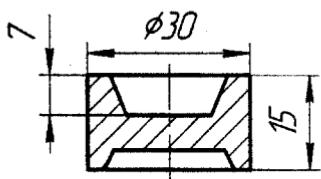


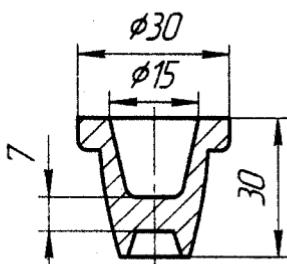
Рисунок 3.15 – Поковка шестерни

### Варианты к заданию 10

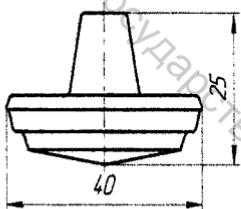
1



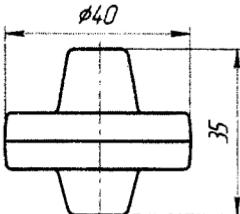
2



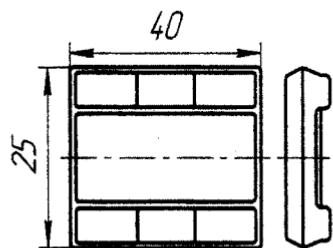
3



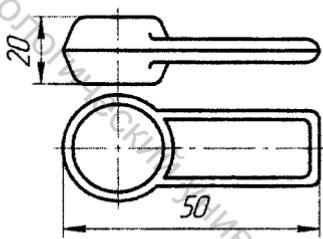
4



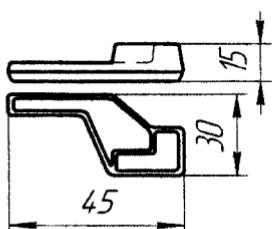
5



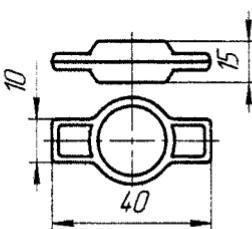
6



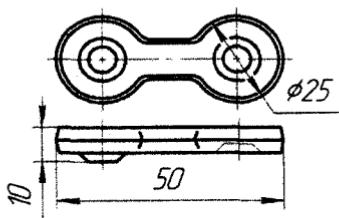
7



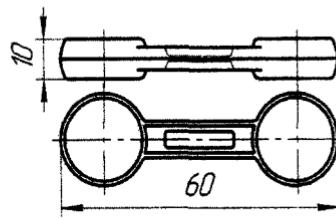
8



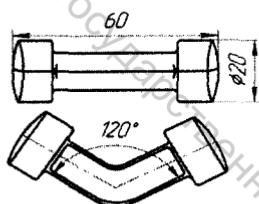
9



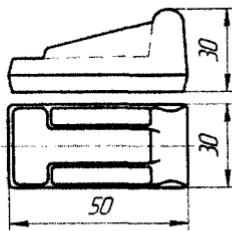
10



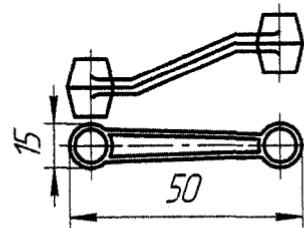
11



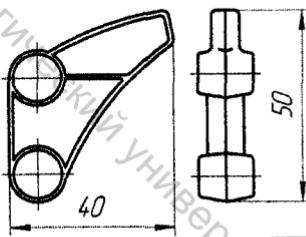
12



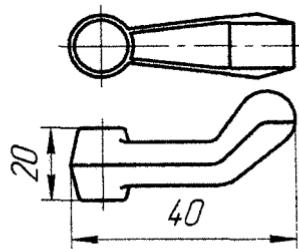
13



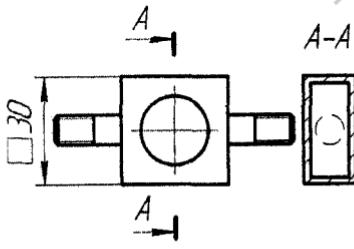
14

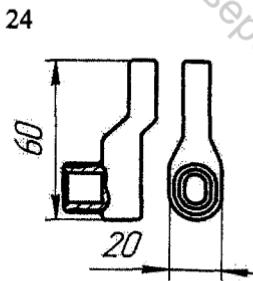
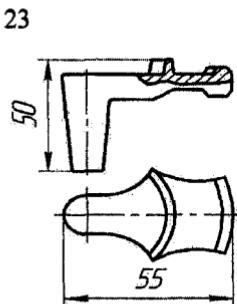
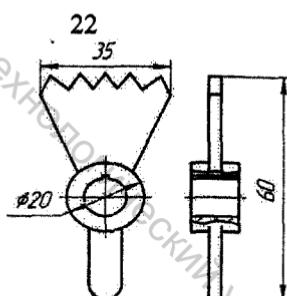
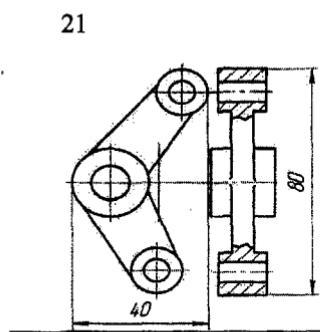
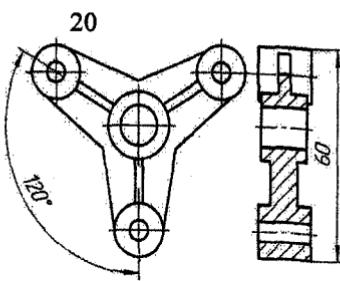
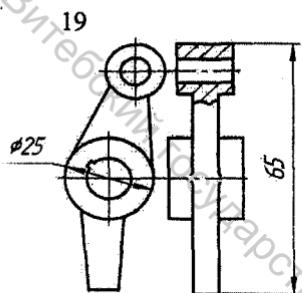
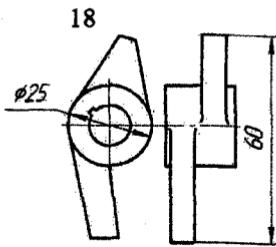
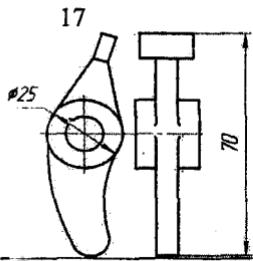


15



16





### 3.5 Проектирование поковок, штампемых на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ). Задание 11

Цель задания — освоить методику и приобрести навыки проектирования поковок, штампемых на ГКМ.

Содержание задания:

- изучить конструктивно-технологические особенности поковок, штампемых на ГКМ.
- по варианту индивидуального задания оценить технологичность изделия, назначить размеры и выполнить чертеж поковки в соответствии с ЕСКД.

#### Технологические и конструктивные особенности поковок

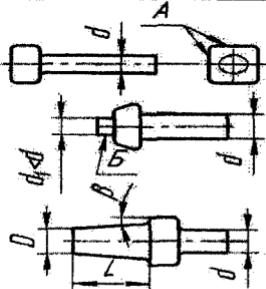
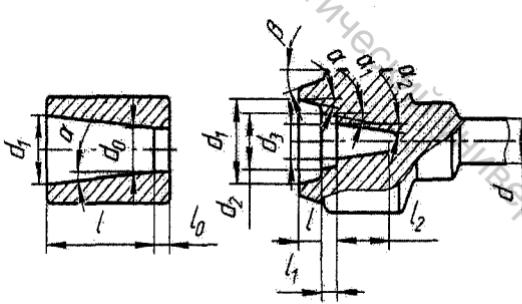
Горизонтально-ковочные машины представляют разновидность кривошипных прессов, у которых предусмотрено два ползуна: главный и зажимной. Перемещение обоих ползунов осуществляется в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Наличие двух взаимно перпендикулярных плоскостей разъема штампов позволяет применять закрытую штамповку и получать такие поковки, которые невозможно получать при штамповке с одной плоскостью разъема, например поковки со сквозным отверстием, с глубокой глухой полостью, со стержнем, с утолщением и др.

**Припуски и допуски** определяют в соответствии с ГОСТ 7505-89, учитывая ориентировочное превышение массы поковки по сравнению с массой упрощенного готового изделия. Если все элементы готового изделия выполняют штамповкой, то превышение массы поковки устанавливают по отношению к массе готового изделия. В массу поковки входит масса той ее части, которая не подвергается деформации, а также масса облоя.

**Штамповочные уклоны** поверхностей поковок, параллельных и перпендикулярных перемещению главного ползуна, определяются по таблице 3.19.

Таблица 3.19 – Штамповочные уклоны поковок, изготавливаемых на ГКМ

Поверхности поковки	Штамповочные уклоны, эскизы поковок, пояснения к выбору уклонов					
I. Поверхности поковок, параллельные передвижению ползуна						
Наружные, в том числе оформляемые в матрицах выдавливанием в пuhanсоне					<p>Поверхности <i>A</i> и <i>B</i> выполняют без штамповочных уклонов Угол <math>\beta</math> зависит от отношения <math>L/D</math></p>	
	$L/D$	До 0,3	Св. 0,3 до 1,2	Св. 1,2 до 2,2	Св. 2,2 до 3,2	Св. 3,2 до 4,2
	$\beta$	0	15°	30°	45°	1°
Внутренние в сквозных и глухих полостях, выполняемых пuhanсоном	<p>Максимальное значение штамповочного уклона <math>\alpha_{max} \leq 3^\circ</math>; минимальное значение <math>\alpha</math> (<math>\alpha_1, \alpha_2</math>) зависит от отношения <math>l/d_1</math> (<math>l_1/d_2, l_2/d_3</math>)</p> 					
	$l/d_1$ ( $l_1/d_2, l_2/d_3$ )	До 0,5	Св. 0,5 до 1,5	Св. 1,5 до 2,5	Св. 2,5 до 3,5	Св. 3,5 до 4,5
	$\alpha$ ( $\alpha_1, \alpha_2$ )	0	15°	30°	45°	1°

Продолжение таблицы 3.19

Внутренние в сквозных и глухих полостях, выполняемых пuhanсоном	$l/d_1$ ( $l_1/d_2$ , $l_2/d_3$ )	Св. 4,5 до 5,5	Св. 5,5 до 6,5	Св. 6,5 до 7,5	Св. 7,5 до 8,5
	$\alpha$ ( $\alpha_1$ , $\alpha_2$ )	$1^{\circ}15'$	$1^{\circ}30'$	$1^{\circ}45'$	$2^{\circ}$
		Глубокие полости для уменьшения угла $\alpha$ разделяются по высоте на несколько участков			

II. Поверхности поковок, перпендикулярные перемещению ползуна

Штамповочные уклоны поверхностей ступенчатых поковок, оформляемых в матрицах

С внутренними уклонами						
	$h$ , мм	До 10	Св. 10 до 16	Св. 16 до 25	Св. 25 до 40	Св. 40
	$\gamma, \dots^{\circ}$	1	2	3	5	7

### Окончание таблицы 3.19

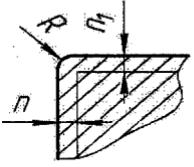
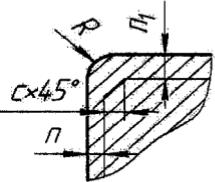
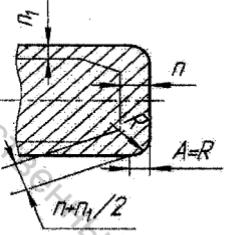
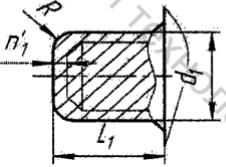
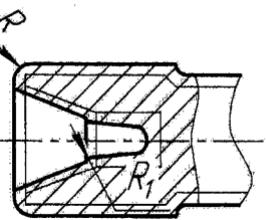
С внешними уклонами		Максимальное значение внешнего угла $\zeta_{max} \leq 5^\circ$ . Угол $\zeta$ можно выбрать в зависимости от $h$ , основываясь на данных для внутреннего угла $\gamma$ и с учетом того, что при равных значениях $h$ следует принимать $\zeta < \gamma$
С большими радиусами переходов		Штамповочные уклоны не требуются, если поверхность образована сопряжением двух радиусов $R$ и $r$

Радиусы закруглений внешних внутренних углов на наружном и внутреннем контурах поковки определяют по таблице 3.20.

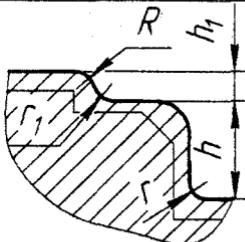
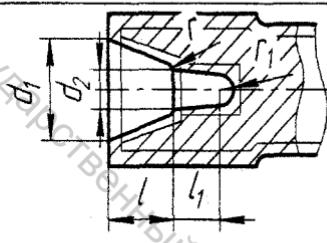
Таблица 3.20 – Радиусы закругления поковок, штампемых на ГКМ

Условия назначения радиуса закругления	Радиус закругления, эскиз элемента поковки, пояснение к выбору радиуса	
Радиусы $R$ закругления внешних углов поковок		
		Принимают по ГОСТ 7505-74 в зависимости от глубины полости $l$ и массы поковки
1. Наименьшее значение радиуса		При наличии заусенца на переднем торце поковки $R \geq 0$

Продолжение таблицы 3.20

<p>2. По наружному контуру поковки есть припуск на обработку резанием</p>	<p>При наличии на детали острой кромки</p>  $R = (n + n_1)/2,$ <p>где <math>n</math> и <math>n_1</math> – размеры, мм</p>	<p>При наличии на детали фаски по углом <math>45^\circ</math></p>  $R = (n + n_1)/2 + c,$ <p>где <math>c</math> – размер фаски, мм</p>
	 $A=R$ $P=P_1/2$	<p>Если угол фаски не равен <math>45^\circ</math>, отрезок <math>a = R</math> находит графически из условия, что минимальное расстояние от фаски до дуги, образуемой радиусом, больше или равно <math>(n + n_1)/2</math></p>
<p>3. Для элементов поковки, получаемых выдавливанием</p>	 $R = 0,1L_1 + d_1/2$ <p>При <math>R &gt; (n + n_1)/2</math> припуск по торцу увеличивают до <math>P_1</math>, чтобы получить нормальный припуск по углу</p>	
<p>4. На внутреннем контуре поковки</p>		<p>Определяют так же, как и радиус <math>R</math> на внешнем контуре поковки</p>

Окончание таблицы 3.20

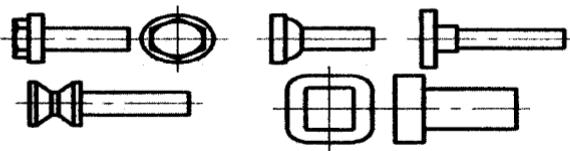
Радиусы $r$ закругления внутренних углов поковок		
На наружном контуре поковки		<p>Принимают в зависимости от бурта <math>h</math>;  <math display="block">R = 0,2h + 1</math></p> <p>Если <math>r + R &gt; h</math>, то <math>r</math> определяют из условия плавного сопряжения</p>
На внутреннем контуре поковки		<p>Принимают в зависимости от <math>d_1</math>; <math>d_2</math>; <math>l</math> и <math>l_1</math>; <math>r = 0,07(d_1 + l)</math>;</p> <p>или <math>r_1 = 0,07(d_2 + l_1)</math>,</p> <p>но <math>r \geq 1,5</math>мм</p>

Примечание. 1. Рассчитанные по указанным рекомендациям радиусы  $R$  и  $r$  следует округлять до ближайшего большего значения из следующего ряда: 0,8; 1,0; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 6; 8; 10; 12; 15; 20; 25 мм.

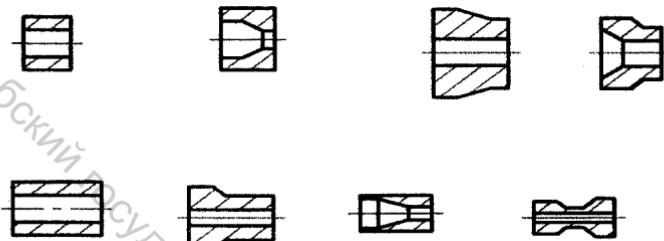
2. Введение фасок на внешних и внутренних кромках детали расширяет возможность применения больших радиусов закругления и допусков на них, что повышает технологичность конструкции поковки.

На рис. 3.16 представлены типовые поковки, изготавляемые штамповкой на горизонтально-ковочных машинах.

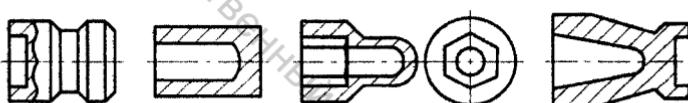
а



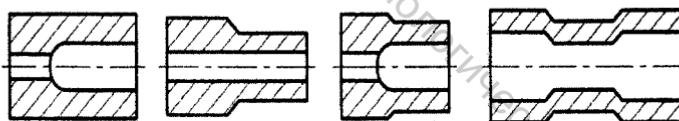
б



в



г



д

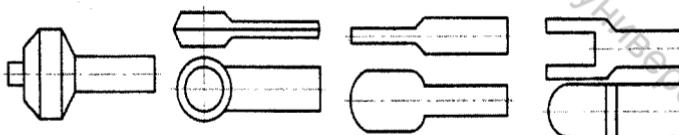


Рисунок 3.16 – Типовые поковки, изготавляемые на ГКМ:

а – поковки типа стержней с одним или несколькими утолщениями; б – кольца и втулки, прошиваемые с одной или двух сторон; в – поковки с глухими отверстиями; г – поковки, штампаемые из труб; д – поковки смешанной формы

**Пример расчета допусков, отклонений и припусков на поковках, штампаемых на ГКМ (ГОСТ 7505-89)**

Деталь – вал-шестерня (рис. 3.17).

Штамповочное оборудование – горизонтально-ковочная машина.

Количество переходов – 4.

1 Исходные данные детали

1.1 Материал – сталь 15ХГН2ТА (по ГОСТ 4543): 0,13-0,18 % C; 0,7-1,0 % Mn; 0,17-0,37 % Si; 0,7-1,0 % Cr; 1,4-1,8 % Ni; 0,03-0,09 % Ti.

1.2 Масса детали – 6,6 кг.

Масса деформируемой и зажимаемой частей – 5,2 кг.

$\sqrt{Ra} 12,5 (\checkmark)$

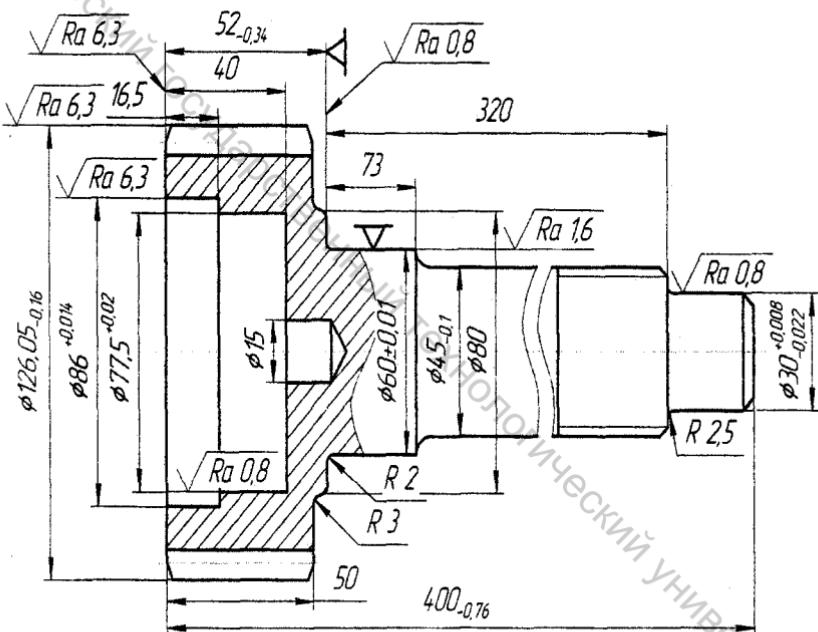


Рисунок 3.17 – Вал-шестерня

2 Исходные данные для расчета

2.1 Масса поковки (расчетная) – 7,8 кг;  
расчетный коэффициент  $K_p = 1,5$  (табл. 3.2)

$$5,2 \times 1,5 = 7,8 \text{ кг}$$

2.2 Класс точности – Т5 (табл. 3.1)

2.3 Группа стали – М2

Средняя массовая доля углерода в стали 15ХГН2ТА: 0,15 % С; суммарная массовая доля лигирующих элементов – 3,73 % (0,9 % Mn; 0,27 % S; 0,9 % Cr; 1,6 % Ni; 0,06 % Ti)

## 2.4 Степень сложности – С3

## 2.5 Конфигурация поверхности разъема штампа – П (плоская)

## 2.6 Исходный индекс – 17 (табл. 3.3)

## 3. Припуски и кузнечные напуски

### 3.1 Основные припуски на размеры:

3,0 – диаметр 126 мм и шероховатость поверхности 6,3;

2,7 – диаметр 86 мм и шероховатость поверхности 6,3;

2,7 – диаметр 60 мм и шероховатость поверхности 1,6;

2,2 – диаметр 45 мм и шероховатость поверхности 12,5;

3,0 – толщина 52 мм и шероховатость поверхности 6,3;

3,3 – толщина 52 мм и шероховатость поверхности 0,8;

3,0 – толщина 50 мм и шероховатость поверхности 6,3;

2,4 – толщина 50 мм и шероховатость поверхности 12,5;

3,0 – глубина 40 мм и шероховатость поверхности 6,3;

2,0 – глубина 40 мм и шероховатость поверхности 12,5;

### 3.2 Дополнительные припуски, учитывающие:

смещение по поверхностям разъема штампа 0,4 мм (табл. 3.5)

изогнутость, отклонения от плоскости и от прямолинейности, мм:

стержня – 0,8 (табл. 3.6);

фланца – 0,5 (табл. 3.6).

## 4. Размеры поковки и их допускаемые отклонения (рис. 3.16)

диаметр  $126 + (3,0 + 0,4 + 0,5) \times 2 = 133,8$  принимается 134;

диаметр  $86 + (2,7 + 0,4 + 0,5) \times 2 = 78,8$  принимается 78,5;

диаметр  $60 + (2,7 + 0,5 + 0,4) \times 2 = 67,2$  принимается 67;

диаметр  $45 + (2,2 + 0,8) \times 2 = 51$  принимается 52;

глубина  $40 + (3,0 + 2,0 + 0,5) = 41,5$  принимается 41,5;

толщина  $52 + (3,0 + 3,3 + 0,5 + 0,4) = 59,1$  принимается 59;

толщина  $50 + (3,0 + 2,4 + 0,5 + 0,4) = 56,2$  принимается 56;

4.1 Радиус закругления наружных углов 4,0 мм (табл. 3.8).

4.2 штамповочные уклоны –  $7^\circ$ .

## 4.3 Допускаемые отклонения размеров (табл. 3.9):

диаметр  $134^{+0,3}_{-1,5}$ ;

диаметр  $78,5^{+1,3}_{-2,7}$ ;

диаметр  $67^{+2,7}_{-1,3}$ ;

диаметр  $52^{+0,4}_{-1,0}$  (по ГОСТ 2590);

высота  $41,5^{+1,2}_{-2,4}$ ;

толщина  $59^{+2,7}_{-1,3}$

толщина  $56^{+2,7}_{-1,3}$ .

#### 4.4 Допуск длины стержня 6,0 мм.

4.5 Допускаемая высота заусенца в плоскости разъема матриц 2,4  
мм.

4.6 Допускаемая высота торцевого заусенца 7,0 мм.

4.7 Допускаемые отклонения: от плоскости и прямолинейности 1,0 мм.

4.8 Допускаемая величина смещения по поверхности разъема штампа 1,0 мм.

4.9 Отклонение от соосности диаметра стержня – до 78,5 – 0,4 мм.

#### 4.10 Допускаемые отклонения штамповочных уклонов ( $7 \pm 1,7$ )°.

4.11 Допускаемое увеличения диаметра стержня – до 55,4 мм на расстоянии 100 мм от головки поковки.

4.12 Допускаемое отклонения торца стержня:  $x = 3.1$ ;  $y = 36.5$ .

Наклон среза 7°.

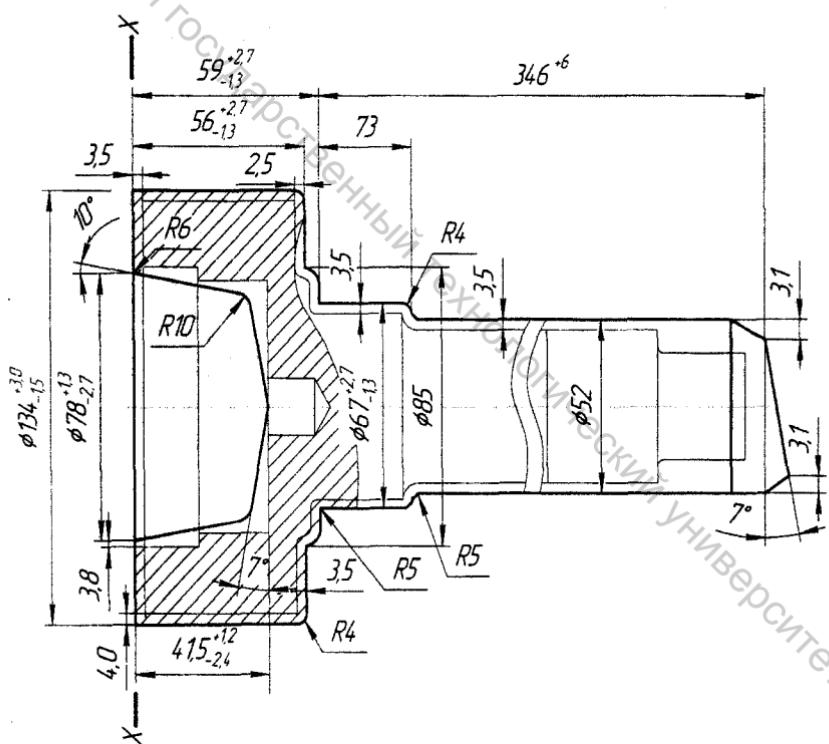
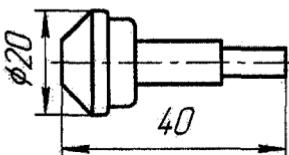


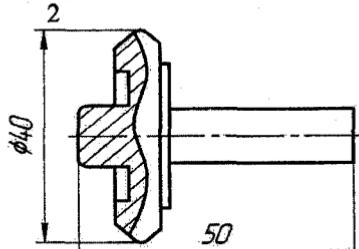
Рисунок 3.18 – Поковка вал-шестерни

Варианты к заданию 11

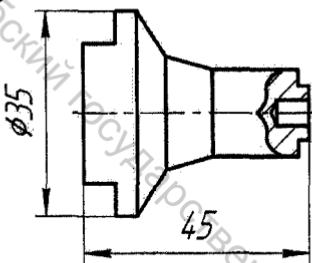
1



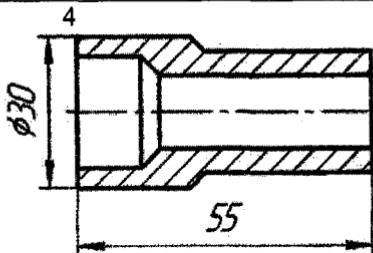
2



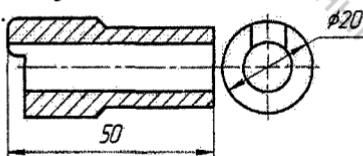
3



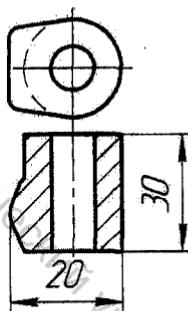
4



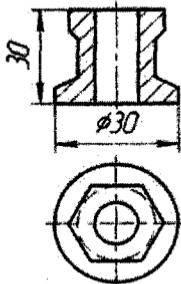
5



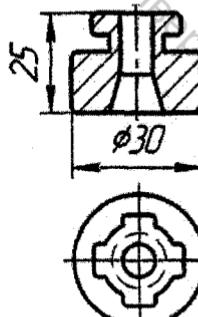
6



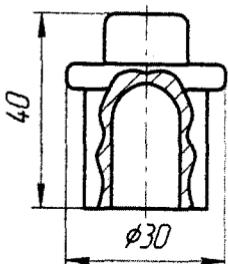
7



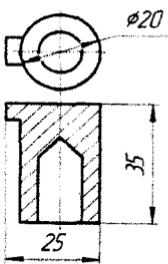
8



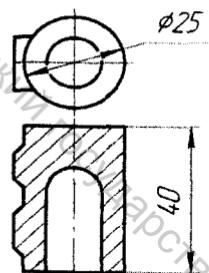
9



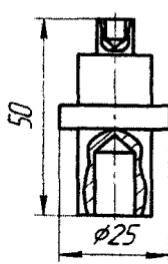
10



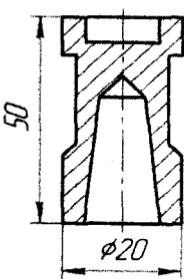
11



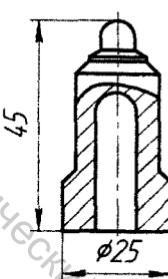
12



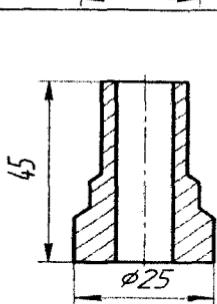
13



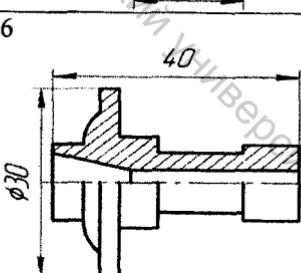
14



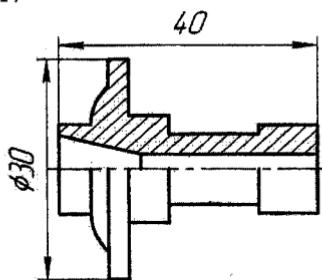
15



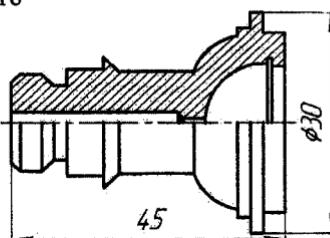
16



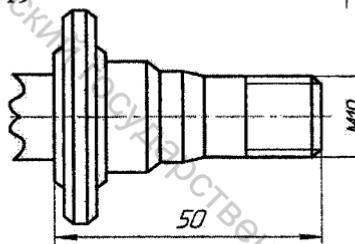
17



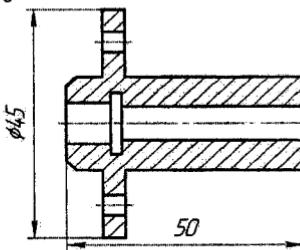
18



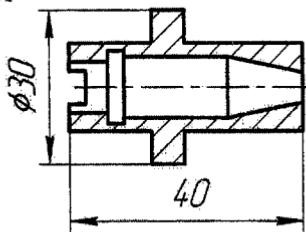
19



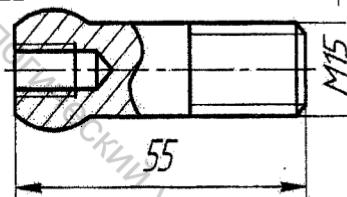
20



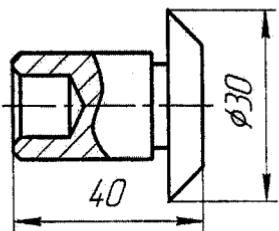
21



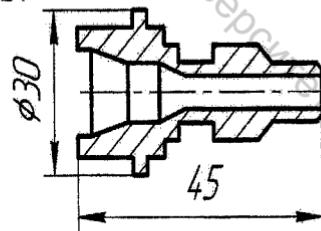
22



23



24



### 3.6 Проектирование заготовок, изготавляемых поперечно-клиновой прокаткой. Задание 12

Цель задания — освоить методику и приобрести навыки проектирования поковок, изготавляемых поперечно-клиновой прокаткой.

Содержание задания:

- изучить конструктивно-технологические особенности прокатываемых поковок;
- по варианту индивидуального задания оценить технологичность изделия, назначить размеры и выполнить чертеж поковки в соответствии с ЕСКД.

#### Конструктивные и технологические особенности заготовок

Поперечно-клиновая прокатка выгодно отличается от других процессов обработки давлением. По экономичности горячая ПКП превосходит штамповку на молотах, прессах, ГКМ и уступает только процессам холодной высадки и выдавливания. Поперечно-клиновой прокатке подвергают заготовки диаметром 0,5–130 мм, длиной 5–630 мм.

Прокаткой получают всевозможные осесимметричные детали с цилиндрическими, коническими, сферическими и другими сложными поверхностями, всевозможными канавками и выступами. Перепад диаметров между соседними ступенями может быть четырехкратным и более. В качестве исходной заготовки можно использовать трубу, пруток с шестигранным или квадратным профилем. Элементы с шестигранным и квадратным сечением могут быть сохранены без изменения в прокатанных заготовках.

Прокатанные заготовки могут быть использованы как готовые изделия или как промежуточные поковки для последующей штамповки или механической обработки. Поперечно-клиновой прокатке подвергаются практически все конструкционные материалы, цветные сплавы, а также многие инструментальные стали.

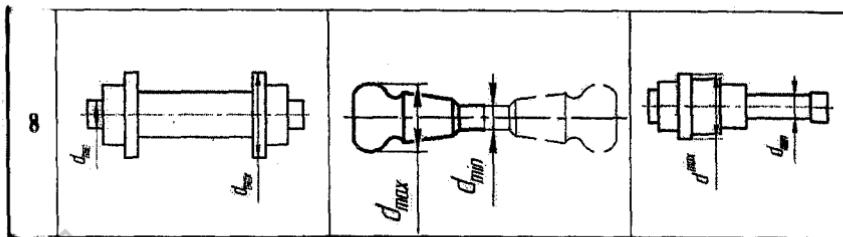
По форме заготовки разделяются на три группы: симметричные по длине, спаренные по длине и несимметричные ступенчатые по длине (табл. 3.21). В зависимости от соотношения размеров ступеней разделяются на восемь подгрупп. Первые четыре подгруппы характеризуются отношением  $\frac{d_{max}}{d_{min}} \leq 2$  и подвергаются одномаршрутной

прокатке. Последние четыре подгруппы характеризуются отношением  $\frac{d_{max}}{d_{min}} > 2$  и подвергаются двухмаршрутной прокатке.

Прокатанные заготовки, подвергаемые шлифовке, относятся к первому классу точности, а заготовки, предназначенные под последующую штамповку или токарную обработку, относятся ко второму классу точности.

Таблица 3.21 – Классификация заготовок, получаемых поперечно-клиновой прокаткой

Подгруппа	Группа		
	Симметричные по длине	Спаренные по длине	Несимметричные по длине
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			



### Разработка чертежа прокатываемой заготовки

От особенностей поперечно-клиновой прокатки зависит величина допусков, припусков и напусков. При их назначении необходимо учитывать характер последующих за прокаткой операций (шлифование, токарная обработка, штамповка в открытом или закрытом штампе). К прокатанным заготовкам, предназначенным для последующего шлифования или штамповки в закрытом штампе, предъявляются более жесткие требования по точности, чем к заготовкам, предназначенным для последующей токарной обработки или штамповки в открытом штампе.

Допуск на диаметральные размеры изделия  $T_d$  при поперечно-клиновой прокатке складывается из допусков на износ  $T_1$  и изготовление  $T_2$ , рабочего инструмента, допуска на отклонение от параллельности опорных (для инструмента) поверхностей поперечно-клиновых машин  $T_3$  и допуска на усадку в пределах температурного интервала прокатки  $T_4$ .

$$T_d = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 \quad (3.3)$$

Таблица 3.22 – Элементы допусков, определяемые по массе прокатанных заготовок

Масса прокатанной заготовки	Износ $T_1$ , мм			Отклонение от параллельности поверхностей машины $T_3$ , мм	Взаимное смещение клиновых инструментов $T_5$ , мм
	Изделия I - класса	Изделия II - класса	3		
1	2	3	4	5	
До 0,25	+0,20	+0,30	+0,05	-0,10	
Св. 0,25 до 0,63	+0,25	+0,38	+0,06	-0,15	
Св. 0,63 до 1,60	+0,32	+0,47	+0,10	-0,20	
Св. 1,60 до 2,50	+0,40	+0,60	+0,10	-0,20	
Св. 2,50 до 4,00	+0,45	+0,67	+0,20	-0,30	
Св. 4,00 до 6,30	+0,50	+0,75	+0,20	-0,30	
Св. 6,30 до 10,00	+0,55	+0,82	+0,20	-0,30	
Св. 10,00 до 16,00	+0,60	+0,90	+0,20	-0,30	

Диаметр или длина прокатанной заготовки, мм	Элементы допусков, определяемые по размеру прокатанных заготовок, мм			Отклонение от прямолинейности и коробления заготовок под температурной усадкой $T_4$ , мм	Штамповку в открытых штампах	
	Точность изготавления инструмента $T_2$ , мм	шлифованием	токарную обработку			
6	7	8	9	10	11	12
До 50	±0,05	±0,05	0,2	0,3	0,5	0,6
Св. 50 до 120	±0,07	±0,12	0,3	0,4	0,5	0,8
Св. 120 до 180	±0,08	±0,18	0,3	0,5	0,6	1,0
Св. 180 до 260	±0,09	±0,26	0,4	0,6	0,8	1,2
Св. 260 до 360	±0,10	±0,36	0,5	0,8	1,0	1,6
Св. 360 до 500	±0,12	±0,50	0,6	1,0	1,2	2,0
Св. 500 до 630	±0,14	±0,63	0,8	1,2	1,6	2,4
Св. 630 до 800	±0,15	±0,80	1,0	1,5	2,0	3,0

Величины допусков  $T_1$  на износ заготовок, предназначенных для шлифования или штамповки в закрытом штампе (первый класс) и заготовок, предназначенных для токарной обработки или штамповки в открытом штампе (второй класс) приведены в таблице 3.21 (графы 2, 3). Величины допусков на точность изготовления  $T_2$  указаны в графе 7; величины допусков отклонения от параллельности опорных поверхностей приведены в графе 4; величины допусков на усадку с учетом колебания указаны в графе 8.

Допуск на продольные размеры изделия  $T_c$  при поперечно-клиновой прокатке складывается из допусков на износ рабочего инструмента  $T_1$  и учитывается лишь для размеров, зависящих от износа; допуска на усадку с учетом колебания температуры  $T_4$  и допуска на взаимное смещение  $T_5$  клиновых инструментов вдоль оси заготовки:

$$T_c = T_1 + T_2 + T_4 + T_5. \quad (3.4)$$

Ориентировочные значения допусков на взаимное смещения клиновых инструментов  $T_5$  приведены в графе 5.

При определении величины допусков на продольные размеры изделия по таблице 3.22 следует руководствоваться следующими положениями:

1. Если продольные размеры изделия обусловливают двухсторонний износ рабочего инструмента (размеры  $l_1$ ,  $l_2$ , рис. 3.19), допуски на них определяются по графе 2 или 3 с прибавлением к ним допусков по графе 5 и графикам 7, 8.
2. Если продольные размеры изделия обусловливают односторонний износ рабочего инструмента (размеры  $l_2$ ,  $l_3$ , рис. 3.19), допуски на них определяются половинным значением допуска, указанного в графах 2 или 3 с прибавлением к ним допуска по графе 5 и допускам по графикам 7, 8.

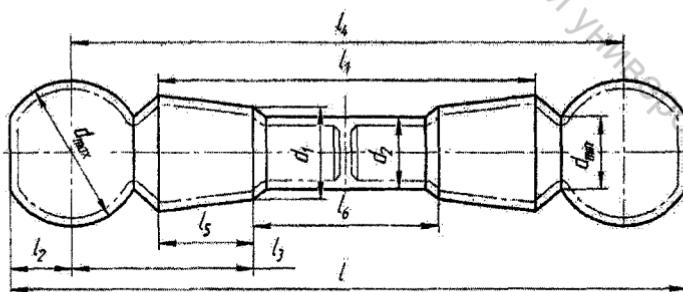


Рисунок 3.19 – Схема для определения допусков на размеры прокатанных заготовок

3. Если продольные размеры изделия определяют расстояние между осями его сферических или других элементов (размеры  $l_4$ ,  $l_5$ , рис. 3.19) или обусловливают односторонний равномерный износ рабочего инструмента, допуски на них устанавливаются по графе 7 с прибавлением к ним допусков, указанных в графах 7 и 8.

Рассмотренный метод определения допусков на продольные размеры изделий распространяется на все внешние размеры. Для внутренних продольных размеров изделия ( $l_6$ , рис. 3.19) применяется этот же метод, но допуски устанавливаются с обратными знаками.

Для прокатываемых заготовок первого класса точности могут быть установлены более жесткие допуски, чем приведенные в таблице 3.19. В этом случае необходимо предусматривать специальные меры: периодическая поднастройка клинового инструмента, подогрев его перед началом работ и охлаждение в процессе работы. Максимальные припуски на механическую обработку прокатываемых заготовок приведены в таблице 3.23.

На участке изделий с некруглым поперечным сечением, как правило, назначаются напуски. Глухие или сквозные отверстия, шпоночные канавки и тому подобное в изделиях не выполняются. Кольцевые канавки толщиной до 8 мм (разгрузочные или для выхода режущего инструмента при последующей механической обработке) целесообразно оформлять в процессе прокатки лишь в том случае, когда канавки оформляются окончательно, то есть шероховатость поверхности не менее  $Rz 80$ , а допуски на ширину не превышают допусков, приведенных в таблице 3.22. На кольцевые канавки шириной более 8 мм напуски, как правило, не назначаются.

Радиусы скруглений внешних и внутренних углов в изделиях, предназначенных для механической обработки, применяются равными соответственно 0,5 и 0,7 значений, указанных в ГОСТ 7505-89.

#### Определение размеров заготовки

Расчетный диаметр исходной заготовки  $d_{op}$  определяется максимальным диаметром прокатанной заготовки.

$$d_{op} = d_{max} + (+\Delta d_{max}), \quad (3.5)$$

где  $d_{max}$  – максимальное значение диаметра прокатанной заготовки;  $+\Delta d_{max}$  – положительное отклонение.

Номинальный диаметр исходной заготовки  $d_0$  выбирается из сортамента, как ближайшее большее значение по сравнению с расчетным. При этом должно быть выполнено условие:

$$d_{max} - (-\Delta d_{max}) \leq \frac{d_0 - (-\Delta d_0)}{k_y}, \quad (3.6)$$

где  $-\Delta d_{max}$  – отрицательное отклонение  $d_{max}$ ;  $-\Delta d_0$  – отрицательное отклонение  $d_0$  (проката);  $k_y$  – коэффициент, учитывающий угар металла

при нагреве (принимается равным 1,1 при индукционном нагреве и 1,25 – при нагреве заготовок в пламенных печах).

Таблица 3.23 – Припуски на механическую обработку на сторону (мм) для прокатываемых заготовок

Масса прокатанной заготовки, кг	Диаметр прокатанной заготовки, мм		Длина прокатанной заготовки, мм							
	До 50	Св. 50 до 120	До 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 260	Св. 260 до 360	Св. 360 до 500	Св. 500 до 630	Св. 630 до 800
До 0,25 Св. 0,25	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3
до 0,63 Св. 0,25	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5
до 0,63 Св. 0,25	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6
до 0,63 Св. 0,25	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7
до 0,63 Св. 0,25	0,8	0,9	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9
до 0,63 Св. 0,25	1,0	1,1	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,89	1,9	2,1
до 0,63 Св. 0,25	1,1	1,2	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2
до 0,63	1,2	1,3	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3

Номинальная длина исходной  $l_0$  рассчитывается по формуле

$$l_0 = 1,27 \frac{V_0}{(d_0 - 0,5(-\Delta d_0))^2}, \quad (3.7)$$

где  $V_0$  – объем исходной заготовки, определяется по формуле

$$V_0 = k_y V_{np} + V_k. \quad (3.8)$$

В формуле (3.7)  $V_{np}$  – объем прокатанной заготовки;  $V_k$  объем концевых отходов.

Значение  $V_k$  рекомендуется рассчитывать по формуле

$$V_k = 0,75\pi(k_{n1}d_{k1}^3 + k_{n2}d_{k2}^3), \quad (3.9)$$

где  $d_{k1}, d_{k2}$  – диаметры концевых элементов изделия;  $k_{n1}, k_{n2}$  – коэффициенты, зависящие от степени обжатия и угла наклона деформирующей грани клинового инструмента, приближенно можно принимать равными 0,25.

Пример выполнения чертежа прокатанной заготовки вала каретки (рис.3.18 а). Последующая механическая обработка – шлифование, материал – сталь 15.

Производим корректировку чертежа прокатанной заготовки с целью максимального приближения размеров к требованиям процесса поперечно-клиновой прокатки. В данном случае ступени каретки диаметром  $d_1 = 16 \pm 0,26$  мм и  $d_2 = 20,6 \pm 0,52$  формируются окончательно в процессе прокатки. При массе изделия около 0,26 кг отклонения на указанные размеры в соответствии с таблицей 3.22 составляют  $(\frac{+0,4}{-0,1})$ .

$$d_1 = 16 - 0,26 - 0,1 = 15,84, \text{ принимаем } d_1 = 15,8 \frac{+0,4}{-0,1}$$

$$d_2 = 20,6 - 0,52 + 1 = 20,18, \text{ принимаем } d_2 = 20,2 \frac{+0,4}{-0,1}$$

Чертеж поковки после корректировки представлен на рис. 3.18 б.

Назначаем припуски на обрабатываемые поверхности в соответствии с таблицей 3.23. Номинальные размеры изделия равны:

$$d_3 = 18,2 \text{ мм}; d_4 = 16,8 \text{ мм}; l_1 = 50,2 \text{ мм}; l_2 = 6,4 \text{ мм}; l_3 = 19,4 \text{ мм}; l_4 = 26,6 \text{ мм}; l_u = 142,2 \text{ мм}.$$

По таблице 3.22 определяем отклонения на номинальные размеры изделия:

$$d_3 = 18,2 \frac{+0,4}{-0,1} \text{ мм}; d_4 = 16,8 \frac{+0,4}{-0,1} \text{ мм}; l_1 = 50,2 \frac{+0,4}{-0,3} \text{ мм}; l_2 = 6,4 \frac{+0,4}{-0,3} \text{ мм}; l_3 = 19,4 \frac{+0,1}{-0,3} \text{ мм}; l_4 = 26,6 \frac{+0,1}{-0,3} \text{ мм}; l_u = 142,2 \frac{+0,5}{-0,1} \text{ мм}.$$

Производим расчет размеров исходной заготовки. Расчетный диаметр исходной заготовки в соответствии с формулой (3.4) равен:

$$d_{op} = 20,1 + 0,4 = 20,5 \text{ мм.}$$

По сортаменту выбираем ближайшее большее значение диаметра проката:

$$d_o = 21 \text{ мм.}$$

Выбираемая величина удовлетворяет условию (3.5).

Объем прокатанной заготовки с учетом половины положительного отклонения равен  $V_{np} = 34,4 \text{ см}^3$ .

Объем концевых отходов определен по формуле (3.8)  $V_k = 1,0 \text{ см}^3$

По формуле (3.7) находим объем исходной заготовки.  $V_0 = 35,6 \text{ см}^3$ .

Номинальная длина исходной заготовки, рассчитанная по формуле (3.6), составляет  $l_0 = 105 \text{ мм}$ . С учетом колебания длины заготовки при резке получаем  $l_0 = 105^{+3} \text{ мм}$ .

Чертеж горячей прокатанной заготовки представлен на рис. 3.20 в.

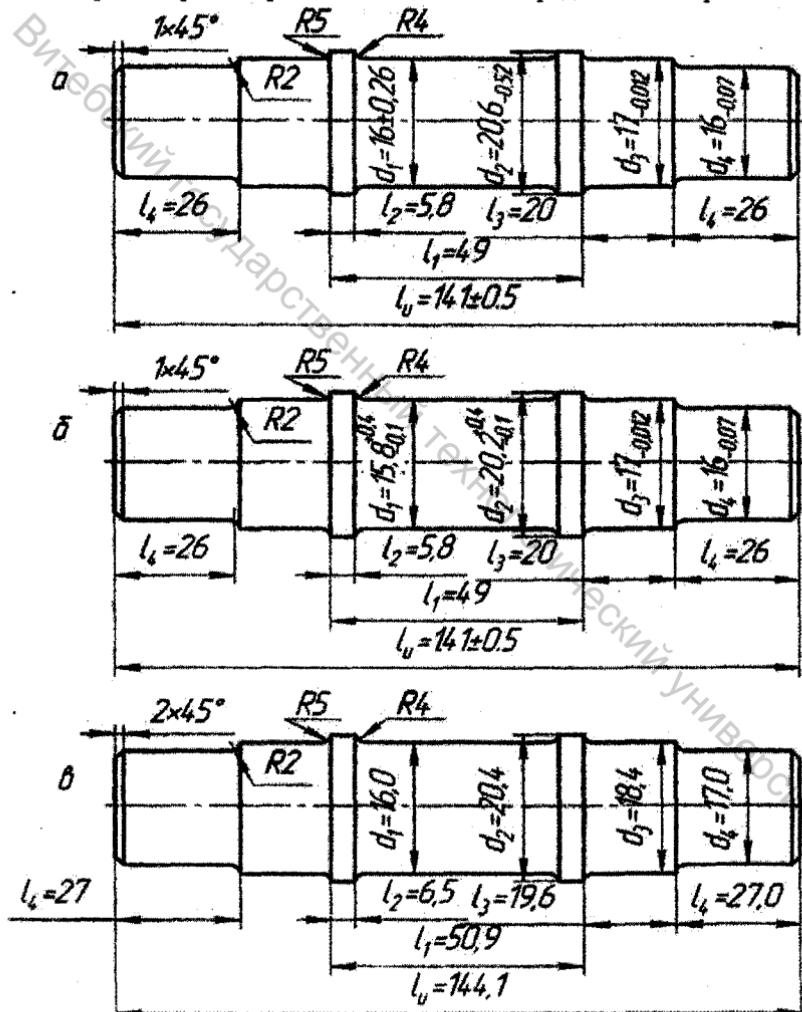
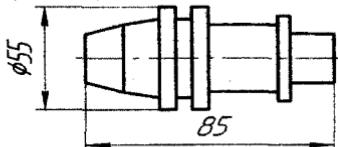


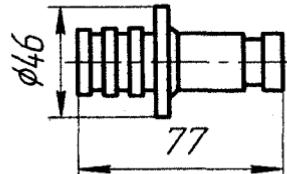
Рисунок 3.20 – Чертеж каретки до корректировки (а), после корректировки (б), горячей прокатанной заготовки (в)

**Варианты к заданию 12**

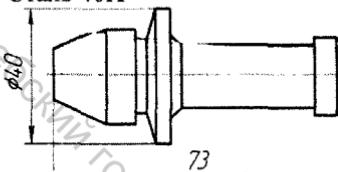
1. Сталь 40Х



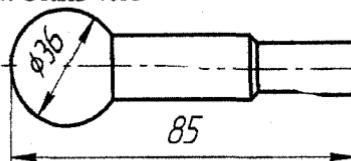
2. Сталь 40Х



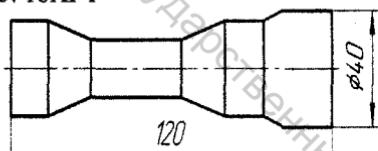
3. Сталь 40Х



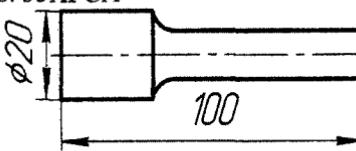
4. Сталь 40Х



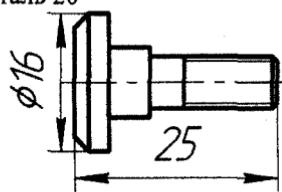
5. 18ХГТ



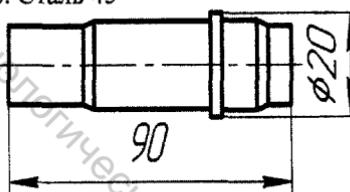
6. 35ХГСА



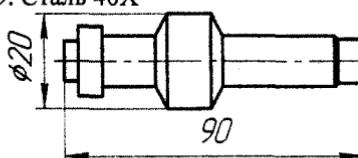
7. Сталь 20



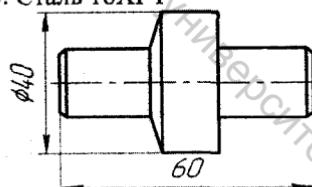
8. Сталь 45



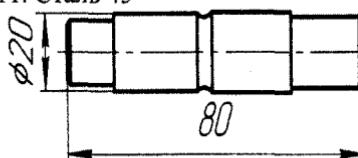
9. Сталь 40Х



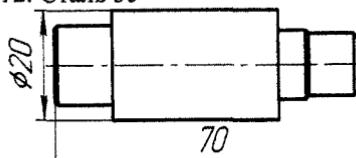
10. Сталь 18ХГТ



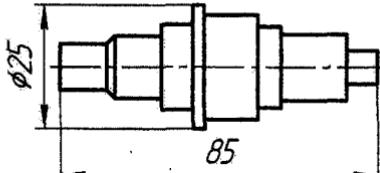
11. Сталь 45



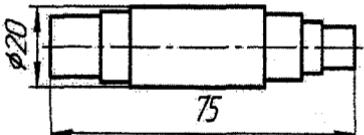
12. Сталь 35



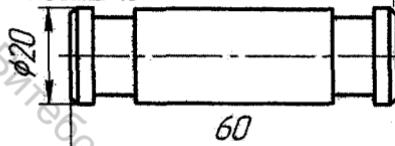
13. Сталь 40Х



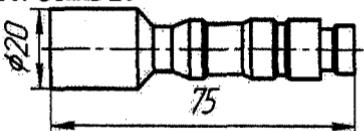
14. Сталь 45



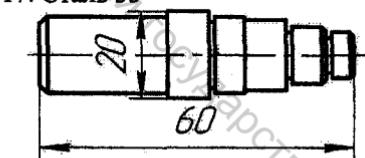
15. Сталь 45



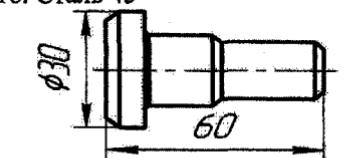
16. Сталь 20



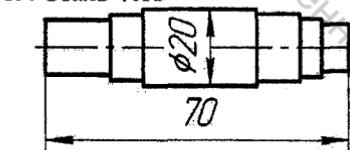
17. Сталь 35



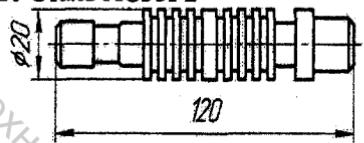
18. Сталь 45



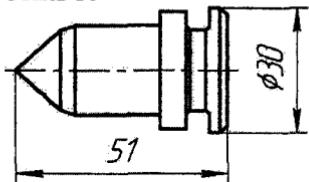
19. Сталь 40Х



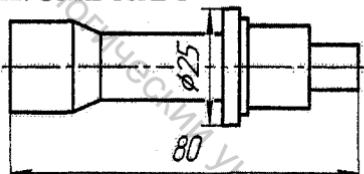
20. Сталь АС35Г2



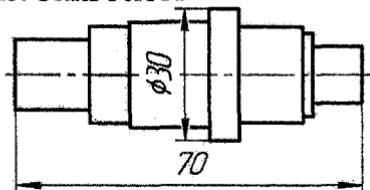
21. Сталь 35



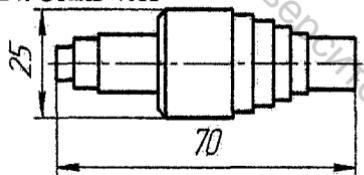
22. Сталь 18ХГТ



23. Сталь 38ХФР



24. Сталь 40Х



### 3.7 Разработка чертежей кованых поковок. Задание 13

Цель задания — освоить методику и приобрести навыки проектирования поковок, изготавливаемых поперечно-клиновой прокаткой.

Содержание задания:

- изучить конструктивно-технологические особенности поковок;
- по варианту индивидуального задания оценить технологичность изделия, назначить размеры и выполнить чертеж поковки в соответствии с ЕСКД.

#### Конструкционно-технологические особенности поковок, изготавливаемых свободной ковкой

Свободная ковка осуществляется плоскими бойками или подкладными штампами. Поэтому изготовление поковок свободной ковкой ограничивается простой формой. Упрощение формы поковки по сравнению с формой детали достигается увеличением местных припусков, которые называются напусками. Напуски назначаются на те участки детали, которые невозможно или нерационально изготавливать по контуру (рис. 3.21).

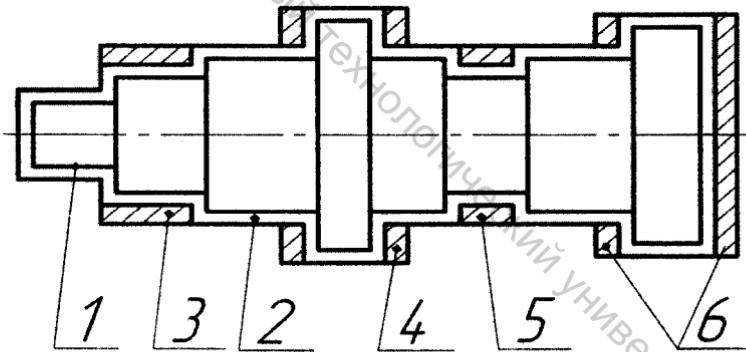


Рисунок 3.21 – Схема нанесения напусков на поковку типа вала:  
1 – контур детали; 2 – припуск; 3, 4, 5, 6 – напуски соответственно на уступ, бурт, выемку, фланец

В соответствии с ГОСТ 7829–70 все поковки, изготавляемые ковкой на молотах, разделяются на группы: круглого, квадратного, прямоугольного сечений, бруски, пластины, диски, кольца, цилиндры с отверстием, валы полые, втулки с уступами. Определение форм уточняется предельными отклонениями размеров (табл. 3.24).

Таблица 3.24 – Формы и соотношения размеров поковок, изготавляемых свободной ковкой на молотах

Круглого, квадратного и прямоугольного сечений, гладкие		$L > 1,5D$
		$L > 1,5B$ $H \leq B \leq 1,5H$
Круглого сечения с уступами		$L > 1,5D$ $l > 0,3D$
Круглого сечения с фланцем		$L > 1,5D$ $l \leq 0,3D$
Круглого сечения с буртом		$L > 1,5D$ $l \leq 0,3D$
Круглого сечения с выемкой		$L > 1,5D$
Квадратного сечения с уступами тех же типов, как и круглого сечения		$L > 1,5B$
Круглого, квадратного сечений с уступами разной конфигурации		$L > 1,5B$

Продолжение таблицы 3.24

Диски		$H \leq 0,5D$
Цилиндры		$0,5D < H \leq 1,5D$
Бруски, кубики, пластины		$H \leq B$ $B \leq L \leq 1,5B$
Диски с отверстиями		$H \leq 0,5D$ $d \leq 0,5D$
Втулки		$0,5D < H \leq 1,5D$ $d \leq 0,5D$
Бруски и пластины с отверстиями		$H \leq B$ $B < L < 1,5B$ $d \leq 0,5B$
Кольца раскатные		$H \leq D$ $d > 0,5D$

Окончание таблицы 3.24

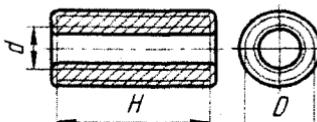
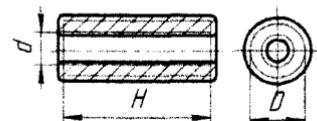
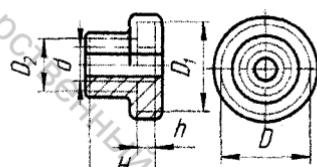
Цилиндры с отверстиями		$D < H \leq 1,5D$ $d > 0,5D$
Валы полые		$L > 1,5D$ $d \geq 0,5D$
Втулки с уступами сплошные и с отверстиями, изготавляемые в подкладных штампах		$h \leq D_1$ $h < 0,75H$ $D_1 - D_2 \geq 0,2D_1$ $0,5D_2 \geq d \geq 0,4H$

Схема расположения припусков, назначаемых на наружные размеры детали, и отклонений от номинальных размеров поковки представлена на рис. 3.22.

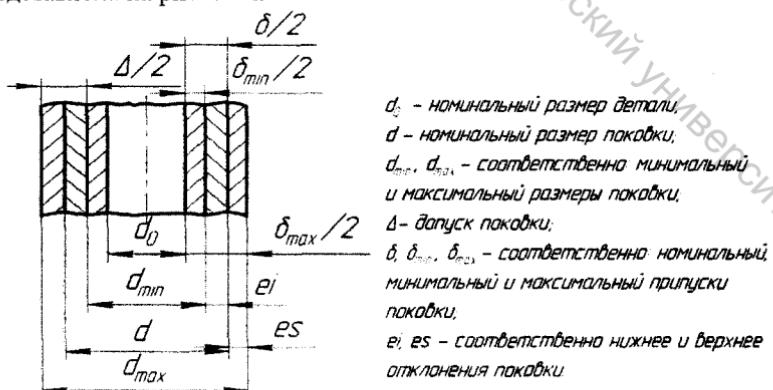
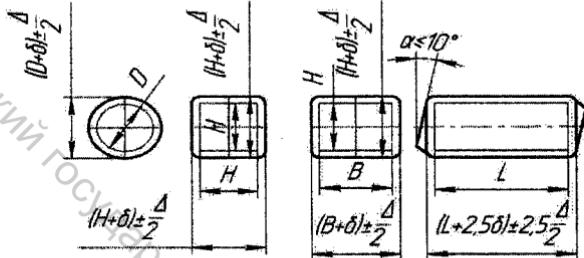


Рисунок 3.22 – Схема расположения припусков, допусков и отклонений поковки

Припуски и допуски для ряда типовых поковок из углеродистой и легированной стали, изготовленных ковкой на молотах, приведены в таблицах 3.25, 3.26, 3.27.

Таблица 3.25 – Припуски и предельные отклонения размеров для гладких поковок круглого, квадратного и прямоугольного сечений, изготовленных свободной ковкой на молотах.



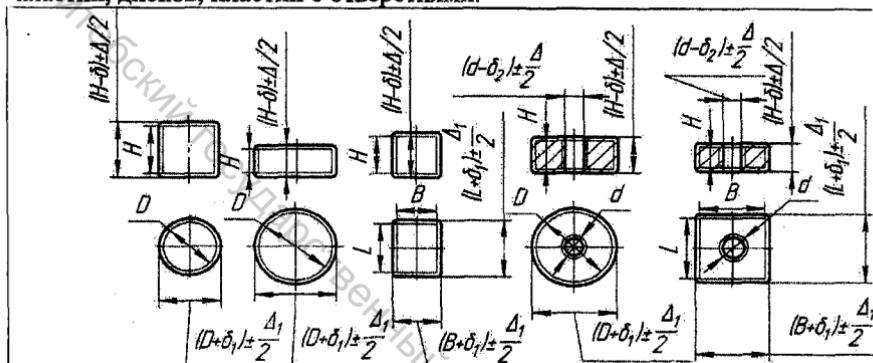
Размеры в мм

Диаметр детали $D$ и размер сечения $B, H$									
до 50	св. 50 до 70	св. 70 до 90	св. 90 до 120	св. 120 до 160	св. 160 до 200	св. 200 до 250	св. 250 до 300	св. 300 до 360	
Припуски ( $\delta$ , $\delta_1$ , $\delta_2$ , $\delta_3$ ) и предельные отклонения $(\pm \frac{\delta}{2}, \pm \frac{\delta_1}{2}, \pm \frac{\delta_2}{2}, \pm \frac{\delta_3}{2})$									
До 250	5±2	6±2	7±2	8±3	9±3	-	-	-	-
Св. 250 до 500	6±2	8±2	8±2	9±3	10±3	11±3	12±3	13±4	14±4
» 500 » 800	7±2	9±3	9±3	10±3	11±3	12±3	13±4	14±4	15±4
» 800 » 1200	8±2	9±3	10±3	11±3	12±3	13±4	14±4	15±4	16±4
» 1200 » 1700	-	10±3	11±3	12±3	13±4	14±4	15±4	16±4	17±5
» 1700 » 2300	-	11±3	12±3	13±4	14±4	15±4	16±4	17±5	18±5
» 2300 » 3000	-	-	13±4	14±4	15±4	16±4	17±5	18±5	19±5
» 3000 » 4000	-	-	-	15±5	16±5	17±5	18±5	19±5	20±6

Окончание таблицы 3.25

» 4000 »	-	-	-	16±5	17±5	18±5	19±5	20±6	21±6
5000									
» 5000 »	-	-	-	-	18±5	19±5	20±6	21±6	22±6
6000									

Таблица 3.26 – Припуски и предельные отклонения размеров для поковок типа дисков, цилиндров, втулок, брусков, кубиков, сплошных пластин, дисков, пластин с отверстиями.



Диаметр детали $D$ или размер сечения $L, B$	Размеры детали, на которые назначаются припуски и предельные отклонения	Высота $H$ детали, мм									
		до 50	Св. 50 до 65	Св. 65 до 80	Св. 80 до 100	Св. 100 до 125	Св. 125 до 150	Св. 150 до 180	Св. 180 до 215	Св. 215 до 250	Св. 250 до 300
		Припуски ( $\delta$ , $\delta_1$ , $\delta_2$ , $\delta_3$ ) и предельные отклонения ( $\pm \frac{\Delta}{2}, \pm \frac{\Delta_1}{2}, \pm \frac{\Delta_2}{2}, \pm \frac{\Delta_3}{2}$ )									
До 50	$H$ $D, L, B$ $d$	6±2 6±3	6±2 6±2	7±2 7±2	-	-	-	-	-	-	-
Св. 50 до 80	$H$ $D, L, B$ $d$	6±2 7±3	7±2 7±2	8±2 8±2	9±2 9±2	9±2 9±2	-	-	-	-	-
Св. 80 до 110	$H$ $D, L, B$ $d$	7±2 8±2 14±2	8±2 8±2 15±2	8±2 9±2 15±2	9±2 10±2 16±2	10±3 10±2 16±2	11±3 11±3 17±2	12±3 12±3 18±4	-	-	-
Св. 110 до 150	$H$ $D, L, B$ $d$	7±2 9±2 15±2	8±2 9±2 16±2	8±2 10±2 16±2	9±2 11±3 17±3	10±3 11±3 17±3	10±3 12±4 18±4	12±3 13±4 19±4	13±4 14±5 19±4	14±5 14±5 20±5	-
Св. 150 до 200	$H$ $D, L, B$ $d$	7±2 10±3 16±3	8±2 10±3 17±3	8±2 11±3 17±3	9±2 12±4 18±4	10±3 12±4 18±4	11±3 13±4 19±4	12±3 13±4 19±4	13±4 14±4 20±5	14±5 14±4 21±5	15±5 16±5 22±5

### Окончание таблицы 3.26

Св. 200 до 250	$H$ $D, L, B$ $d$	8±3 11±3 17±3	9±3 11±3 18±3	9±3 12±3 18±3	10±3 13±4 19±4	11±4 13±4 19±4	12±4 14±4 20±5	13±4 14±4 20±5	14±5 15±5 21±5	15±6 16±6 22±6	16±6 17±6 23±6	17±6 18±6 24±6
Св. 250 до 300	$H$ $D, L, B$ $d$	9±3 12±4 18±4	10±3 12±4 19±4	10±3 13±4 19±4	11±3 14±4 20±5	12±4 14±4 20±5	13±4 15±5 21±5	14±4 15±5 21±5	15±4 16±6 22±6	16±6 17±7 23±7	17±6 18±7 24±7	18±6 19±7 25±7
Св. 300 до 360	$H$ $D, L, B$ $d$	9±3 13±4 19±4	10±3 13±4 20±4	10±3 14±4 20±4	11±3 15±4 21±5	12±4 15±5 21±5	13±4 16±6 22±5	14±4 16±6 22±5	15±5 17±6 23±6	15±5 17±6 24±7	17±5 19±6 25±7	18±6 20±7 26±7

### Назначение припусков и отклонений

Припуски и предельные отклонения для поковок круглого и квадратного сечений с уступами назначаются **основные** и **дополнительные**.

**Основные** припуски и предельные отклонения следует назначать в соответствии с таблицей 3.25 и следующими требованиями:

- 1) припуск  $\delta$  и отклонения  $\pm \Delta/2$  на диаметр и размер сечения назначают по таблице 3.25 в зависимости от общей длины детали  $L$  и диаметра  $D$  или размера рассматриваемого сечения;
- 2) припуск  $\delta$  на общую длину детали принимают равным 2,5 припуска на диаметр или размер выступа наибольшего сечения;
- 3) предельные отклонения  $\pm \Delta/2$  на общую длину детали принимают равными 2,5 отклонениям на диаметр или размер выступа наибольшего сечения;
- 4) припуски  $\delta$  на длину уступов и выступов принимают кратными припуску на диаметр или размер выступа наибольшего сечения согласно рисунку к таблице 3.27. При этом длину уступов и выемок на чертеже показывают от единой базы. За базу принимают торец выступа наибольшего сечения, не являющийся торцом поковки;
- 5) предельные отклонения  $\pm \Delta/2$  на длину выступов принимают равными 1,5 отклонениям на диаметр или размер выступа наибольшего сечения.

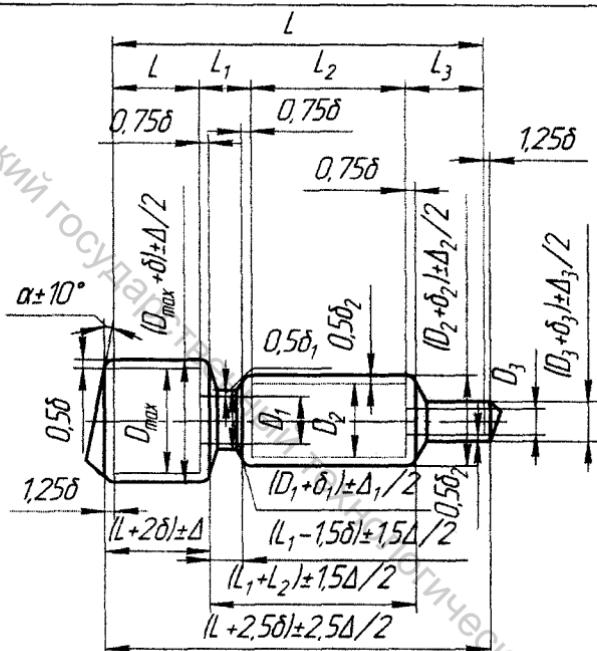
**Дополнительный припуск  $S$**  следует назначать по таблице 3.27 на диаметры (размеры) всех сечений кроме основного, в зависимости от разности диаметров (размеров) наибольшего и рассматриваемого сечений детали с назначенными на нее основными припусками.

**Основные сечения** следует определять в следующем порядке:

- а) если поковка имеет ступень с необрабатываемой поверхностью, то за основное сечение принимают ступень с необрабатываемой поверхностью;
- б) если поковка не имеет ступеней с необрабатываемой поверхностью, то для определения основного сечения рассчитывают

площади продольных сечений ступеней  $D'_1 l'_1$ ;  $D'_2 l'_2$ ;  $D'_3 l'_3$  ... и сравнивают их с площадью продольного сечения выступа с наибольшим диаметром  $D'_{max} l'$ ;

Таблица 3.27 – Дополнительные припуски  $S$  для поковок круглого и квадратного сечений с уступами, изготавляемых свободной ковкой на молотах



Дополнительный припуск на диаметр (размер) $S_1, S_2, \dots$	3	4	5	6	7	8	9	10
Разность диаметров (размеров) наибольшего и рассматриваемого сечения	До 40	Св. 40 до 80	Св. 80 до 100	Св. 100 до 120	Св. 120 до 140	Св. 140 до 160	Св. 160 до 180	Св. 180

в) если все получаемые значения  $D'_1 l'_1$ ;  $D'_2 l'_2$ ;  $D'_3 l'_3$  ... меньше  $D'_{max} l'$ , то за основное сечение принимают выступ с наибольшим диаметром;

г) если есть значения  $D'_1 l'_1; D'_2 l'_2; D'_3 l'_3 \dots$  больше чем  $D'_{max} l'$ , то для тех значений  $D'_1 l'_1; D'_2 l'_2; D'_3 l'_3 \dots$ , которые больше  $D'_{max} l'$ , рассчитывают величины:

$$A_1 = S_1(D_1' l_1' - D_{max}' l') \\ A_2 = S_2(D_2' l_2' - D_{max}' l') \text{ и т.д.}$$

За основные сечения принимают сечение, для которого «*A*» имеет наибольшее значение.

д) если за основное сечение принят не выступ наибольшего диаметра  $D_{max}$ , то дополнительный припуск переносят с основного сечения на выступ наибольшего диаметра.

Выполнение на поковках концевых и промежуточных уступов (рис. 3.23), выемок (рис. 3.24), фланцев (рис. 3.25), буртов (рис. 3.26) осуществляют после назначения основных и дополнительных припусков в соответствии с таблицей 3.23.

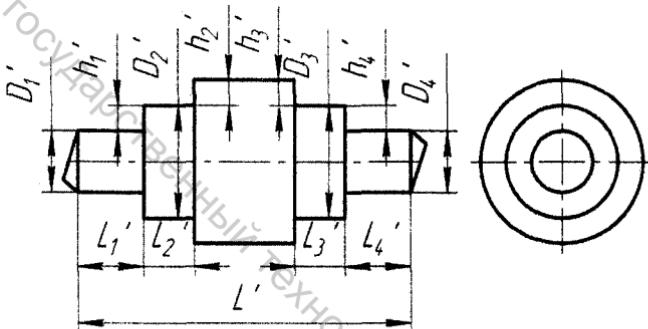


Рисунок 3.23 – Поковка с концевым и промежуточным уступом

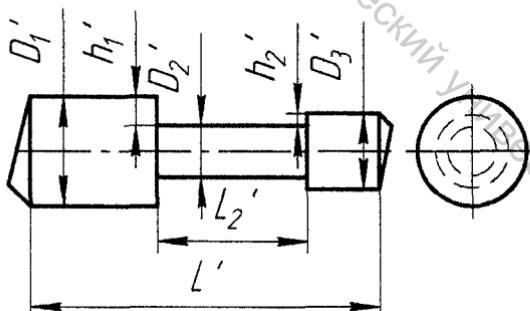


Рисунок 3.24 – Поковка с выемкой

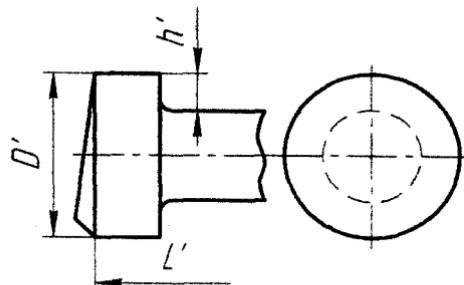


Рисунок 3.25 – Поковка с фланцем

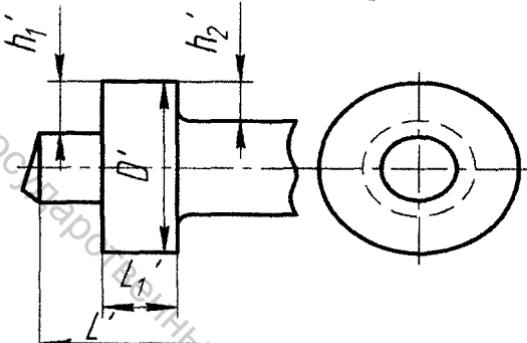


Рисунок 3.26 – Поковка с буртом

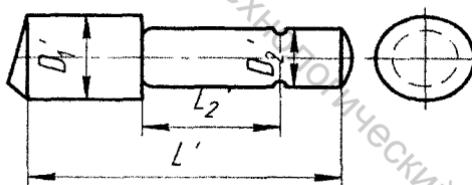


Рисунок 3.27 – Поковка с засечкой

Таблица 3.28

Диаметр ( $D'_1; D'_2; D'_3$ ) или размер ( $B$ ) уступа, мм	До 100	Св. 100 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250
Минимальная выполнимая высота уступа ( $h'_1; h'_2; h'_3$ )	4	5	6	7

При назначении на поковках концевых и промежуточных уступов, выемок, фланцев, буртов необходимо соблюдать следующие требования:

а) концевые и промежуточные уступы выполняют, если их высоты  $h'_1; h'_2; h'_3 \dots$  не менее значений, приведенных в таблице 3.28, и если их

длина  $l'_1$ ;  $l'_2$ ;  $l'_3$  по отношению к ширине бойка  $B_0$  составляет величину не менее указанной в таблице 3.29;

Таблица 3.29

Ширина бойка $B_0$	До 150	Св. 150 до 300	Св. 300
Минимальная длина выполняемого уступа $(l'_1; l'_2; l'_3)$	$0,3B_0$	$0,4B_0$	$0,5B_0$

При этом:

- если высота  $h'_1; h'_2; h'_3; \dots$  уступа менее значений, указанных в таблице 3.28, то уступ отковывают по диаметру соседнего выступа;
- если длина уступа менее значений, приведенных в таблице 3.29, то его отковывают в том случае, когда объем напуска меньше, чем объем напуска при его отковке по диаметру соседнего выступа.

б) выемку (рис. 3.24) выполняют, если длина  $l'_2$  между засечками (рис. 3.27) перед ковкой выемки по отношению к ширине бойка  $B_0$  составляет величину не менее указанной в таблице 3.30.

Таблица 3.30

Ширина бойка $B_0$	До 300	Св. 300 до 400	Св. 400
Минимальная длина участка между засечками $l''_2$	$0,5B_0$	$0,7B_0$	$B_0$

Если длина  $l''_2$  участка поковки, пресекаемого для выполнения выемки, менее указанных в таблице 3.30, то на диаметр выемки назначают напуск из расчета, чтобы длина просечки  $l''_2$  была равна соответствующему значению таблицы 3.30.

в) фланец (рис. 3.25) выполняют, если его длина  $l'$  более высоты выступа  $h'_1$ , взятой с коэффициентом 1,2, но менее  $0,2D'$ .

Если длина  $l'_1$  фланца меньше высоты выступа  $h'_1$ , взятой с коэффициентом 1,2 или меньше  $0,2D'$ , то длину фланца доводят до выполнимого размера за счет напуска или со стороны торца или со стороны уступа, исходя из условий минимального объема напуска.

г) бурт (рис. 3.26) выполняют, если его длина  $L'$  более высоты  $h'_2$  меньшего прилегающего уступа, но менее  $0,2D'$ .

Если длина бурта  $L'$  менее высоты  $h'_2$  меньшего прилегающего уступа или менее  $0,2D'$ , то длину бурта  $L'$  доводят до выполнимого

размера за счет напуска со стороны любого из торцов из условия, чтобы объем напуска был минимальным.

**Пример** назначения припусков и допусков на поковки из углеродистой и легированной сталей, изготавляемых ковкой на молотах (ГОСТ 7829-70).

Назначение основных и дополнительных припусков и проверка выполнимости концевых и промежуточных уступов, буртов, фланцев и выемок для поковок, квадратного и прямоугольного сечения с уступами.

1. Размеры обработанной (ободранной) заготовки приведены на рис. 3.28.

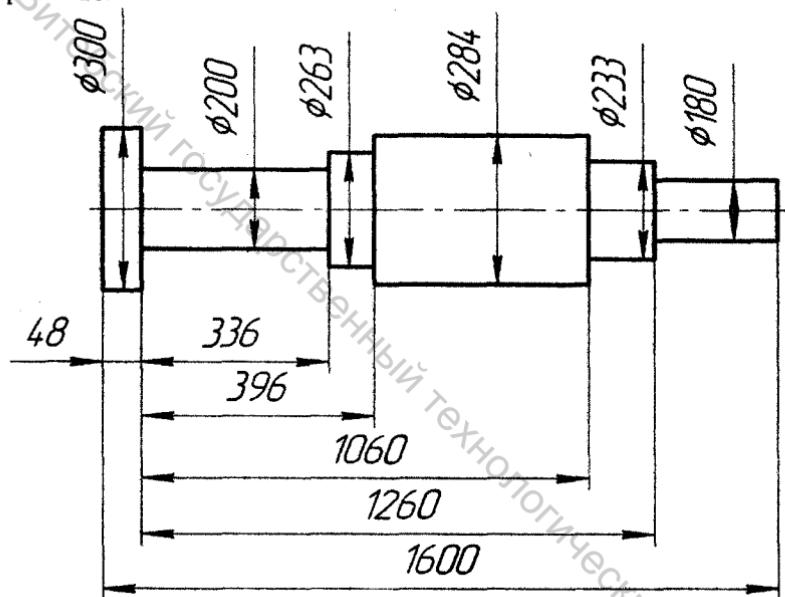


Рисунок 3.28 – Обработанная заготовка

2. Назначение основных и дополнительных припусков и предельных отклонений:

а) основные припуски и предельные отклонения на диаметры уступов и выступов детали:

на диаметр 300 мм припуск и предельное отклонение  $(16 \pm 5)$  мм;

на диаметр 200 мм припуск и предельное отклонение  $(14 \pm 4)$  мм;

на диаметр 263 мм припуск и предельное отклонение  $(16 \pm 5)$  мм;

на диаметр 284 мм припуск и предельное отклонение  $(16 \pm 5)$  мм;

на диаметр 233 мм припуск и предельное отклонение  $(15 \pm 4)$  мм;

на диаметр 180 мм припуск и предельное отклонение  $(14 \pm 4)$  мм;

б) припуски и предельные отклонения на длину уступов и общую длину детали:

на длину 48 мм припуск и предельное отклонение  $(32 \pm 10)$  мм;

на длину 336 мм припуск и предельное отклонение  $(24 \pm 8)$  мм;

на длину 396 мм припуск и предельное отклонение  $(24 \pm 8)$  мм;

на длину 1060 мм припуск равен нулю, а предельное отклонение

± 8 mm;

на длину 1260 мм припуск равен нулю, а предельное отклонение  $\pm 8$  мм;

на длину 1600 мм припуск и предельное отклонение  $(40 \pm 13)$  мм.

3. Поковка с назначенными на нее основными припусками и предельными отклонениями приведена на рис. 3.29.

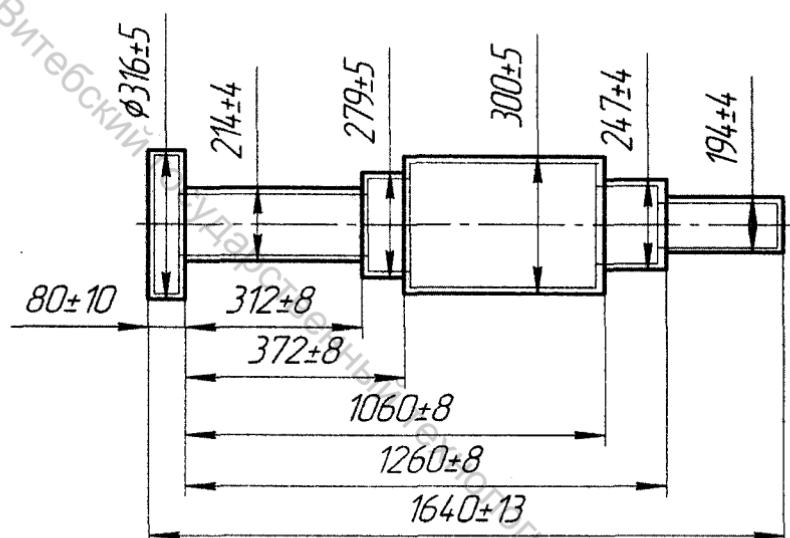


Рисунок 3.29 – Поковка с припусками и предельными отклонениями

в) дополнительный припуск на несоосность назначают предварительно на все диаметры поковки (рис. 3.29), кроме наибольшего 316 мм. Величины припуска определяются по таблице 3.27:

на диаметр 214 мм припуск 6 мм:

на диаметр 279 мм припуск 3 мм:

на диаметр 300 мм припуск 3 мм;

на диаметр 248 мм припуск 4 мм;

на диаметр 194 мм припуск 7 мм;

Определяют основное сечение, для чего рассчитывают площади продольных сечений ступеней (рис. 3.29):

$$D'_{max} \times L' = 316 \times 80 = 2.53 \times 10^4 \text{ MM}^2;$$

$$D_1' \times L_1' = 214 \times 312 = 6.67 \times 10^4 \text{ MM}^2;$$

$$D_2' \times L_2' = 279 \times (372 - 312) = 1.67 \times 10^4 \text{ MM}^2;$$

$$D'_3 \times L'_3 = 300 \times (1060 - 372) = 20,63 \times 10^4 \text{ MM}^2;$$

$$D'_4 \times L'_4 = 248 \times (1260 - 1060) = 4,96 \times 10^4 \text{ MM}^2;$$

$$D'_s \times L_s' = 194 \times (1640 - 1260) = 5,82 \times 10^4 \text{ мм}^2;$$

Для ступеней, площадь продольного сечения которых более площади продольного сечения ступени наибольшего диаметра  $D'_{max} \times L' = 316 \times 80 = 2,53 \times 10^4 \text{ мм}^2$ , рассчитывают произведения  $A_i$ :

$$\text{для диаметра 214 мм } A_1 = 6(214 \times 312 - 316 \times 80) = 24,8 \times 10^4 \text{ мм}^2;$$

$$\text{для диаметра 300 мм } A_3 = 3(300 \times 688 - 316 \times 80) = 54,3 \times 10^4 \text{ мм}^2;$$

$$\text{для диаметра 248 мм } A_4 = 4(248 \times 200 - 316 \times 80) = 9,7 \times 10^4 \text{ мм}^2;$$

$$\text{для диаметра 194 мм } A_5 = 7(194 \times 300 - 316 \times 80) = 22,8 \times 10^4 \text{ мм}^2;$$

За основное сечение принимают ступень диаметром 300 мм, для которой произведение  $A_3$  является наибольшим.

В связи с тем, что за основное сечение принят выступ не с большим диаметром, назначаем на диаметр 316 мм дополнительный припуск 3 мм.

Поковка с назначенными на нее основными и дополнительными припусками приведена на рис. 3.30.

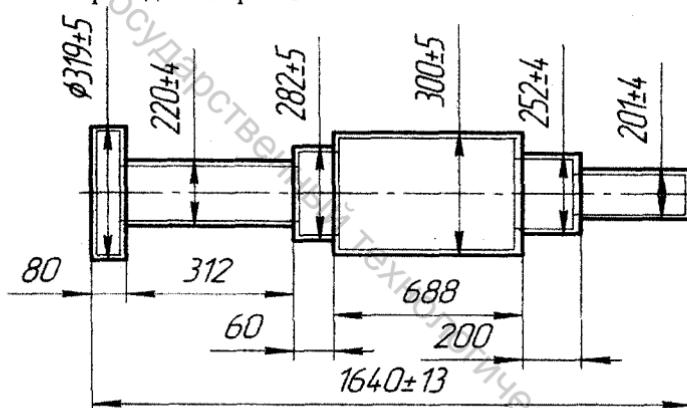


Рисунок 3.30 – Поковка с основными и дополнительными припусками

4. Проверка выполнимости концевых и промежуточных уступов, фланца и выемки (рис. 3.21).

Примем, что поковка будет изготавливаться на молоте, имеющем бойки шириной  $B_0 = 350$  мм, тогда:

а) промежуточный уступ диаметром 282 мм и длиной 60 мм невыполним, так как его длина менее величины  $L = 0,5 \times B_0 = 175$  мм. Доведение уступа до выполнимых размеров за счет напуска по длине нецелесообразно, так как при этом прилегающая к нему выемка будет невыполнимой.

Поэтому уступ ликвидируют за счет напуска по диаметру. Принимают диаметр уступа равным диаметру соседнего выступа 300 мм;

б) промежуточный уступ диаметром 252 мм и длиной 200 мм выполним, так как высота уступа  $h' = 0,5 \times (300 - 252) = 24$  мм более

минимальной высоты 7 мм, регламентируемой в таблице 3.28, а его длина более минимальной длины  $L = 0,5 \times B_0 = 0,5 \times 350 = 175$  мм, регламентируемой в таблице 3.29;

в) концевой уступ диаметром 201 мм и длиной 324 мм выполним, так как высота его  $h' = 0,5 \times (252 - 201) = 26$  мм более минимальной высоты 6 мм, регламентируемой в табл. 3.28, а длина более минимальной длины  $L = 0,5 \times B_0 = 0,5 \times 350 = 175$  мм, регламентируемой в таблице 3.29;

г) выемка диаметром 220 мм и длиной 312 мм невыполнима, так как согласно таблице 3.30 минимальная длина засечки  $L_2'' = 0,7 \times B_0 = 0,7 \times 350 = 245$  мм, а минимальный диаметр выполнимой выемки длиной  $L_2'' = 312$  мм при засечении ее от диаметра  $D_3 = 300$  мм из условия постоянства объема ступени равен:

$$D_{min} = D_3 \sqrt{\frac{L_2''}{L_2}} = 300 \sqrt{\frac{245}{312}} = 266 \text{ мм.}$$

Доводят выемку до выполнимых размеров за счет напусков по диаметру, принимая диаметр выемки 266 мм;

д) фланец диаметром 319 мм и длиной 80 мм при диаметре соседнего уступа 266 мм, выполним, так как длина его более минимальной величины  $319 \times 0,2 = 64$  мм.

Окончательные размеры поковки с назначеными на нее основными и дополнительными припусками после проверки выполнимости уступов, фланца и выемки приведены на рисунке 3.31.

Длина напусков отруба на торцевых поверхностях не должна превышать  $0,18(D + \delta)$ . Угол скоса составляет  $10^\circ$ .

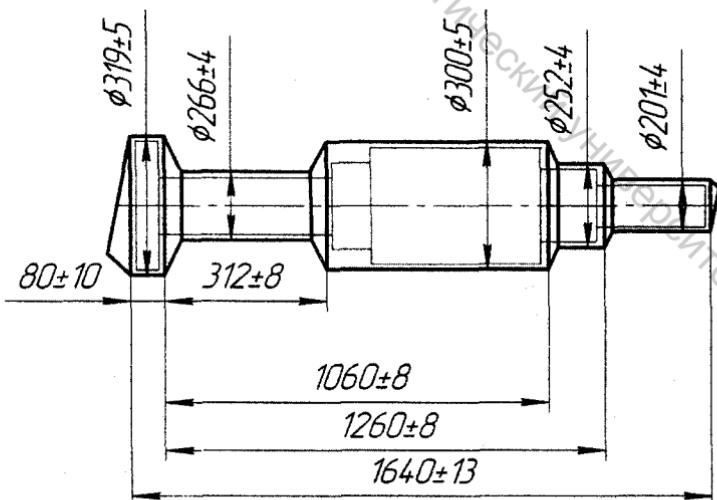
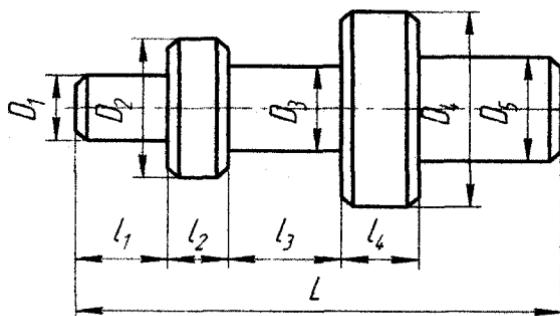


Рисунок 3.31 – Окончательная поковка с назначеными на нее припусками

### Варианты к заданию 13



Размеры, мм		№ варианта									
	№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Диаметры	D <sub>1</sub>	а 100 б 200 в 300	100 100 100	100 100 100	200 200 200	100 100 100	100 100 100	120 120 120	50 100 50	50 50 50	150 160 160
	D <sub>2</sub>	а - б - в -	150 150 110	150 110 200	100 190 100	200 110 200	150 110 150	150 110 100	100 100 60	100 100 60	100 100 60
	D <sub>3</sub>	а - б - в -	- - 300	50 50 110	150 250 110	300 250 210	200 200 160	80 80 80	50 50 90	150 160 40	50 50 50
Длины	D <sub>4</sub>	а - б - в -	- - -	- - -	- - -	- - -	190 50 150	150 150 150	100 110 100	100 100 100	100 100 60
	D <sub>5</sub>	а - б - в -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	50 100 50	50 50 50	150 160 160
	D <sub>6</sub>	а 400 б 200 в 100	100 50 250	100 150 250	200 200 200	200 200 200	200 200 150	150 150 150	100 150 150	100 150 150	100 150 150
Длины	l <sub>1</sub>	а 400 б 200 в 100	100 50 250	100 150 250	200 200 200	200 200 200	200 200 150	150 150 150	100 150 150	100 150 150	100 150 150
	l <sub>2</sub>	а - б - в -	- - -	150 100 50	200 50 200	250 250 250	150 200 50	100 100 150	100 100 100	100 100 100	100 100 100
	l <sub>3</sub>	а - б - в -	- - -	- - -	- - -	- - -	300 200 100	250 50 150	100 100 100	40 150 40	50 150 300
Длины	l <sub>4</sub>	а - б - в -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	100 100 100	100 100 100	100 100 100
	L	а 400 б 200 в 100	300 300 300	300 400 500	600 600 600	750 750 750	800 800 700	650 650 650	500 600 600	450 650 500	450 650 800
	Марка стали	Ст 35	Ст 40	Ст 45	Ст 55	Ст 60	Ст 20Х	Ст 40Х	Ст 30Г	Ст 50Г 2	Ст 65Г

Варианты 1 а, б, в – представляют собой гладкие валы и диски;  
варианты 2 а, б, в – ступенчатые валы и валы с фланцем;  
варианты 3 а, б, в – валы с двумя уступами;  
варианты 4 а, б, в – валы с выемками;  
варианты 5 а, б, в – многоступенчатые валы;  
варианты 6 а, б, в – многоступенчатые валы с уступами;  
варианты 7 а, б, в – многоступенчатые валы с выемками;  
варианты 8, 9, 10 – сложные валы с выступами, выемками и  
фланцами.

Витебский государственный технологический университет

## 4 Проектирование литых и сварных заготовок

### 4.1 Общие сведения о конструктивных параметрах отливок

Отливки по назначению разделяют на три группы: отливки общего назначения; отливки ответственного назначения и отливки особо ответственного назначения. Конфигурация и размеры отливок общего назначения определяются только конструктивными и технологическими соображениями. Отливки ответственного назначения работают при статических нагрузках, а также в условиях трения скольжения. Отливки особо ответственного назначения работают при циклических и динамических нагрузках.

Для всех трех групп важнейшими характеристиками являются точность и химический состав, а для второй и третьей групп дополнительной характеристикой являются механические свойства.

Точность отливки характеризуется классом размерной точности, степенью коробления, степенью точности поверхностей и классом точности массы.

В соответствии с ГОСТ 26645–85 установлены: 22 класса точности размеров и масс отливок из металлов и сплавов (1, 2, 3т, 3, 4, 5т, 5, 6, 7т, 7, 8, 9т, 9, 10, 11т, 11, 12, 13т, 13, 14, 15, 16); 11 степеней коробления элементов отливок (1...11) и 22 степени точности поверхностей отливок (1...22).

Классы размерной точности и масс назначают в зависимости от способа литья или, наоборот, выбирают способ литья в зависимости от назначенного класса. Дополнительно на выбор класса размерной точности влияют наибольшие габаритные размеры отливки, а на выбор класса точности масс влияют номинальная масса и тип сплава отливки (табл. 4.1, 4.5).

Меньшие значения классов относятся к простым отливкам и условиям массового и автоматизированного производства, большие—к сложным отливкам единичного и мелкосерийного производства.

Степени коробления отливок определяются отношением наименьшего и наибольшего размеров элементов отливки, конструктивной особенностью формы и типом сплава (табл. 4.2).

Степени точности поверхностей отливок определяются способом литья, габаритными размерами и типом сплава (табл. 4.3).

Таблица 4.1 – Классы размерной точности отливок

Технологический процесс литья	Наибольший габаритный размер отливки, мм	Класс размерной точности отливки для различных типов сплавов				
		Цветные легкие нетермообрабатываемые сплавы	Нетермообрабатываемые черные и цветные тугоплавкие сплавы, термообрабатываемые цветные легкие сплавы	Термообрабатываемые чугунные и цветные тугоплавкие сплавы	Термообрабатываемые стальные сплавы	
1	2	3	4	5	6	
Литье под давлением в металлические формы и по выжигаемым моделям с применением малотермоморасширяющихся огнеупорных материалов (плавленого кварца, корунда и т.п.)	До 100 Св. 100 > 250 > 250 > 630	3т...6 3...7т 4...7	3...7т 4...7 5т...8	4...7 5т...8 5...9т	5т...8 5...9т 6...9	
Литье по выжигаемым моделям с применением кварцевых огнеупорных материалов	До 100 Св. 100 > 250 > 250 > 630	3...7 4...8 5т...9т	4...8 5т...9т 5...9	5т...9т 5...9 6...10	5...9 6...10 7т...11т	
Литье по выплавляемым моделям с применением кварцевых огнеупорных материалов	До 100 Св. 100 > 250 > 250 > 630	4...8 5т...9т 5...9	5т...9т 5...9 6...10	5...9 6...10 7т...11т	6...10 7т...11т 7...11	
Литье под низким давлением и в кокиль без песчаных стержней	До 100 Св. 100 > 250 > 250 > 630 > 630 > 1600 > 1600 > 4000	5т...9т 5...9 6...10 7т...11т 7...11	5...9 6...10 7т...11т 7...11 8...12	6...10 7т...11т 7...11 8...12 9т...13т	7т...11т 7...11 8...12 9т...13т 9...13	

Продолжение таблицы 4.1

Литье в песчано-глинистые сырьевые формы из низко-влажных (до 2,8%) высокопрочных (более 160 кПа) смесей с высоким и однородным уплотнением до твердости не ниже 90ед.	До 100	5...10	6...11т	7т...11	7...12
	Св. 100 > 250	6...11т	7т...11	7...12	8...13т
	> 250 > 630	7т...11	7...12	8...13т	9т...13
	> 630 > 1600	7...12	8...13	9т...13	9...13
	> 1600 > 4000	8...13т	9т...13	9...13	10...14
	>4000> 10000	9т...13	9...13	10...14	11т...14
Литье по газифицированным моделям в песчаные формы.					
Литье в формы, отверженные в контакте с холодной оснасткой.	До 100	5...10	6...11т	7т...11	7...12
	Св. 100 > 250	6...11т	7т...11	7...12	8...13т
	> 250 > 630	7т...11	7...12	8...13т	9т...13т
	> 630 > 1600	7...12	8...13т	9т...13	9...13
	> 1600 > 4000	8...13т	9т...13	9...13	10...14
	>4000> 10000	9т...13	9...13	10...14	11т...14
Литье под низким давлением и в кокиль с песчаными стержнями.					
Литье в облицованный кокиль					
Литье в песчано-глинистые формы из смесей с влажностью от 2,8 до 3,%, с прочностью от 120 до 160 кПа, со средним уровнем уплотнения до твердости не ниже 80ед.	До 100	6...11т	7т...11	7...12	8...13т
	Св. 100 > 250	7т...11	7...12	8...13т	9т...13
	> 250 > 630	7...12	8...13т	9т...13	9...13
	> 630 > 1600	8...13т	9т...13	9...13	10...14
	> 1600 > 4000	9т...13	9...13	10...14	11т...14
	>4000> 10000	9...13	10...14	11т...14	11...15
Литье центробежное (внутренние поверхности).					
Литье в формы, отверждаемые в контакте с горячей оснасткой.					
Литье в вакуумно-пленочные песчаные формы					

Окончание таблицы 4.1

Литье в песчано-глинистые сырье формы из смесей с влажностью от 3,5 до 4,5% и прочностью от 60 до 120 кПа, с уровнем уплотнения до твердости не ниже 70 ед.	Литье в оболочковые формы из термореактивных смесей.	Литье в формы, отверждаемые вне контакта с оснасткой без тепловой сушки.	Литье в формы из жидких самотвердеющих смесей.	Литье в песчано-глинистые подсущенные и сухие формы	До 100	7...11	7...12	8...13т	9т...13
					Св. 100 > 250	7...12	8...13т	9т...13	9...13
					> 250 > 630	8...13т	9т...13	9...13	10...14
					> 630 > 1600	9т...13	9...13	10...14	11т...14
					> 1600 > 4000	9...13	10...14	11т...14	11...15
					>4000> 10000	10...14	11т...14	11...15	12...15

Таблица 4.2 – Степени коробления элементов отливок

Отношение наименьшего размера элемента отливки к наибольшему (толщины или высота к длине элемента отливки)	Степень коробления элементов отливки			
	Многократные формы		Разовые формы	
	Нетермо-обрабатываемые отливки	Термообрабатываемые отливки после правки	Нетермо-обрабатываемые отливки	Термообрабатываемые отливки после плавки
Св.0,200	1...4	2...5	3...6	4...7
> 0,100 до 0,200	2...5	3...6	4...7	5...8
> 0,050 > 0,100	3...6	4...7	5...8	6...9
> 0,025 > 0,050	4...7	5...8	6...9	7...10
> 0,025	5...8	6...9	7...10	8...11

## Примечания.

1. Меньшие значения диапазонов степеней коробления относятся к простым отливкам из легких цветных сплавов, большие значения – к сложным отливкам из черных сплавов.

2. Степень коробления отливки, указываемую на чертеже, следует принимать по ее элементу с наибольшей степенью коробления.

Таблица 4.3 – Степени точности поверхностей отливок

Технологический процесс литья	Наибольший габаритный размер отливки, мм	Тип сплава			
		Цветные тяжелые сплавы	Легкие нетермообрабатываемые сплавы	Черные цветные и термообрабатываемые сплавы	Черные цветные и термообрабатываемые сплавы
		Пластичные	Пластичные	Пластичные	Стальные
Степень точности поверхностей					
Литье под давлением в металлические формы	До 100 Св. 100 > 250 > 250 > 630	2...6 3...7 4...8	3...7 4...8 5...9	4...8 5...9 6...10	5...9 6...10 7...11

Продолжение таблицы 4.3

Литье в керамические формы, литье по выжигаемым и выплавляемым моделям	До 100 Св. 100 > 250 > 250 > 630	3...8 4...9 5...10	4...9 5...10 6...11	5...10 6...11 7...12	6...11 7...12 8...13
Литье под низким давлением и в кокиль без песчаных стержней, центробежное литье в металлические формы	До 100 Св. 100 > 250 > 250 > 630	4...9 5...10 6...11	5...10 6...11 7...12	7...11 7...12 8...13	7...12 8...13 9...14
Литье в оболочковые формы из термореактивных смесей. Литье в облицованный кокиль, литье в вакуумно-пленочные песчаные формы	До 100 Св. 100 > 250 > 250 > 630	6...12 7...13 8...14	7...13 8...14 9...15	8...14 9...15 10...16	9...15 10...16 11...17
Литье по газифицируемым моделям в песчаные формы. Литье в песчано-глинистые сырье формы из низко-влажных (2,8 %) высокопрочных (более 160 кПа) смесей, с высоким и однородным уплотнением до твердости не ниже 90 ед.	До 100 Св. 100 > 250 > 250 > 630 > 630 > 1600 > 1600 > 4000	7...14 8...15 9...16 10...17 11...18	8...15 9...16 10...17 11...18 12...19	9...16 10...17 11...18 12...19 13...19	10...17 11...18 12...19 13...19 14...20
Литье в песчаные отверженные, сухие или подсущенные формы, окрашенные покрытиями на водной основе, нанесенными пульверизацией или окунанием. Литье в кокиль с песчаными стержнями	До 100 Св. 100 > 250 > 250 > 630 > 630 > 1600 > 1600 > 4000	7...14 8...15 9...16 10...17 11...18	8...15 9...16 10...17 11...18 12...19	9...16 10...17 11...18 12...19 13...19	10...17 11...18 12...19 13...19 14...20
Литье в песчаноглинистые сырье формы из смесей с влажностью от 2,8 до 3,5 % и прочностью от 120 до 160 кПа. Со средним уровнем уплотнения до твердости не ниже 80 ед. Литье в песчаные отверженные, сухие или подсущенные формы, окрашенные покрытиями на водной основе, нанесенными кистью или самовысыхающими покрытиями, нанесенными пульверизацией или окунанием	До 100 Св. 100 > 250 > 250 > 630 > 630 > 1600 > 1600 > 4000 > 4000 > 10000	8...15 9...16 10...17 11...18 12...19 13...19	9...16 10...17 11...18 12...19 13...19 14...20	10...17 11...18 12...19 13...19 14...20 15...20	11...18 12...19 13...19 14...20 15...20 16...21

### Окончание таблицы 4.3

Литье в песчано-глинистые сырьи формы из смесей с влажностью от 3,5 до 4,5 % и прочностью от 60 до 120 кПа, с уровнем уплотнения до твердости не ниже 70 ед.	До 100 Св. 100 > 250 > 250 > 630 > 630 > 1600 > 1600 > 4000 > 4000 > 10000	9...16	10...17	11...18	12...19
		10...17	10...17	11...18	12...19
Литье в песчаные отверженные сухие или подсущенные формы окрашенные само- высыхающими или самотвердеющими по-крытиями, нанесенными кистью		11...18	12...19	13...19	14...20
		12...19	13...19	14...20	15...20
Литье в песчаноглинистые сырьи формы из высоковлажных (выше 4,5 %) низкопрочных (до 120 кПа) смесей с низким уровнем уплотнения, твердостью ниже 70 ед.	До 100 Св. 100 > 250 > 250 > 630 > 630 > 1600 > 1600 > 4000 > 4000 > 10000	13...19	14...20	15...20	16...21
		14...20	15...20	16...21	17...21
Литье в песчаные отверженные сухие или подсущенные неокрашенные формы.		10...17	11...18	12...19	13...19
		11...18	12...19	13...19	14...20
Литье в формы из жидких отвергающих смесей		12...19	13...19	14...20	15...20
		13...19	14...20	15...20	16...21

**Примечание.** В таблице указаны диапазоны степеней точности поверхности отливок, обеспечиваемых различными технологическими процессами литья. Меньшие из значений относятся к простым отливкам и условиям массового автоматизированного производства, большие – к сложным отливкам единичного и мелкосерийного производства, средние – к отливкам средней сложности и условиям механизированного серийного производства.

Таблица 4.4 – Шероховатость поверхностей отливок

Шероховатость поверхности	Значения шероховатости для степеней точности поверхности отливки										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$R_a$ , мкм	2,0	2,5	3,2	4,0	5,0	6,3	8,0	10,0	12,5	16,0	20,0
$R_z$ , мкм	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 4.5

Литье по выплавляемым моделям с применением кварцевых огнеупорных материалов	До 1,0 Св.1,0 > 10 > 10 > 100	3т...9 3...10 4...11т	3...10 4...11т 5т...11	4...11т 5т...11 5...12	5т...11 5...12 6...13т
Литье под низким давлением и в кокиль без песчаных стержней	До 1,0 Св.1,0 > 10 > 10 > 100 >100 >1000 > 1000 >10000	3...10 4...11т 5т...11 5...12 6...13т	4...11т 5т...11 5...12 6...13т 7т...13	5т...11 5...12 6...13т 7т...13 7...14	5...12 6...13т 7т...13 7...14 8...15
Литье в песчано-глинистые сырье формы из низковлажных (до 2,8 %) высокопрочных (более 160 кПа) смесей, с высоким и однородным уплотнением до твердости не ниже 90 ед.	До 1,0 Св.1,0..10 ..10..100 > 100 > 1000 > 1000 >10000 >10000>100000	4...11 5т...12 5...13т 6...13 7т...14 7т...14	5т...12 5...13т 6...13 7т...14 7...15 8...15	5...13т 6...13 7т...14 7...15 8...15 9т...16	6...13 7т...14 7...15 8...15 9т...16 9...16
Литье по газифицированным моделям в песчаные формы					
Литье в формы, отверженные в контакте с холодной оснасткой.	До 1,0 Св.1,0..10	4...11 5т...12	5т...12 5...13т	5...13т 6...13	6...13
Литье под низким давлением и в кокиль с песчаными стержнями.	..10..100 > 100 >1000 >1000 >10000 >10000>100000	5...13т 6...13 7т...14 7т...15	6...13 7т...14 7...15 8...15	6...13 7т...14 7...15 8...15 9т...16	7т...14 7...15 8...15 9т...16
Литье в облицованный кокиль					

Окончание таблицы 4.4

Шероховатость поверхности	Значения шероховатости для степеней точности поверхности отливки										
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
R <sub>a</sub> , мкм	25,0	32,0	40,0	50,0	63,0	80,0	100	-	-	-	-
R <sub>z</sub> , мкм	-	-	-	-	-	-	-	500	630	800	1000

Примечание. R<sub>a</sub> – среднее арифметическое отклонение профиля;  
R<sub>z</sub> – высота неровностей профиля по десяти точкам.

Таблица 4.5 – Классы точности массы отливок

Технологический процесс литья	Номинальная масса отливки, кг	Тип сплава			
		Цветные легкие нетермообрабатываемые сплавы	Нетермообрабатываемые черные и цветные тугоплавкие сплавы и термообрабатываемые цветные легкие сплавы	Термообрабатываемые чугунные и цветные тугоплавкие сплавы	Термообрабатываемые стальные сплавы
		Класс точности массы отливки			
Литье под давлением в металлические формы и по выжигаемым моделям с применением малотерморасширяющихся огнеупорных материалов (плавленого кварца, корунда и т.п.)	До 1,0 Св.1,0 > 10 > 10 > 100	1...7 2...8 3т...9т	2...8 3т...9т 3...9	3т...9т 3...9 4...10	3...9 4...10 5т...11т
Литье по выжигаемым моделям с	До 1,0 Св.1,0 > 10 > 10 > 100	2...9т 3т...9 3...10	3т...9 3...10 4...11т	3...10 4...11т 5т...11	4...11т 5т...11 5...12

Окончание таблицы 4.5

Литье в песчано-глинистые сырье формы из смесей с влажностью от 2,8 до 3,5 % и прочность от 120 до 160 кПа, со средним уровнем уплотнения до твердости не ниже 80 ед.	До 1,0 Св.1,0..10 ..10..100 > 100 >1000 >1000 >10000 >10000 >100000	5т...12 5...13т 6...13 7т...14 7...15 8...15 8...15	5...13т 6...13 7т...14 7...15 8...15 9т..16 9...16	6...13 7т...14 7...15 8...15 9т..16 9...16	7т...14 7...15 8...15 9т..16 9...16 10...16
Литье центробежное (внутренние поверхности).					
Литье в формы отверждаемые в контакте с горячей оснасткой.					
Литье в вакуумно-пленочные песчаные формы					
Литье в песчано-глинистые сырье формы из смесей с влажностью от 3,5 до 4,5 % и прочностью от 60 до 120 кПа, со средним уровнем уплотнения до твердости не ниже 70 ед.					
Литье в оболочковые формы из термореактивных смесей.	До 1,0 Св.1,0..10 ..10..100 > 100 >1000 >1000 >10000 >10000 >100000	5...13т 6...13 7т...14 7...15 8...15 9т..16 9...16	6...13 7т...14 7...15 8...15 9т..16 9...16	7т...14 7...15 8...15 9т..16 9...16	7...15 8...15 9т..16 9...16 10...16 11т...16
Литье в формы отверженные вне контакта с оснасткой без теплой сушки.					
Литье в песчано-глинистые подсушенные и сухие формы.					
Литье в формы из жидких самотвердеющихся смесей					
Литье в песчано-глинистые сырье формы из высоко влажных (более 4,5 %) низкопрочных (до 60 кПа) смесей с низким уровнем уплотнения до твердости не ниже 70 ед.	До 1,0 Св.1,0..10 ..10..100 > 100 >1000 >1000 >10000 >10000 >100000 >10000	6...13 7т...14 7...15 8...15 9т..16 9...16 10...16	7т...14 7...15 8...15 9т..16 9...16 10...16 11т...16	7...15 8...15 9т..16 9...16 10...16 11т...16 11...16	8...15 9т..16 9...16 10...16 11т...16 11...16 12...16

#### 4.1.1 Назначение допусков и отклонений отливок

Допуски размеров отливок регламентирует ГОСТ 26645-85. Взаимосвязь между размерами отливки и допусками представлена на рис.4.1

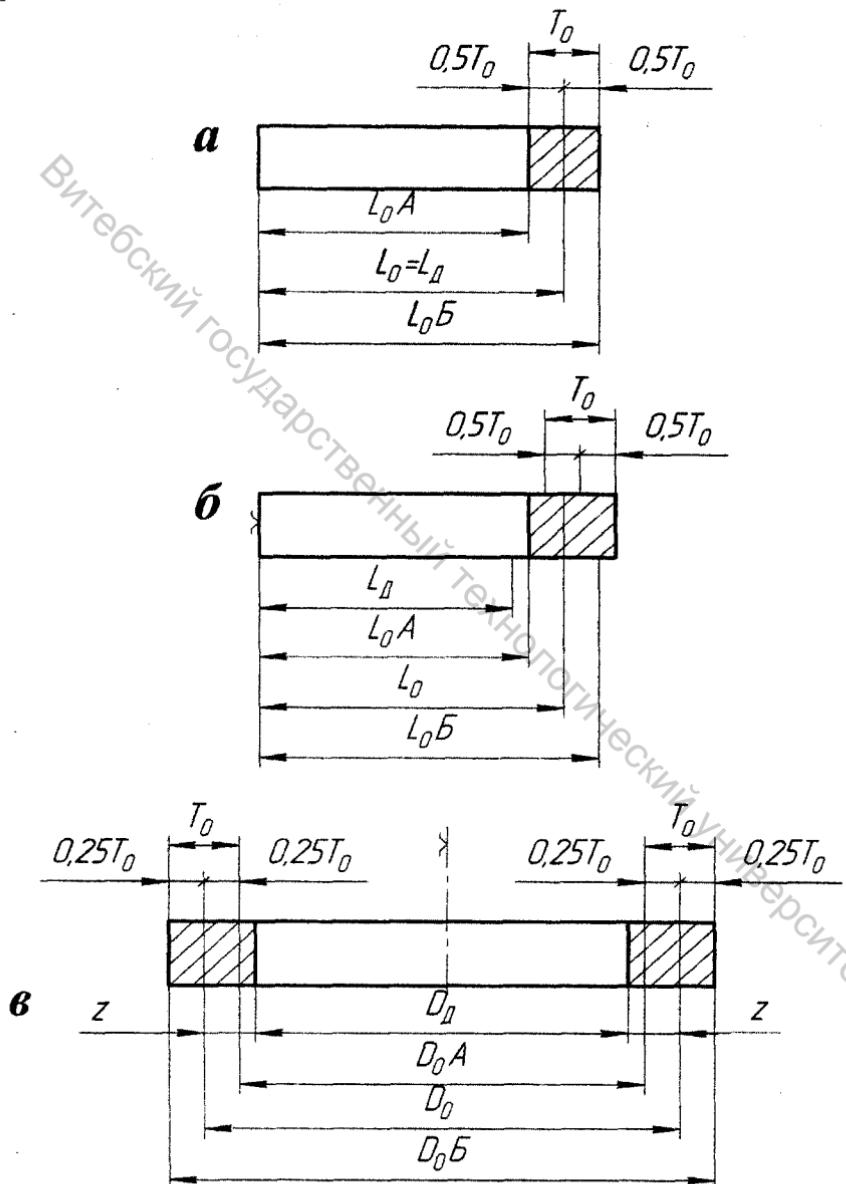


Рисунок 4.1 – Схемы расположения размеров отливок

На рис. 4.1  $L_d$  и  $D_d$  – номинальный размер детали;  $L_0$  и  $D_0$  – номинальный размер отливки;  $L_0A$  и  $D_0A$  – наименьший размер отливки;  $L_0B$  и  $D_0B$  – наибольший размер отливки;  $T_0$  – допуск отливки;  $Z$  – припуск (средний) на обработку резанием; а - схема расположения номинального, предельных размеров отливки и допуска; б - схема расположения номинальных размеров детали и отливки; предельных размеров и допуска отливки при обработке резанием каждой поверхности отливки от своей базы; в - схема расположения размеров отливок типа тел вращения от общей базы.

Допуски линейных размеров отливок без учета их смещения и коробления приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Допуски (мм, не более) линейных размеров отливок (по ГОСТ 26645–85)

Интервалы номинальных размеров (свыше – до), мм	Классы точности размеров отливок										
	1	2	3т	3	4	5т	5	6	7т	7	8
До 4	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64
4–6	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70
6–10	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80
10–16	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90
16–25	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00
25–40	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10
40–63	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20
63–100	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40
100–160	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60
160–250	-	-	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80
250–400	-	-	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00
400–630	-	-	-	-	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,80	2,40
630–1000	-	-	-	-	-	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40
1000–1600	-	-	-	-	-	-	-	1,40	1,80	2,20	2,80
1600–2500	-	-	-	-	-	-	-	-	2,00	2,40	3,20
2500–4000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,20	3,60
4000–6300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6300–10000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### Окончание таблицы 4.6

Интервалы номинальных размеров (свыше – до), мм	Классы точности размеров отливок										
	9т	9	10	11т	11	12	13т	13	14	15	16
До 4	0,80	1,00	1,2	1,6	2,0	-	-	-	-	-	-
4–6	0,90	1,10	1,4	1,8	2,2	2,8	-	-	-	-	-
6–10	1,00	1,20	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	-	-	-
10–16	1,10	1,40	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	-	-
16–25	1,20	1,60	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0
25–40	1,40	1,80	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0
40–63	1,60	2,00	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0
63–100	1,80	2,40	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0
100–160	2,00	2,40	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0
160–250	2,40	2,80	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22,0
250–400	2,40	3,20	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0
400–630	2,80	3,60	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22,0	28,0
630–1000	3,20	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0
1000–1600	3,60	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22,0	28,0	36,0
1600–2500	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	40,0
2500–4000	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	14,0	18,0	22,0	28,0	36,0	44,0
4000–6300	6,0	6,4	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	40,0	50,0
6300–10000	-	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	40,0	50,0	60,0

Значения предельных отклонений короблений приведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Предельные отклонения (мм) короблений элементов отливок (по ГОСТ 26645–85)

Интервалы наибольших габаритных размеров отливки (свыше – до), мм	Степень коробления отливки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
До 100	-	-	-	-	-	0,1	0,16	0,24	0,40	0,50
100–160	-	-	-	-	0,1	0,16	0,24	0,40	0,40	1
160–240	-	-	-	-	0,16	0,24	0,40	0,60	0,60	1,6
240–400	-	-	0,1	0,1	0,24	0,40	0,60	1	1	2,4
400–630	-	0,1	0,16	0,16	0,40	0,60	1	1,6	1,6	4
630–1000	0,1	0,16	0,24	0,24	0,60	1	1,6	2,4	2,4	6
1000–1600	0,16	0,24	0,40	0,40	1	1,6	2,4	4	4	10
1600–2400	0,24	0,40	0,60	0,60	1,6	2,4	4	6	6	16
2400–4000	-	0,60	1	1	2,4	4	6	10	10	24
4000–6300	-	-	1,6	1,6	4	6	10	16	16	40
6300–10000	-	-	-	-	6	10	16	24	24	60

Допуски формы и расположения поверхностей отливки (отклонения от прямолинейности, плоскостности, параллельности, перпендикулярности, заданного профиля) в диаметральном выражении приведены в таблице 4.8.

Таблица 4.8

Номинальный размер нормируемого участка отливки, мм	Степени коробления элементов отливки, мм не более										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
До 125	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20
Св. 125 до 160	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60
>>160 >>200	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00
>>200 >>250	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40
>>250 >>315	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20
>>315 >>400	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00
>>400 >>500	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00
>>500 >>630	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40
>>630 >>800	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00
>>800 >>1000	1,00	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	10
>>1000 >>1200	1,20	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	10	12
>>1200 >>1600	1,60	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	10	12	16
>>1600 >>2000	2,00	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	10	12	16	20
>>2000 >>2500	2,40	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	10	12	16	20	24
>>2500 >>3150	3,20	4,00	5,00	6,40	8,00	10	12	16	20	24	32
>>3150 >>4000	4,00	5,00	6,40	8,00	10	12	16	20	24	32	40
>>4000 >>5000	5,00	6,40	8,00	10	12	16	20	24	32	40	50
>>5000 >>6300	6,40	8,00	10	12	16	20	24	32	40	50	64
>>6300 >>8000	8,00	10	12	16	20	24	32	40	50	64	80
>>8000 >>10000	10	12	16	20	24	32	40	50	64	80	-
Св. 10000	12	16	20	24	32	40	50	64	80	-	-

Примечание. За номинальный размер нормируемого участка при определении допусков формы и расположения следует принимать наибольший размер нормируемого участка элемента отливки, для которого регламентируются отклонения формы и расположения поверхности.

Общие допуски элементов отливок, учитывающие совместное влияние допуска размера от поверхности базы и допусков формы и расположения поверхности, приведены в таблице 4.9.

Таблица 4.9

Допуск размера от поверхности до базы	Допуск формы и расположения поверхности	Общий допуск элементов отливки, не более	Допуск размера от поверхности до базы	Допуск формы и расположения поверхности	Общий допуск элементов отливки, не более
До 0,01	До 0,01 Св. 0,01>>0,02	0,02 0,03	Св. 0,08 до 0,1	До 0,02 Св. 0,02 >>0,04 >>0,04>>0,06 >>0,06>>0,08 >>0,08>>0,10 >>0,10>>0,12	0,10 0,11 0,12 0,14 0,16 0,18
Св. 0,01 до 0,02	До 0,01 Св. 0,01>>0,02 >>0,02>>0,03 >>0,03>>0,04	0,02 0,03 0,04 0,05			

Окончание таблицы 4.9

Св. 0,02 до 0,03	До 0,01	0,03	Св. 0,10 до 0,12	>>0,12>>0,16	0,22
	Св. 0,01 >>0,02	0,04		>>0,16>>0,20	0,28
	>>0,02>>0,03	0,05			
	>>0,03>>0,04	0,06		До 0,02	0,12
	>>0,04>>0,05	0,07		Св. 0,02 >>0,06	0,14
	>>0,05>>0,06	0,08		>>0,06>>0,08	0,16
				>>0,08>>0,10	0,18
				>>0,10>>0,12	0,20
				>>0,12>>0,16	0,24
				>>0,16>>0,20	0,28
				>>0,20>>0,24	0,32
Св. 0,03 до 0,04	До 0,01	0,04	Св. 0,12 до 0,16	До 0,03	0,16
	Св. 0,01 >>0,03	0,05		Св. 0,03 >>0,06	0,18
	>>0,03>>0,04	0,06		>>0,06>>0,10	0,20
	>>0,04>>0,05	0,07		>>0,10>>0,12	0,22
	>>0,05>>0,06	0,08		>>0,12>>0,16	0,28
	>>0,06>>0,08	0,11		>>0,16>>0,20	0,32
				>>0,20>>0,24	0,36
				>>0,24>>0,32	0,44
Св. 0,04 до 0,05	До 0,01	0,05	Св. 0,16 до 0,20	До 0,03	0,20
	Св. 0,01 >>0,03	0,06		Св. 0,03 >>0,08	0,22
	>>0,03>>0,04	0,07		>>0,08>>0,12	0,24
	>>0,04>>0,05	0,08		>>0,12>>0,16	0,28
	>>0,05>>0,06	0,09		>>0,16>>0,20	0,32
	>>0,06>>0,08	0,11		>>0,20>>0,24	0,36
	>>0,08>>0,10	0,14		>>0,24>>0,32	0,44
				>>0,32>>0,40	0,56
Св. 0,05 до 0,06	До 0,02	0,06	Св. 0,20 до 0,24	До 0,06	0,24
	Св. 0,02 >>0,03	0,07		Св. 0,06 >>0,12	0,28
	>>0,03>>0,04	0,08		>>0,12>>0,16	0,32
	>>0,04>>0,05	0,09		>>0,16>>0,20	0,36
	>>0,05>>0,06	0,10		>>0,20>>0,24	0,40
	>>0,06>>0,08	0,12		>>0,24>>0,32	0,50
	>>0,08>>0,10	0,14		>>0,32>>0,40	0,56
	>>0,10>>0,12	0,16		>>0,40>>0,48	0,64
Св. 0,06 до 0,08	До 0,02	0,08			
	Св. 0,02 >>0,04	0,09			
	>>0,04>>0,05	0,10			
	>>0,05>>0,06	0,11			
	>>0,06>>0,08	0,14			
	>>0,08>>0,10	0,16			
	>>0,10>>0,12	0,18			
	>>0,12>>0,16	0,22			

Отклонение массы отливки зависит от её номинального значения и точности изготовления. Допускаемые величины отклонения массы приведены в таблице 4.10. Нижнее отклонение массы оговаривают в особых случаях в чертежах.

Таблица 4.10 – Верхние предельные отклонения (%) массы отливок (по ГОСТ 26645-85)

Интервалы номинальных масс (свыше – до), кг	Классы точности массы отливки										
	1	2	3т	3	4	5т	5	6	7т	7	8
До 0,1	1,6	2,0	2,4	3	4	5	6	8	10	12	16
0,1–0,25	1,2	1,6	2,0	2,4	3	4	5	6	8	10	12
0,25–0,63	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3	4	5	6	8	10
0,63–1	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3	4	5	6	8
1–2,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3	4	5	6
2,5–6,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3	4	5
6,3–10	–	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3	4
10–25	–	–	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3
25–63	–	–	–	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4
63–100	–	–	–	–	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
100–250	–	–	–	–	–	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
250–630	–	–	–	–	–	–	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
630–1000	–	–	–	–	–	–	–	0,5	0,6	0,8	1,0
1000–2500	–	–	–	–	–	–	–	–	0,5	0,6	0,8
2500–6300	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,5	0,6
6300–10000	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10000–25000	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Св. 25000	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Интервалы номинальных масс (свыше – до), кг	Классы точности массы отливки										
	9т	9	10	11т	11	12	13т	13	14	15	16
До 0,1	20	–	–	20	–	–	–	–	–	–	–
0,1–0,25	16	20	–	16	–	–	–	–	–	–	–
0,25–0,63	12	16	20	12	–	–	–	–	–	–	–
0,63–1	10	12	16	10	–	–	–	–	–	–	–
1–2,5	8	10	12	8	20	–	–	–	–	–	–
2,5–6,3	6	8	10	6	16	20	–	–	–	–	–
6,3–10	5	6	8	5	12	16	20	–	–	–	–
10–25	4	5	6	4	10	12	16	20	–	–	–
25–63	3	4	5	3	8	10	12	16	20	–	–
63–100	2,4	3	4	2,4	6	8	10	12	16	20	–
100–250	2,0	2,4	3	2,0	5	6	8	10	12	16	20
250–630	1,6	2,0	2,4	1,6	4	5	6	8	10	12	16
630–1000	1,2	1,6	2,0	1,2	3	4	5	6	8	10	12
1000–2500	1,0	1,2	1,6	1,0	2,4	3	4	5	6	8	10
2500–6300	0,8	1,0	1,2	0,8	2,0	2,4	3	4	5	6	8
6300–10000	0,6	0,8	1,0	–	1,6	2,0	2,4	3	4	5	6
10000–25000	0,5	0,6	0,8	–	1,2	1,6	2,0	2,4	3	4	5
Св. 25000	–	0,5	0,6	–	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3	4

#### 4.1.2 Назначение припусков на обработку

**Общий припуск** на обработку включает основной припуск и дополнительный. Основной припуск определяется допуском на размер отливки и соответствующим рядом (табл. 4.13). Между рядом припусков и классами точности в зависимости от способа литья существуют соотношения, определяемые таблицей 4.10.

**Дополнительный припуск** (табл. 4.12) компенсирует отклонение расположения элементов отливки, коробление, смещение по плоскости разъёма, погрешности расположения обрабатываемой поверхности относительно базы обработки.

**Общий припуск** на механическую обработку устанавливают равным сумме основного и дополнительного припусков.

Таблица 4.11 – Основные припуски (мм, не более) на обработку отливок резанием

Допуски размеров отливок	Ряд припуска						Допуски размеров отливок	Ряд припуска					
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
До 0,12	0,2 0,4	-	-	-	-	-	2–3,0	2,8 3,6	3,2 4	3,6 4,5	4,2 5	5 6,5	6,5 8
0,12–0,16	0,3 0,5	0,6 0,8	-	-	-	-	3–4	3,4 4,5	3,8 5,5	4,2 5,5	5 6,5	5,5 7	7 9
0,16–0,2	0,4 0,6	0,7 1	1,0 1,4	-	-	-	4–5	4 5,5	4,4 6	5 6,5	5,5 7,5	6 8	8 10
0,2–0,24	0,5 0,7	0,8 1,1	1,1 1,5	-	-	-	5–6	5 7	5,5 7,5	6 8	6,5 8,5	7 9,5	9 11
0,24–0,3	0,6 0,8	0,9 1,2	1,2 1,6	1,8 2,2	2,6 3	-	6–8	-	6,5 9,5	7 10	7,5 11	8,5 12	10 13
0,3–0,4	0,7 0,9	1 1,3	1,4 1,8	1,9 2,4	2,8 3,2	-	8–10	-	-	9 12	10 13	11 14	12 15
0,4–0,5	0,8 1	1,1 1,4	1,5 2	2,0 2,6	3 3,4	-	10–12	-	-	10 13	11 14	12 15	13 16
0,5–0,6	0,9 1,2	1,2 1,6	1,6 2,2	2,2 2,8	3,2 3,6	-	12–16	-	-	13 15	14 16	15 17	16 19
0,6–0,8	1 1,4	1,3 1,8	1,8 2,4	2,4 3	3,4 3,8	4,4 5	16–20	-	-	-	17 20	18 21	19 22
0,8–1	1,1 1,6	1,4 2	2 2,8	2,6 3,2	3,6 4	4,6 5,5	20–24	-	-	-	20 23	21 24	22 25
1–1,2	1,2 2	1,6 2,4	2,2 3	2,8 3,4	3,8 4,2	4,8 6	24–30	-	-	-	-	26 29	27 30
1,2–1,6	1,6 2,4	2 2,8	2,4 3,2	3,0 3,8	4 4,6	5 6,5	30–40	-	-	-	-	-	34 37
1,6–2	2 2,8	2,4 3,2	2,8 3,6	3,4 4,2	4,2 5	5,5 7	40–50	-	-	-	-	-	42 50
							50–60	-	-	-	-	-	

Таблица 4.12 – Дополнительные припуски на обработку отливок  
резанием, мм

Допуск размера отливки (свыше – до)	Наибольшая погрешность расположения (свыше – до)	Дополнительный припуск	Допуск размера отливки (свыше – до)	Наибольшая погрешность расположения (свыше – до)	Дополнительный припуск
1	2	3	1	2	3
До 0,06	До 0,12	0,1	0,6–0,8	0,3–0,5 0,5–0,6 0,6–0,8 0,8–1 1–1,2 1,2–1,6	0,1 0,2 0,4 0,5 0,8 1,2
0,06–0,08	0,03–0,13 0,12–0,16	0,1 0,2	0,8–1	0,4–0,6 0,6–0,8 0,8–1 1–1,2 1,2–1,6 1,6–2	0,1 0,2 0,4 0,6 1 1,6
0,08–0,1	0,04–0,16 0,16–0,2	0,1 0,2	1–1,2	0,5–0,8 0,8–1 1–1,2 1,2–1,6 1,6–2 2–2,4	0,2 0,3 0,5 0,8 1,2 2
0,1–0,12	0,05–0,16 0,16–0,24	0,1 0,2	1,2–1,6	0,6–1 1–1,2 1,2–1,6 1,6–2 2–2,4 2,4–3	0,2 0,3 0,6 1 1,6 2,4
0,12–0,16	0,06–0,2 0,2–0,3	0,1 0,2	1,6–2	0,8–1,2 1,2–1,6 1,6–2 2–2,4 2,4–3 3–4	0,2 0,3 0,6 1 1,6 2,4
0,16–0,2	0,08–0,2 0,2–0,3 0,3–0,4	0,1 0,2 0,3	2–2,4	1–1,6 1,6–2 2–2,4 2,4–3 3–4 4–5	0,3 0,4 1 1,6 2,4 4
0,2–0,24	0,1–0,24 0,24–0,4 0,4–0,5	0,1 0,2 0,4	2,4–3	1,2–2 2–2,4 2,4–3 3–4 4–5 5–6	0,3 0,5 1,2 2 3 5

Окончание таблицы 4.12

1	2	3
0,24-0,3	0,12-0,24 0,24-0,4 0,4-0,5 0,5-0,6	0,1 0,2 0,3 0,5
0,3-0,4	0,15-0,3 0,3-0,4 0,4-0,5 0,5-0,6 0,6-0,8	0,1 0,2 0,3 0,4 0,6
0,4-0,5	0,2-0,4 0,4-0,5 0,5-0,6 0,6-0,8 0,8-1	0,1 0,2 0,3 0,5 0,8

Рекомендуемые классы точности размеров и масс отливок и ряды припусков на механическую обработку отливок для различных сплавов и способ литья приведены в табл. 4.13.

Таблица 4.13 – Классы точности размеров и масс отливок, ряды припусков на обработку резанием отливок при различных способах литья

Способ литья	Наибольший габаритный размер отливки, мм	Классы точности размеров и масс отливок, ряды припусков для сплавов с температурой плавления, °С	
		Ниже 700	Выше 700
Под давлением в металлические формы	До 100	$\frac{3-6}{1}$	$\frac{3-6}{1}$
	Св. 100	$\frac{3-6}{1}$	$\frac{4-7\tau}{1}$
В керамические формы, по выплавляемым и выжигаемым моделям	До 100	$\frac{3-6}{1}$	$\frac{4-7\tau}{1-2}$
	Св. 100	$\frac{4-7}{1-2}$	$\frac{5\tau-7}{1-2}$
В кокиль и под низким давлением в металлические формы без стержней и с песчаными стержнями; в песчаные формы, отверждаемые в контакте с оснасткой	До 100	$\frac{4-9}{1-2}$	$\frac{5\tau-10}{1-3}$
	Св. 100 до 630	$\frac{5\tau-10}{1-3}$	$\frac{5-11\tau}{1-3}$
	Св. 630	$\frac{5-11\tau}{1-3}$	$\frac{6-11}{2-4}$

Окончание таблицы 4.13

В песчаные формы, отверждаемые вне контакта с оснасткой; центробежный; в сырые и сухие песчаные формы	До 630	<u>6 – 11</u> <u>1 – 3</u>	<u>7т – 12</u> <u>2 – 4</u>
	Св. 630 до 4000	<u>7 – 12</u> <u>2 – 4</u>	<u>8 – 13т</u> <u>3 – 5</u>
	Св. 4000	<u>8 – 13т</u> <u>3 – 5</u>	<u>9т – 13</u> <u>3 – 6</u>

**Примечание.** В числителе указаны классы точности размеров и масс, в знаменателе – ряды припусков. Меньшие значения относятся к простым отливкам и условиям массового автоматизированного производства, большие – к сложным отливкам единичного и мелкосерийного производства, средние – к отливкам средней сложности и условиям механизированного серийного производства. Классы точности масс должны соответствовать классам точности отливок.

#### 4.1.3 Выполнение чертежа отливки

Графическое изображение отливки выполняется в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и ГОСТ 31125–88 «Правила графического выполнения элементов литьевых форм и отливок».

Припуски на механическую обработку изображают сплошной тонкой линией. Допускается выполнять линию припуска красным цветом. При вычерчивании отливки следует учитывать все припуски с указанием их величины (рис. 4.2).

Внутренний контур обрабатываемых поверхностей, а также отверстий, впадин и выточек, не выполняемых в литье, изображают сплошной тонкой линией.

В технических требованиях чертежа отливки или детали должны быть указаны нормы точности отливки. Их приводят в следующем порядке: класс размерной точности, степень коробления, степень точности и шероховатости поверхностей, класс точности массы.

Пример условного обозначения отливки 8-го класса размерной точности, 5-й степени коробления, 4-й степени точности поверхностей, 7-го класса точности массы с допуском смещения 0,8 мм:

Точность отливки 8-5-4-7 см 0,8 ГОСТ 26645–85.

В технических требованиях чертежей отливки или детали с нанесенными размерами отливки должны быть указаны в следующем порядке: значение номинальных масс детали, припусков на обработку, технологических напусков и массы отливки.

Пример обозначения номинальных масс, равных для детали 20,35 кг, для припусков на обработке 3,15 кг, для технологических напусков 1,35 кг, для отливки 24,85 кг:

Масса 20,35-3,15-1,35-24,85 ГОСТ 26645–85

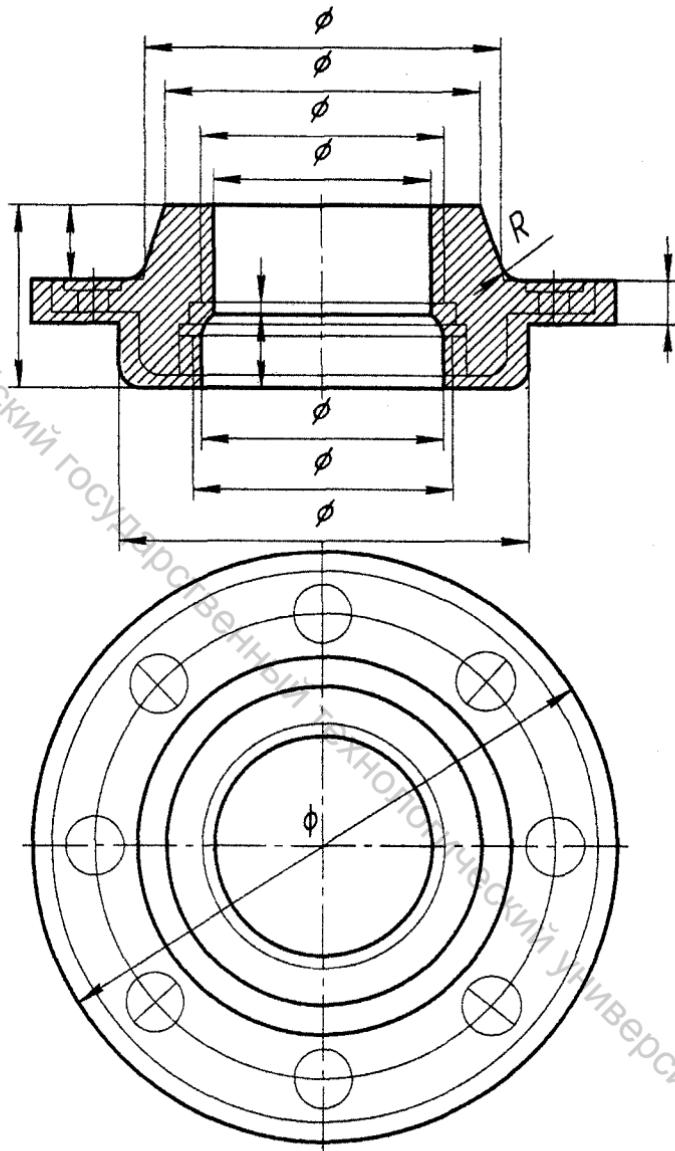


Рисунок 4.2 – Пример выполнения чертежа отливки

## 4.2 Характеристики отливок и применяемых способов литья

Для изготовления отливок в точном машиностроении нашли применение следующие основные способы литья: в песчаные формы (П), в кокиль (К), в оболочковые формы (О), по выплавляемым моделям (В), в гипсовые формы (Г), под давлением (Д), под низким давлением (НД).

Каждый из перечисленных способов литья в соответствии со своей спецификой имеет достоинства и недостатки. Технико-экономическая оценка основных способов литья по условной пятибалльной шкале приведена в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Сравнительная технико-экономическая эффективность различных способов литья

Показатель	Способ литья					
	П сырые/вакуумпленочных	К	О	В	Д	
Неограниченность размеров отливок	1/2	2	3	4	5	
Сложность отливок	1-2/3-4	3	4	1	5	
Точность размеров и массы отливок	5/3-5	4	4	1	5	
Шероховатость поверхности отливок	5/3	4	3	2	1	
Припуски на механическую обработку отливок	5/3-4	4	3	2	1	
Длительность технологического цикла	2/3	1	4	5	1	
Коэффициент использования металла заготовки	5/3-4	4	3	2	1	
Стоимость оснастки	1/1	4	3	2	5	
Тонкостенность отливок	5/3	5	4	2	1	
Производительность	4/4	2	3	3	1	
Повышение экономичности с увеличением серийности	5/5	2	3	4	1	

Рекомендуемые области применения предусмотренных способов литья для отливок точного машиностроения приведены в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Области применения и сравнительные показатели различных способов литья

Способ литья	Параметры отливки			Выход годного	Коэффициент использования металла заготовки	Относительная себестоимость отливок	Экономически оправданная серийность, шт	Основное преимущество способа литья
	Масса, кг	Максимальный размер	Минимальная толщина стенки					
	мм		%					
П	До 10000	Без ограничений	5	30-50	60-70	1	Без ограничений	Универсальность, низкая стоимость отливок
К	» 2000	До 2000	4	40-60	75-80	1,2-1,5	400-800	Повышенная точность отливок при улучшенной структуре
В	» 100	» 1000	1,5	30-60	90-95	2,5-3	1000	Точность отливок при сложной конфигурации
Д	» 50	» 1200	1	50-65	90-95	1,8-2	1000	Высокая производительность, точность отливок
ПК	» 30	» 1200	6	90-100	70-85	1,2-1,5	200-500	Высокая плотность отливок
Ц	» 40000	» 6000	5	90-100	70-90	0,6-0,7	100-1000	Высокая производительность
Н	-	-	20	100	90-95	0,7-0,8	5000	То же
О	До 30	До 500	3	50-60	80-95	1,5-2	200-500	Высокая точность отливок

### 4.3 Технологичность заготовок, изготавляемых литьем в песчаные формы

Технологические требования к конструкции литых заготовок предусматривают:

- простые прямолинейные контуры, облегчающие изготовление оснастки и самих отливок;

- рациональную толщину стенок в различных сечениях, обеспечивающих хорошую заполняемость форм металлом без образования дефектов;

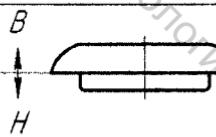
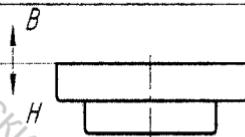
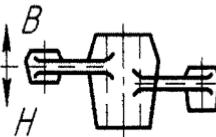
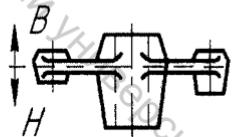
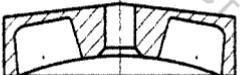
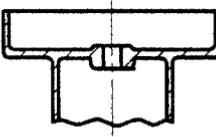
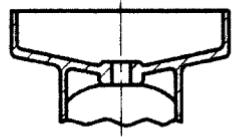
- рациональные формы различных переходов, сопряжений, ребер жесткости и других конструктивных элементов, способствующих снижению внутренних напряжений и усадочных раковин;

- конструктивные уклоны поверхностей, обеспечивающие извлекаемость модельной оснастки.

Литые заготовки не должны иметь выступающих частей, тонкостенных ребер, глубоких впадин, закрытых полостей (поднутрений).

Основные требования к литым заготовкам приведены в таблице 4.16.

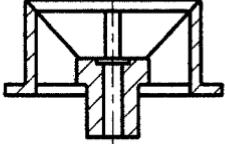
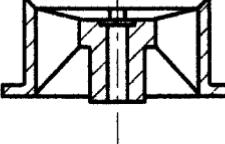
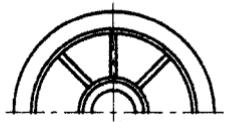
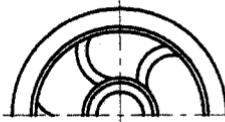
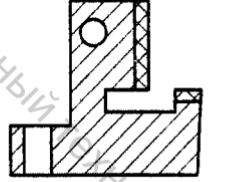
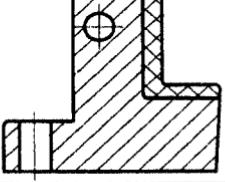
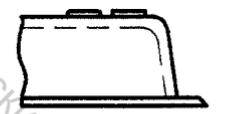
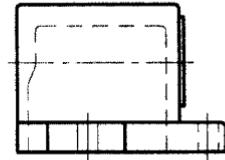
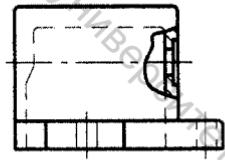
Таблица 4.16 – Требования к литым заготовкам

Рациональные условия конструирования и изготовления заготовок	Схема конструкции	
	неправильная	правильная
Для деталей простой конфигурации модель должна быть неразъемной и расположенной в одной полуформе		
Для упрощения изготовления модели и формы разъем модели следует осуществлять в одной плоскости с плоскостью разъема формы		
Внутренние полости литых заготовок желательно выполнять без стержней – открытыми и без поднутрений		
Верхние (по положению при заливке) горизонтальные поверхности следует заменять наклонными во избежание газовых раковин и других включений		

Продолжение табл. 4.16

Рациональные условия конструирования и изготовления деталей	Схема конструкции	
	неправильная	правильная
При оформлении внутренней полости стержнем он должен крепиться в обоих концах		
Выступающие на поверхности детали бобышки Б, которые в моделях выполняются отъемными, следует объединять и соединять с выступающей неотъемной частью		
При оформлении внутренней полости стержнем ей следует придавать простейшие очертания – без поперечных перегородок и глубоких впадин		
При необходимости усилить деталь ребрами жесткости их следует располагать в плоскости разъема формы или перпендикулярно к ней во избежание применения отъемных частей		
Бобышки на стенках заготовки, подлежащие сверлению, необходимо располагать с одной стороны, учитывая их возможность смещения относительно оси		
При оформлении внутренней полости стержнем и наличии с наружной стороны бобышек и приливов целесообразно переносить их на внутреннюю поверхность и выполнять стержнем		
Стенкам литьих заготовок необходимо придавать равномерные сечения во избежание образования усадочных раковин, рыхлот и других дефектов		

Окончание табл. 4.16

Рациональные условия конструирования и изготовления деталей	Схема конструкции	
	неправильная	правильная
Особое внимание следует обращать на соблюдение принципа направленного затвердевания		
Заготовки должны иметь компактную конфигурацию и по возможности небольшие габариты (особенно по высоте)		
В конструкциях крупных шестерен, шкивов и маховиков во избежание образования трещин нужно применять изогнутые спицы		
Обрабатываемые взаимно перпендикулярные поверхности не должны быть близко расположены, так как припуски П на обработку создают участки, невыполнимые при обработке		
Если на поверхности заготовки имеются обрабатываемые бобышки, то их следует располагать на одном уровне с тем, чтобы они обрабатывались на проход		
Бобышки и приливы, расположенные на наружных стенках и подлежащие обработке, рекомендуется заменять выточками, если это допустимо при заданной толщине тела отливки		

Переходы и углы сопряжения стенок должны обеспечить получение отливок без усадочных раковин, пористости и трещин. Это достигается за счет обеспечения плавных переходов от тонких сечений к сечениям большей толщины и правильных сопряжений (рис. 4.3).

При правильно сконструированной детали отношение толщины стенок от одного сечения к другому должно быть не больше 4 (рис. 4.3 а). При соотношении сопрягаемых толщин  $S/S_1 \leq 2$

переходы от одного сечения к другому выполняются с помощью галтелей (рис. 4.3 б). Радиус закругления галтелей принимают равным  $r = 0,3(S - S_1)$ . Такое же значение радиуса принимают для деталей  $S/S_1 > 2$ , которые не испытывают ударных нагрузок. Если деталь подвергается ударным нагрузкам, то при отношении  $S/S_1 > 2$  переходы выполняются в виде клинового сопряжения (рис. 4.3 в). Длину участка перехода от одной толщины к другой принимают ровной  $l = 4h$ . Если соотношение между  $S$  и  $S_1$  (рис. 4.3 г) имеет большое значение, то переход к тонкому сечению осуществляется на длине участков, которую принимают:

$$l \geq 3(S_1 l_1 / S + l_1 + S_2 l_2 / S_1 + l_2). \quad (4.1)$$

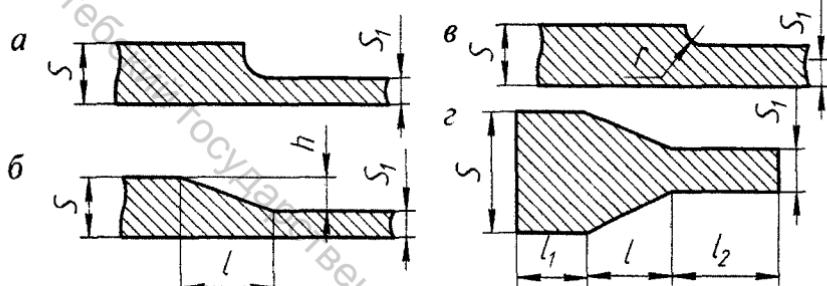


Рисунок 4.3 – Виды переходов от толстого сечения к тонкому

Параметры угловых (L-образных) тавровых сопряжений приведены в таблицах 4.17, 4.18.

#### Пересечение ребер жесткости и стенок отливки

Вводимые для усиления конструкции литых деталей ребра жесткости создают местные скопления металла, вызывающие образование усадочных раковин и трещин. При конструировании деталей необходимо стремиться к максимальной разгрузке узлов скопления металла. С этой целью рекомендуется: X-образные пересечения заменять Т-образными; соединять ребра со стенками отливов под прямым углом; применять рациональные формы шахматного, кольцевого, К- и Н-образных пересечений (рис. 4.5). В случае пересечения в одной точке нескольких ребер рекомендуется выполнять кольцевое ребро и уже к нему присоединять радиальные ребра.

Встречающиеся в большом количестве конструкций деталей машин крестовины с ребрами целесообразно выполнять в соотношении размеров, приведенных на рис. 4.6 и в таблице 4.19.

Таблица 4.17 – Примеры L-образного сопряжения элементов

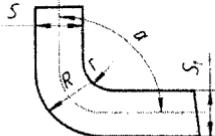
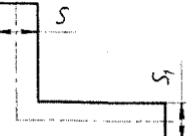
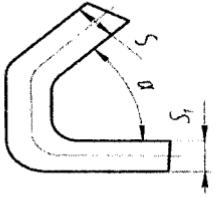
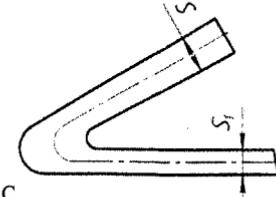
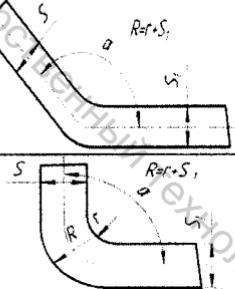
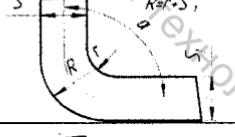
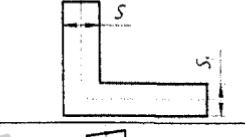
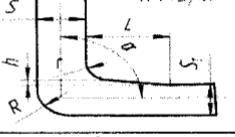
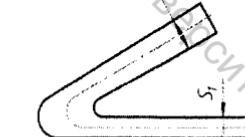
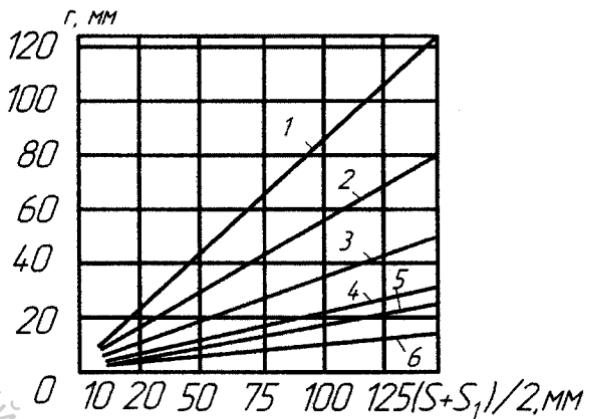
Тип сопряжения	Форма сопряжения		
	Рекомендуемая	Нерекомендуемая	
$S = S_I$ $\alpha = 75 \div 105^\circ$			
$S = S_I$ $\alpha < 75^\circ$			
$S = S_I$ $\alpha > 105^\circ$			
$S = 1,25S_I$ $\alpha = 75 \div 105^\circ$			
$S > 1,25S_I$ $\alpha = 75 \div 105^\circ$			
$S = 1,25S_I$ $\alpha < 75^\circ$			
Значения $h$ и $l$			
$S / S_I$	$> 2,5$	$1,8 \div 2,5$	$1,25 \div 1,8$
$h$	$0,7(S - S_I)$	$0,8(S - S_I)$	$S - S_I$
$l$	$\geq 4h$		
$r$	Применяются по графику рис. 4.4		

Таблица 4.18 – Примеры тавровых сопряжений

Тип сопряжения	Форма сопряжения		
	Рекомендуемая	Нерекомендуемая	
$S = 1,25S_1$ , $\alpha = 75 \div 105^\circ$			
$S = 1,25S_1$ , $\alpha < 75^\circ$			
$S > 1,25S_1$ , $\alpha > 75 \div 105^\circ$			
$S > 1,25S_1$ , $\alpha < 75^\circ$			
Значения $h$ и $l$			
$S/S_1$	$> 2,5$	$1,8 \div 2,5$	$1,25 \div 1,8$
$h$	$0,7(S-S_1)/2$	$0,8(S-S_1)/2$	$S-S_1/2$
$l$	$\geq 8h$		
$r$	Применяются по графику рис. 4.4		



1 –  $\alpha > 165^\circ$ ; 2 –  $\alpha = 135 \div 165^\circ$ ; 3 –  $\alpha = 105 \div 135^\circ$ ; 4 –  $\alpha = 75 \div 105^\circ$ ; 5 –  $\alpha = 50 \div 75^\circ$ ; 6 –  $\alpha < 50^\circ$ .

Рисунок 4.4 – График определения радиуса галтели  $r$  сопрягаемых элементов чугунных деталей в зависимости от средней толщины стенки и угла сопряжения

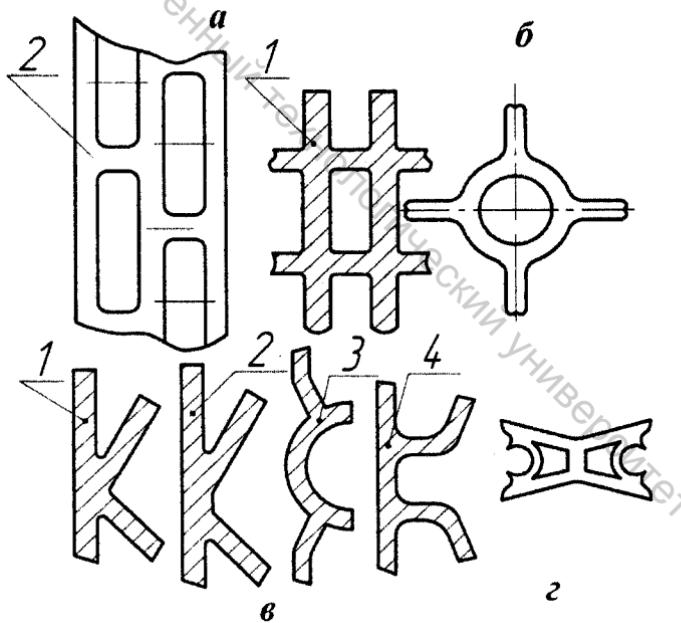


Рисунок 4.5 – Пересечения ребер и стенок:  
 а – шахматные ( $N \geq 2\delta$ ); б – кольцевое ( $d \geq 4\delta$ ); в – К-образные ( $N \geq 2\delta$ ); г – Н-образное; 1 – нетехнологичное пересечение;  
 2–4 – технологичные пересечения

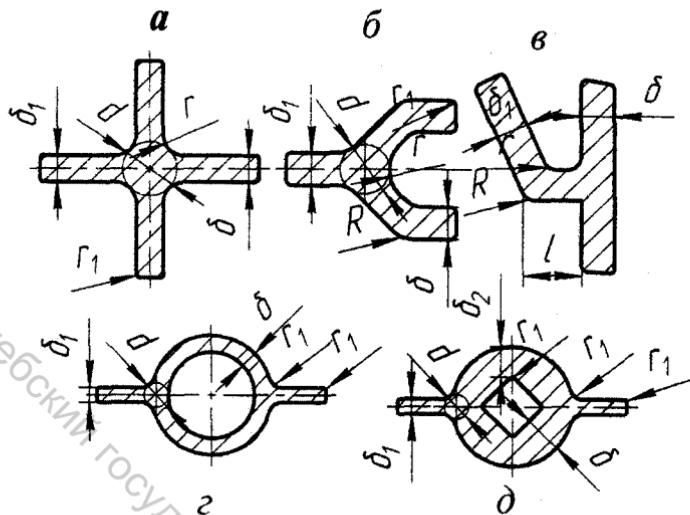


Рисунок 4.6 – Сопряжения стенок отливок:

а – крестообразные; б – вилкообразные  
несимметричные; в – вилкообразные  
несимметричные; г – кольцевые с ребрами; д – с квадратным сечением

Таблица 4.19 – Соотношение размеров (в долях размера  $\delta$ ) при различных видах сопряжений стенок отливок

Сопряжение	Эскиз узла отливки на рис. 4.6	$l$	$\delta_1$	$\delta_2$	$R$	$r$	$r_1$	$d$
Крестообразное	а	3	0,6	-	-	0,3	0,25	1,25
Вилкообразное: симметричное	б	-	0,8	-	1,5	0,5	0,25	1,25
несимметричное	в	2 и более	0,8	-	2	0,3	1	1,25
Кольцевое: с ребрами	г	-	0,8	-	-	0,5	0,25	1,25
С квадратным отверстием	д	3 и более	1	0,5	-	0,25	0,25	1,25

#### 4.4 Технологические особенности заготовок, получаемых литьем в оболочковые формы

Согласно ГОСТ 18169–86 литье в оболочковые формы – это литье металла, осуществленное путем свободной заливки оболочковой литьевой формы.

Основными технологическими операциями при литье в оболочковые формы являются: изготовление оболочек, сборка оболочек формы, установка форм под заливку металла, плавка металла и заливка форм, кристаллизация металла, выбивка и финишная обработка.

При проектировании отливок следует стремиться, чтобы поверхность разъема оболочковой формы была плоской. Для повышения точности размеров большую часть отливки, а по возможности и всю отливку, следует располагать в одной полуформе. Стенки отливки большой протяженности не должны быть расположены в плоскости разъема.

Поверхности отливок, перпендикулярные плоскости разъема, должны иметь уклоны для легкого съема оболочковой формы с полуформы. Минимальные уклоны на внутренних и наружных поверхностях отливок, не подвергающиеся механической обработке, принимаются равными 0,3°.

По прочностным характеристикам минимальную толщину стенок следует принимать в соответствии с таблицей 4.20.

Таблица 4.20 – Минимальная толщина стенок отливок при литье в оболочковые формы, мм

Сплавы	Минимальная толщина стенок			
	До 100	Св. 100 до 200	Св. 200 до 350	Св. 350 до 500
Чугун	2–3,5	2,5–4	3–4,5	4–5
Стали	2,5–4	3–3,5	3,5–6	5–7
Оловянные бронзы	1,5–2	2–3	2,5–3,5	3–4
Медные	2,5–4	3–4	3,5–5	4–6
Алюминиевые	2,5–4	3–5	4–6	4–7
Магниевые	2,5–4	3–4	3,5–5	4–6
Цинковые	2–4,5	2,5–3,5	3–4	3,5–5

При конструировании отливок следует избегать внутренних полостей, для получения которых требуются стержни. Размеры полостей отливки, выполняемых в форме, приведены на рис. 4.7.

При необходимости использования стержней их опорные знаки следует располагать в нижней полуформе или по разъему. Минимальный диаметр отверстия, получаемого в отливке с помощью

стержня, находится в пределах 8–10 мм при глубине глухого отверстия до  $5d$  и сквозного отверстия до  $10d$ . В отдельных случаях с помощью стержней из циркониевого песка удается получать отверстия диаметром 4–6 мм.

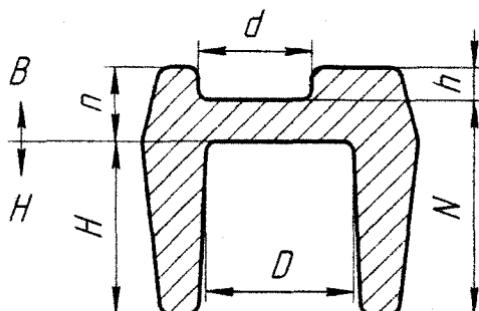


Рисунок 4.7 – Размеры полостей отливки, выполняемых в форме по модели; в верхней части  $h < d/2 \leq n$ , в нижней части  $H < D \leq N$

По сравнению с литьем в песчаные формы литье в оболочковые формы имеет следующие преимущества:

- уменьшение параметров шероховатости и существенное улучшение товарного вида отливок;
- возможность получения отливок с тонкими ребрами и сложным рельефом;
- сокращение (в 8 – 10 раз) объемов по переработке формовочных материалов;
- снижение (примерно в 2 раза) первоначальных капитальных затрат и потребных производственных площадей;
- уменьшение металлоемкости формовочного оборудования;

Основные недостатки литья в оболочковых формах сводятся к следующему:

- относительно высокая стоимость формовочных материалов;
- повышенная вредность выделяемых веществ при термическом разложении смоляного связующего;
- недостаточная прочность оболочек при получении относительно тяжелых отливок.

Литьем в оболочковые формы получают сложные фасонные отливки массой до 200 г и максимальными размерами 1500 мм. Наиболее эффективно изготовление этим способом отливок массой 5–15 кг в условиях крупносерийного и массового производства.

Разнообразны конструктивные особенности отливок получаемых литьем в оболочковые формы. Это коленчатые и распределительные валы, ребристые цилиндры, станины электродвигателей, корпуса гидрораспределителей, детали вентиляторов, лопатки дробеметных аппаратов и т.д.

#### 4.5 Технологические особенности отливок, получаемых литьем по выплавляемым моделям

Способ литья в формы, изготовленные по выплавляемым моделям, позволяет получать как отдельные отливки, так и целые узлы, которые обычно изготавливают сваркой отдельных элементов.

Минимальная толщина стенок приведена в таблице 4.21.

Таблица 4.21

Сплавы	Минимальная толщина стенок, мм				
	До 50	Св. 50 до 100	Св. 100 до 200	Св. 200 до 350	Св. 350 до 500
Сталь, углеродистая	2,5–4	4–5	5–6	6–7	7–10
легированная	3–4,8	4,8–6	6–7,2	7–8	8–12
Алюминиевые	2,5–4	4–5	5–6	6–7	8–9
Магниевые	2,5–4	4–5	4–6	5–7	7–8
Медные	2–3	4–5	4–6	5–7	6–8
Цинковые	1,5–2	3–4	3,5–5	4–6	5–7
Оловянно-свинцовые	1,5–2	2–3	3–4	3,5–5	4–6
Чугун	2–3	3,5–4	4–5	4,5–6	5–8

Наиболее часто изготавливают отливки с толщиной стенок 2–5 мм. Известны случаи, когда толщина стенок составляла 0,5–1,5 мм. Тонкие стенки могут быть выполнены только при площади их поверхности не более 100 x 100 мм. Если площадь больше, то полости стенок не заполняются или получаются со значительными колебаниями по толщине вследствие деформации оболочки. При изготовлении толстостенных отливок необходимо учитывать, что в таких стенках может образовываться пористость. Поэтому более прочные отливки получают не в результате увеличения толщины, а в результате применения ребер жесткости.

Следует избегать глубоких пазов и узких полостей, для оформления которых могут потребоваться стержни. Ширина паза или расстояние между выступами (рис.4.8) могут быть выполнены при  $h < 2b$ , если для сплавов цветных металлов  $b > 1$  мм, для стали  $b \geq 2,5$  мм.

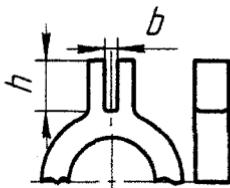


Рисунок 4.8 – Размеры паза отливки

При необходимости выполнить отверстие в стенах отливок делают специальные выступы и бобышки (рис.4.9). Высоту выступа устанавливают в зависимости от диаметра отверстия или толщины степени  $H = (4\div 6)D$  или  $H \geq 2,5t$  (рис.4.9 а, б). Толщину стенки выступа назначают в зависимости от толщины стенки отливок  $t_1 = (1\geq 1,5)t$ . Если отверстия расположены на торцах стенки (рис.4.9 в, г), то соотношения размеров следующие:  $H = 2,25D$ ,  $C = 4,5 B$ ,  $A = 1,5 B$ .

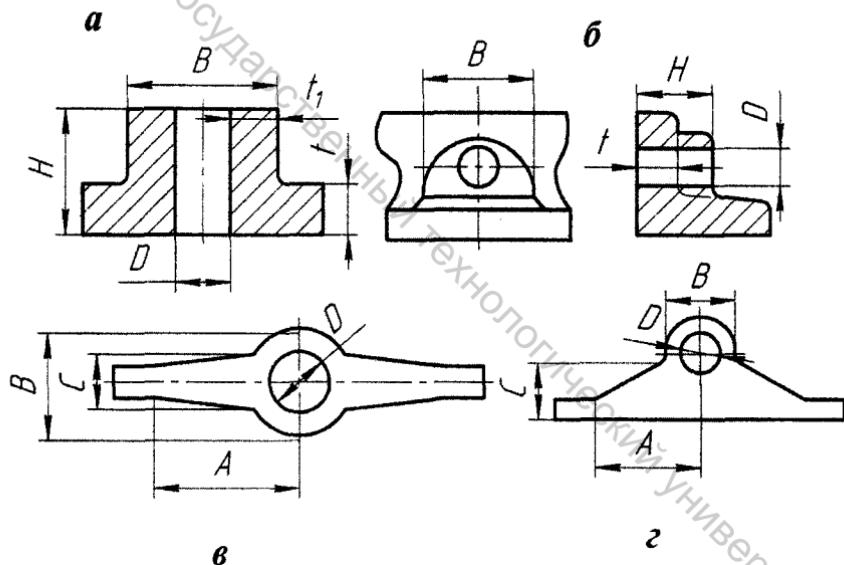


Рисунок 4.9 – Формы выступов в отливках:

а – на плоской стенке; б – в углу стенки; в, г – на торцах стенки

Литье по выплавляемым моделям используют для изготовления отливок массой от десятка граммов до сотен килограммов с шероховатостью поверхностей от  $Rz20$  до  $Ra1,25$  и точностью размеров  $IT9\div IT10$ . Литьем по выплавляемым моделям изготавливают сложные тонкостенные конструкции, объединяют различные детали в компактные цельнолитые узлы со сложными лабиринтными полостями, не выполнимыми другими методами.

Отливки по выплавляемым моделям изготавливают практически из всех цветных литьевых сплавов, тугоплавких металлов и сплавов.

Производство отливок по выплавляемым моделям находит широкое применение в различных отраслях машиностроения. Использование литья по выплавляемым моделям, взамен кованых заготовок или проката позволяет уменьшить отходы металла в стружку на 34–90 %, снизить трудоемкость обработки резанием на 25–85 %, себестоимость изготовления деталей на 20–80 %.

Литье по выплавляемым моделям обладает следующими недостатками:

- процесс изготовления формы многооперационный, трудоемкий и длительный;
- большое число технологических факторов, влияющих на качество формы отливки и соответственно сложность управления качеством;
- большая номенклатура технологических материалов;
- повышенный расход металла на литники и поэтому невысокий технологический выход годного.

Следует учитывать, что экономическая эффективность существенно зависит от выбора номенклатуры отливок, изготавляемых этим способом.

#### 4.6. Технологические особенности заготовок, получаемых литьем в кокиль

Общие требования к кокильным отливкам сводятся к следующему:

1. Габаритные размеры отливок должны быть минимальными, а их конфигурации должны обеспечивать использование кокиляй с плоским разъемом и металлическим стержнем. Число разъемов и количество стержней должно быть минимальным.

2. Необходимо предусматривать плавную конфигурацию отливок, у которых отсутствуют острые углы, резкие переходы, высокие ребра, глубокие отверстия, выступы и карманы.

3. Необходимо правильно выбирать толщину и уклоны стенок, условия заполнения всех элементов отливки.

4. В отливке должно быть предусмотрено такое сочетание конструктивных элементов, при котором уменьшается торможение усадки и обеспечивается легкая разборка формы. Примеры нетехнологичного и технологичного выполнения элементов отливок при литье в кокиль приведены на рис.4.10.

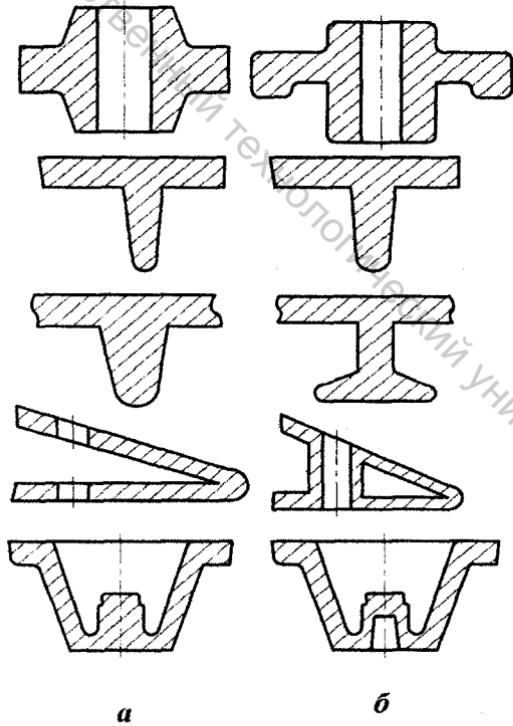


Рисунок 4.10 – Конструктивные элементы кокильных отливок: а - нетехнологичные; б - технологичные

Минимальные толщины стенок  $\delta$ , получаемых кокильных отливок рекомендуется принимать по таблице 4.22.

Таблица 4.22 – Минимальная толщина отливок

Материал отливки	Параметр стенки отливки	
	Площадь поверхности, см <sup>2</sup>	Минимальная толщина, мм
Чугун	До 25 25–125	4–6 6–7
Сталь	25–125	8–10
Алюминиевые сплавы*	100–250 250–900 Св. 900	2,2–4 2,5–4,5 3,5–5,5
Магниевые сплавы	До 30	3
Бронза		4–6

\* Меньшие значения толщины рекомендуются для сплава АЛ2; большие – для сплавов АЛ8 и АЛ13.

Из-за малой жидкотекучести стали толщина стенок при литье в кокиль должна быть не меньше 10–12 мм и лишь в исключительных случаях – 8 мм. Толщину внутренних стенок и ребер жесткости принимают равными 0,7 $\delta$ .

Плавность перехода от одного элемента к другому обеспечивается при условии

$$\delta_1/\delta_2 \geq 0,8 \quad (4.2)$$

где  $\delta_1$  и  $\delta_2$  – толщина сопрягаемых стенок, а переход осуществляется на длине

$$l > (4\div 5)(\delta_1 + \delta_2).$$

Радиус закруглений стенок принимают равным

$$R = (\delta_1 + \delta_2)/2$$

Уклоны стенок отливок из различных сплавов приведены в таблице 4.23.

Таблица 4.23 – Уклоны стенок отливок

Материал отливки	Уклон поверхности отливки, мм		
	Наружной	Внутренней (со стороны металлического стержня) при высоте стенки, мм	
		До 50	Св. 50
Чугун	1–7	-	-
Углеродистая сталь	5	-	-

### Окончание таблицы 4.23

Сплавы	алюминиевые	1–1,5	5	2–2,5
	магниевые	2,5	3	2–3
	медные	1,5	7	3–3,5
	цинковые	0,5	2	1

**Примечание.** Уклон стенки отливки из чугуна зависит от ее высоты:

Высота стенки, мм	До 50	51–100	101–500
Уклон, % высоты стенки	4–7	2–5	1–3

При назначении уклонов внутренних стенок и ребер жесткости отливок табличные значения рекомендуется увеличивать в 1,5–3 раза.

Предельные размеры отверстий в отливках, получаемых с помощью металлических стержней, приведены в таблице 4.24.

Таблица 4.24 – Предельные размеры отверстий, получаемых в отливках

Материал отливки	Минимальный диаметр $d$ , мм	Максимальная длина отверстий		Уклон стержня, % его длины
		глухих	сквозных	
Чугун и медные сплавы	10	$(1,5+2)d$		
Углеродистая сталь	12		$(2+3)d$	1,5
Сплавы	алюминиевые	8	$2d$	
	цинковые	6	$(2+3)d$	$(3+6)d$ 2–3

Использование литья в кокиль по сравнению с литьем в песчаные формы позволяет в 2–3 раза повысить производительность труда. Размеры рабочей полости кокиля могут быть выполнены точнее, чем в песчаной форме. Поэтому кокильные отливки получаются более точными. Точность отливок в кокилях обычно соответствует  $IT12$ – $IT15$ . Шероховатость поверхности отливок соответствует  $Rz = 80$ – $10$  мкм.

Недостатками литья в кокиль являются: высокая стоимость кокиля; сложность получения отливок с поднутрениями; высокие внутренние напряжения в отливках.

#### 4.7 Технологические особенности заготовок, получаемых литьем под давлением

При разработке чертежа отливки определяют оптимальную плоскость разъема литформы и указывают:

- все внешние и внутренние уклоны;
- поверхности, требующие дальнейшей механической обработки;
- отклонения на размеры;
- участки поверхности, которые не должны иметь следов от выталкивателей, а также следов течения металла;
- требования по герметичности;
- виды защитных или декоративных покрытий;
- участки, на которых не допускается пористость.

При конструировании отливки следует стремиться к одной плоскости разъема. Для этого отливка не должна иметь внешних и внутренних поднутрений, препятствующих свободному удалению ее из литформы. Возможность создания одной плоскости разъема определяют по правилу световых теней, по которому теневые участки при воображаемом освещении отливки параллельными лучами в направлении, перпендикулярном плоскости разъема, должны отсутствовать.

Необходимо создавать прямые углы и достаточно округлые кромки в тех местах, где это практически осуществимо. Выемки и отверстия следует по возможности располагать перпендикулярно плоскости разъема. Если отливка располагается в полуформах, то для уменьшения усадочных внутренних напряжений внутренние стенки выполняют наклонными (рис. 4.11 а).

Отливка, расположенная в неподвижной *a* и подвижной *b* полуформах, должна иметь наибольшую поверхность стержня в подвижной полуформе (рис. 4.11 б). Боковое поднутрение препятствует свободному удалению отливки из литформы и должно формироваться боковым стержнем или подвижной щекой (рис.4.11 в). Устранение этого поднутрения позволяет удалять отливку в направлении, перпендикулярном плоскости разъема. Внутренние крепежные фланцы (рис. 4.11 г) с поднутрениями можно вынести наружу в плоскость разъема, обеспечив этим свободный выход центрального стержня из плоскости отливки. Если конфигурация внутренней полости с поднутрениями (рис. 4.11 д) не может быть изменена, то технологическая конструкция отливки предусматривает выемку *e* под фланец, заменяющий дно. Поднутрение *f*, образованное утолщением под крепежное отверстие (рис. 4.11 е), можно заменить равномерным утолщением *g* или размещение утолщения утолщением *h* на внешней стороне отливки.

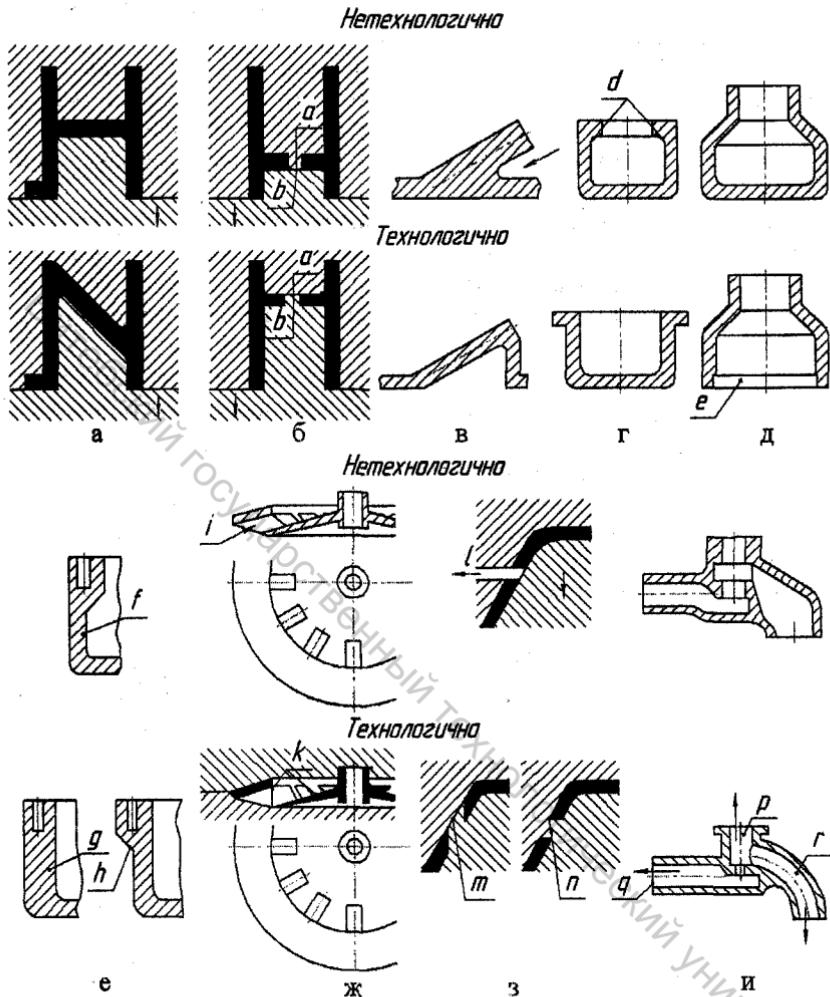


Рисунок 4.11 – Примеры выбора технологичного варианта конструкции отливки

В нетехнологичной конструкции отливки колеса турбины стержень *i* должен удаляться в сторону (рис. 4.11 ж); технологичная конструкция предусматривает формирование выемок выступами *k* подвижной и неподвижной полуформ. Боковые отверстия или окна в стенках отливки (рис. 4.11 з), требующие удаление стержня перед раскрытием литформы, могут быть образованы выступами *m* или *n*. Отливку водопроводного крана (рис.4.11 и) можно изготавливать литьем под давлением, если предусмотреть удаление стержня *p* вверх

вместе с полуформой, стержня  $q$  – в сторону влево и криволинейного стержня  $r$  – по дуге вниз.

Толщина стенки определяется совокупностью конструктивных и технологических факторов, главными из которых являются: масса отливки; жесткость конструкции; требование по прочности и герметичности; возможность заполнения, подпрессовки и выталкивания отливки.

В процессах литья под давлением направленность затвердевания отливки затрудняется высокими скоростями кристаллизации. Поэтому необходимо разрабатывать такие конструкции отливок, в которых металл затвердевал бы во всех сечениях одновременно. Этим условиям удовлетворяют только равностенные конструкции отливок.

В конструкции должны отсутствовать массивные скопления металла, отделенные друг от друга тонкими перегородками. На рис. 4.21 приведены примеры ликвидации утолщенных мест, образующихся при сочленении или пересечении стенок литьих конструкций.

Конструкция отливки зависит от соотношения пределов прочности при сжатии и растяжении. Например, предел прочности при сжатии для магниевых сплавов в 1,5 – 2 раза превышает предел прочности при растяжении.

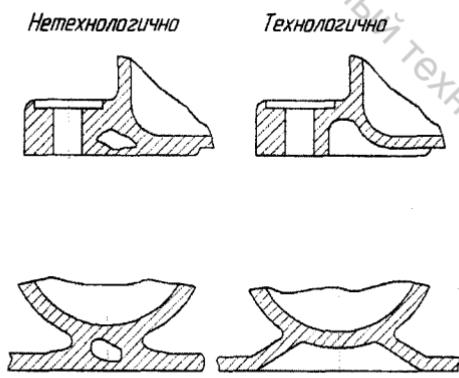


Рисунок 4.12 – Примеры устранения усадочных раковин

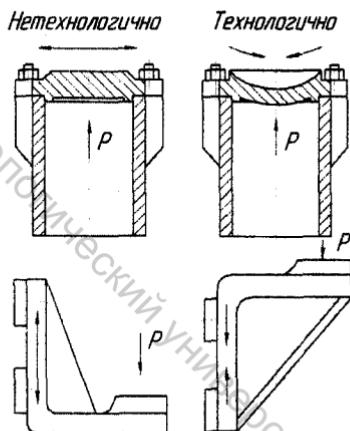


Рисунок 4.13 – Изменение конструкции отливки

Это обстоятельство необходимо учитывать при выборе конструкции отливки. На рис. 4.13 показаны примеры изменения конструкции отливки, обеспечивающие замену растягивающих напряжений на сжимающие.

Толщина сечения отливок зависит от прочности и технологичности свойств сплавов. Значения минимально допустимой толщины стенки для различных сплавов в зависимости от площади внешней поверхности отливки приведены в табл. 4.25.

Переходы и радиусы закруглений существенно влияют на величину внутренних напряжений, которые в местах сочленения разностенных отливок могут привести к появлению трещин. Поэтому необходимо предусматривать плавные переходы и радиусы закруглений.

Таблица 4.25 – Минимально допустимая толщина стенки отливок, мм

Площадь сплошной поверхности в см <sup>2</sup>	Основа сплава					
	Олово, свинец	Цинк	Алюминий	Магний	Медь	Железо
До 25	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5	1,7
25 – 100	0,7	1,0	1,5	1,8	2,0	2,2
100 – 125	1,1	1,5	2,0	2,5	3,0	3,2
250 – 400	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	-
400 – 1000	2,0	2,5	4,0	4,0	-	-

Конфигурация перехода зависит от соотношения толщины сопрягаемых элементов. При незначительной разнице в толщине ( $\delta_1/\delta_2 \leq 2$ ) переходы рекомендуется осуществлять по радиусу  $R$  (рис. 4.14 а), величина которого составляет:

$$R = (0,25 \dots 0,2)(\delta_1 + \delta_2) > (0,8-1) \text{ мм.} \quad (4.3)$$

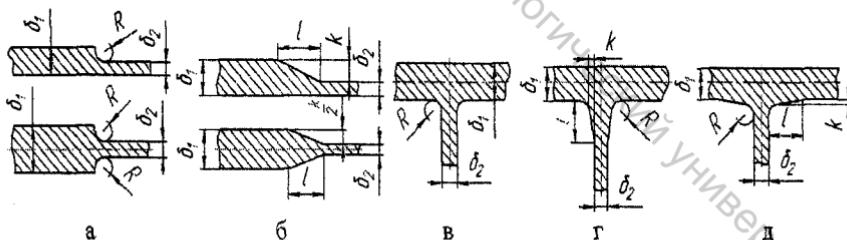


Рисунок 4.14 – Переходы от толстых стенок к тонким

Если  $\delta_1/\delta_2 \geq 2$ , то следует применять клиновые сопряжения (рис. 4.14 б), в котором  $l \geq 4k$ . Так как  $k = \delta_1 - \delta_2$ , то :

$$l \geq 4(\delta_1 - \delta_2). \quad (4.4)$$

При перпендикулярном соединении стенок и отношении  $\delta_1/\delta_2 \leq 1,75$  (Рис. 4.14 в) возможно сопряжение по радиусу:

$$R = (\delta_1 + \delta_2)/4. \quad (4.5)$$

При соотношении  $\delta_1/\delta_2 \geq 1,75$  рекомендуется клиновое сопряжение, которое в зависимости от конструктивных требований выполняется с утолщением на тонкой (рис. 4.13, г) или на толстой стенке (рис. 4.14 д). При клиновом сопряжении перпендикулярных стенок:

$$k \approx (\delta_1 + \delta_2)/2. \quad (4.6)$$

**Ребра жесткости** применяют для усиления тонких отливок. Ребра должны иметь уклоны, по возможности равномерную толщину, закругленные внешние и внутренние края. В целях обеспечения равномерного уплотнения и охлаждения металла толщину ребер принимают близкой к толщине стенок. Рекомендуется следующее соотношение (рис. 4.15):

$$\delta_p = (0,8..0,9) \delta_{отл}, \quad (4.7)$$

где  $\delta_p$  – средняя толщина ребра, равная  $0,5(\delta_1 + \delta_2)$ .

Высота ребра  $S$  зависит от конфигурации отливки. Однако не рекомендуется:

$$S \geq 10 \delta_{отл}. \quad (4.8)$$

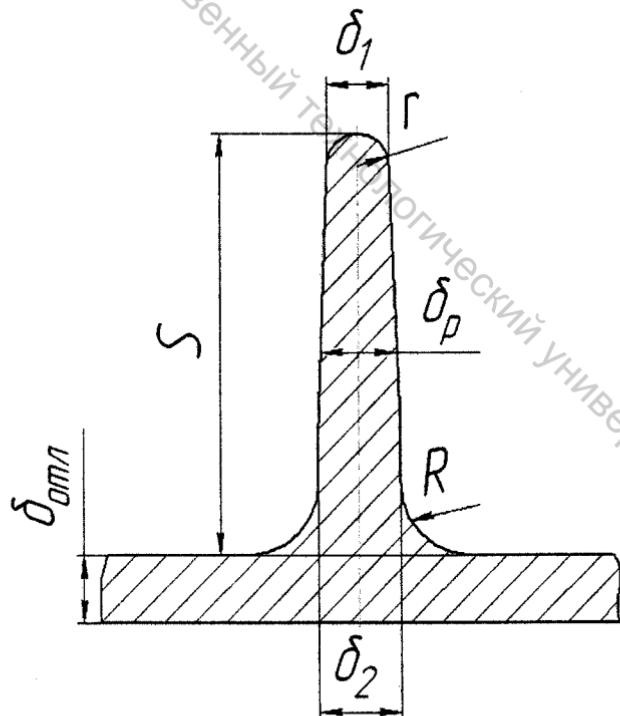


Рисунок 4.15 – Размеры ребра жесткости

Литейные уклоны и конусность предназначены для облегчения удаления отливки на поверхностях, перпендикулярных плоскости разъема. Особенно важны литейные уклоны на внутренних поверхностях, оформляемых стержнями. Для внутренних поверхностей отливок, образуемых неподвижными стержнями, которые извлекают при помощи выталкивателей, необходим уклон больший (рис. 4.16 а), чем при использовании подвижных стержней (рис. 4.16 б).

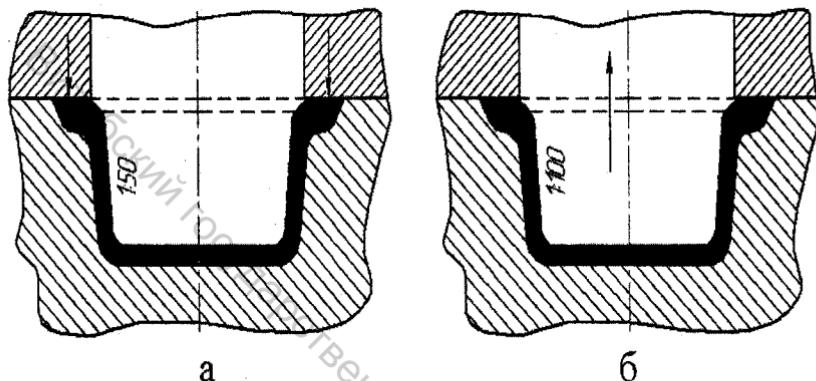


Рисунок 4.16 – Внутренние литейные уклоны отливок, формируемых неподвижным (а) и подвижным (б) стержнями

Величина литейных уклонов или конусности зависит от вида сплава, стенок отливки. Уклоны внешних и внутренних поверхностей отливки определяют по таблице 4.26, но они не должны быть меньше минимально допускаемых (табл. 4.27).

Таблица 4.26 – Уклоны внешних и внутренних поверхностей

Основа сплава	Уклоны стенок			
	внешних		внешних	внутренних
	в %			
Олово, свинец	0,1 – 0,2	0,2 – 0,5	До $0^{\circ}20'$	$0^{\circ}10' - 0^{\circ}30'$
Цинк	0,1 – 0,2	0,2 – 0,5	$0^{\circ}30' - 0^{\circ}45'$	$0^{\circ}30' - 1^{\circ}$
Аллюминий	0,2 – 0,3	0,5 – 1,0	$0^{\circ}30' - 1^{\circ}$	$0^{\circ}30' - 1^{\circ}$
Магний	0,2 – 0,3	0,3 – 0,5	$0^{\circ}30' - 0^{\circ}45'$	$0^{\circ}30' - 1^{\circ}$
Медь	0,3 – 0,5	0,5 – 1,0	$0^{\circ}30' - 1^{\circ}$	$1^{\circ} - 1^{\circ}30'$
Железо	0,5 – 0,7	0,7 – 1,2	$0^{\circ}45' - 1^{\circ}$	$1^{\circ} - 1^{\circ}45'$

Таблица 4.27 – Минимальные уклоны поверхностей отливок при литье под давлением

Сплавы	Поверхности				Сплавы	Поверхности				
	посадочные		прочие			посадочные		прочие		
	Наружные	Внутренние	Наружные	Внутренние		Наружные	Внутренние	Наружные	Внутренние	
Алюминиевые	15°	25°	30°	1°	Цинковые	15°	35°	15°	30°	
Магниевые	15°	35°	30°	1°	Медные	30°	1°	45°	1°30°	

**Отверстия** в отливках, получаемых литьем под давлением, выполняют двумя способами: полностью литьем или частично литьем с последующей механической обработкой. В крупносерийном и массовом производстве выгодно получать литье отверстия. В толстостенных отливках из цинковых сплавов отверстия диаметром до 1 мм из алюминиевых и магниевых сплавов, отверстия диаметром до 1,5 мм из медных сплавов до 3 мм следует выполнять сверлением, так как тонкие стержни быстро выходят из строя. Допустимые параметры литья цилиндрических и резьбовых отверстий приведены в таблицах 4.28 и 4.29.

Таблица 4.28 – Допустимые параметры цилиндрических отверстий в отливке, мм

Сплавы	Минимальный диаметр, мм		Максимальная глубина, выраженная в диаметрах для отверстий		Конусность отверстий, % от длины
	практически рекомендуемый	технологически возможный	глухих	сквозных	
Цинковые	1,5	1,0	6	12	0,2 – 0,5
Алюминиевые	2,5	1,5	3	6	0,5 – 1,0
Магниевые	2,0	1,5	5	10	0,3 – 0,5
Медные	3,0	2,5	3	4	0,8 – 1,5

Таблица 4.29 – Минимальные размеры резьбовых отверстий в отливке, мм

Сплавы	Шаг, мм	Диаметр, мм	
		наружный	внутренний
Цинковые	0,75	6	10
Магниевые	1,00	6	15
Алюминиевые	1,00	10	20
Медные	1,50	12	-

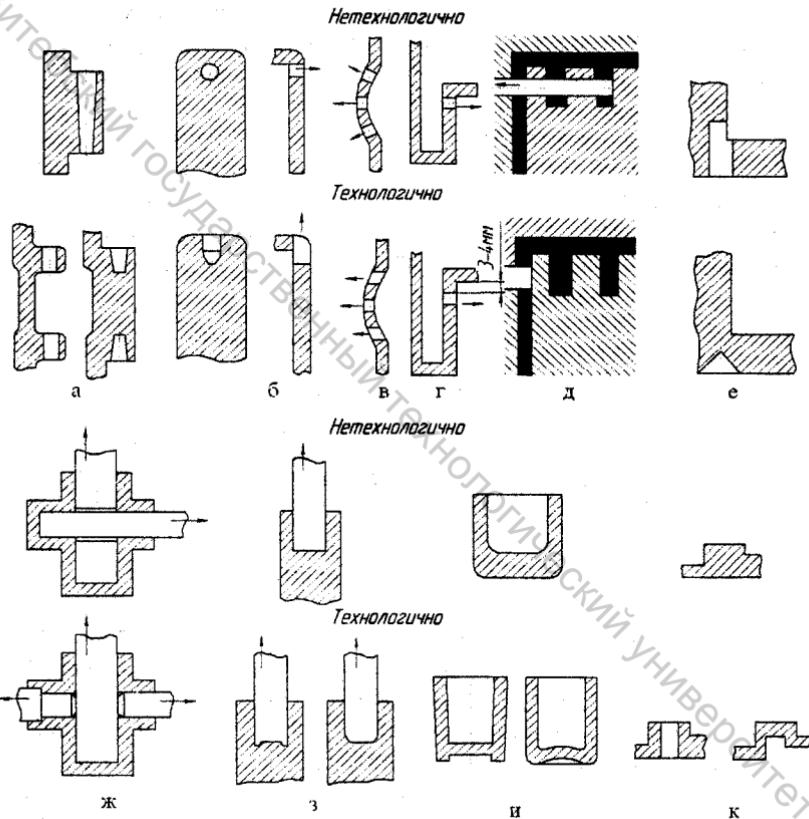


Рисунок 4.17-Конструкционные варианты оформления отверстий в отливках

При конструировании отливок с отверстиями следует учитывать целесообразность применения длинных тонких стержней для оформления отверстий (рис. 4.17 а). Отверстия в боковой стенке (рис. 4.17 б), для оформления которых необходимы подвижные стержни,

часто могут быть оформлены неподвижными выступами в полуформе. Отверстия в боковых стенках лучше располагать параллельно друг другу (рис.4.17 в), чтобы использовать для движения стержней один механизм. Боковая стенка с отверстием должна отстоять от другой стенки минимум на 3 – 4 мм. Следует избегать расположения отверстий в подвижной и неподвижной полуформах (рис.4.17 д). В этом случае целесообразно использовать последующую механическую обработку. Если литое отверстие трудновыполнимо, то оно может быть обозначено центром под сверление (рис.4.17 е). Нельзя допускать пересечения отверстий, требующих пересечения отверстий в литформе (рис. 4.17 з).

Толщина дна глухих отверстий должна быть минимальной, чтобы исключить действие чрезмерной усадки металла на стержень (рис. 4.17 и). Иногда с целью устранения локальных утолщений рекомендуется выполнять отверстия или окна (рис. 4.17 к).

Надписи на отливках получают по трем вариантам (рис. 4.18). Вариант *а* (рис. 4.18) наиболее экономичный, сами надписи долговечны. Однако при выполнении таких надписей недопустимы поднутрения. Если выпуклые надписи не допускаются, их располагают в поднутрениях (рис. 4.18 б). Вариант (рис. 4.18 в) является самым трудоемким в исполнении.

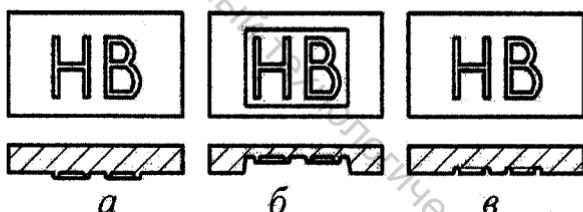


Рисунок 4.18 – Схемы расположение надписей

Номенклатура отливок, получаемых литьем под давлением, разнообразна. Наиболее широко этот способ литья применяют при изготовлении отливок из цинковых, магниевых, алюминиевых и медных сплавов. Этим способом изготавливают изделия, почти не требующие дальнейшей обработки резанием, так как качество отливок по точности и шероховатости поверхности значительно превышает эти же качества отливок, полученных другими способами. Отливки могут иметь простую и очень сложную конфигурацию, толщину стенок 0,5–5 мм, массу от нескольких грамм до 30–45 кг, размеры от нескольких миллиметров до 1,5 м. Литьем под давлением можно получать детали с готовой внутренней и наружной резьбой, разнообразной арматурой, с полостями и каналами сложной конфигурации, образуемыми армирующими элементами.

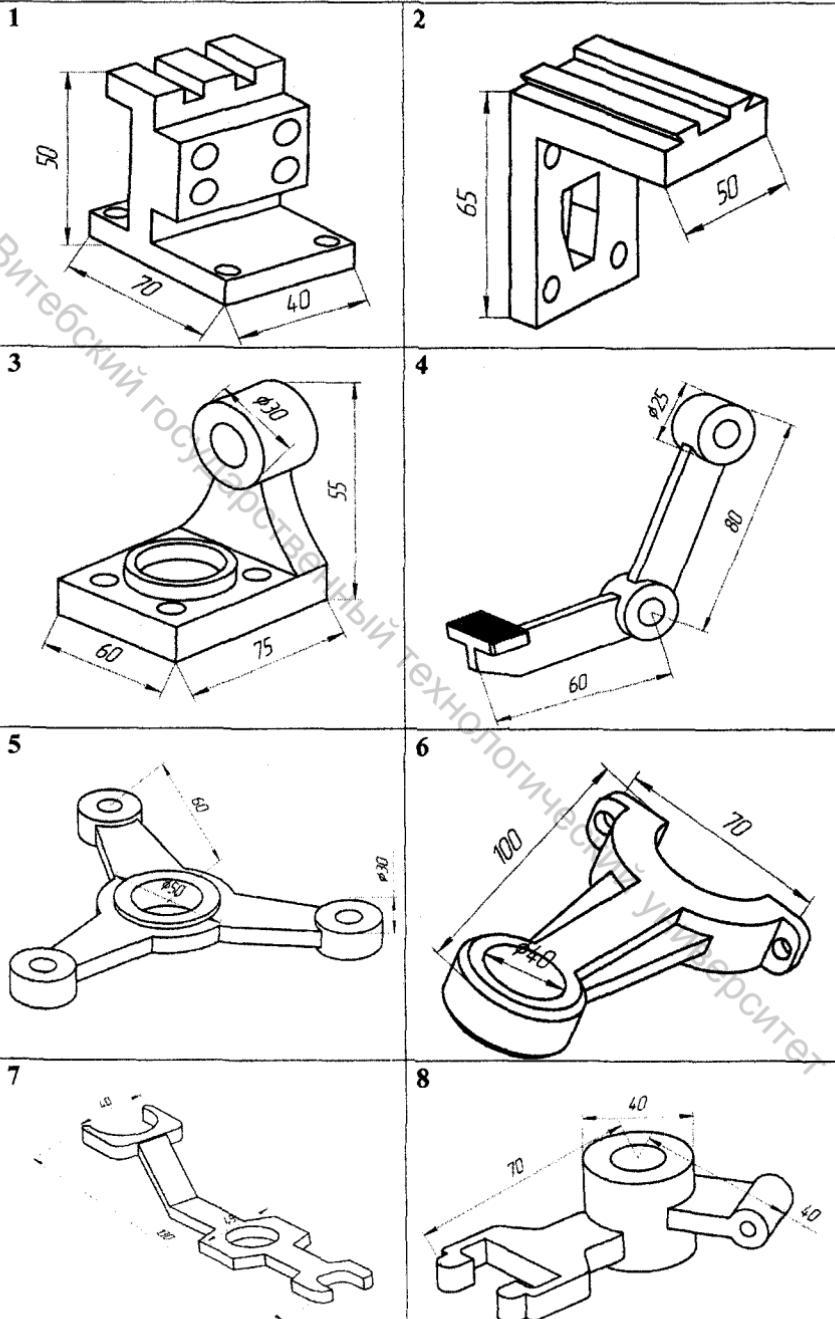
## 4.8 Проектирование отливок. Задание 14

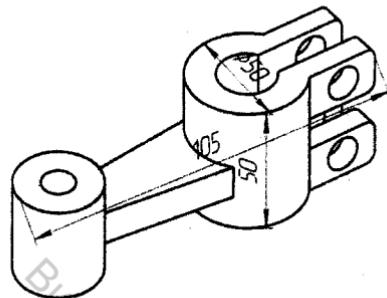
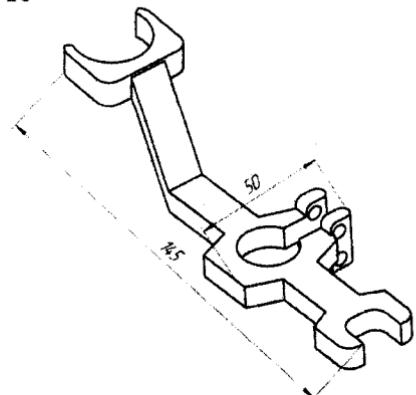
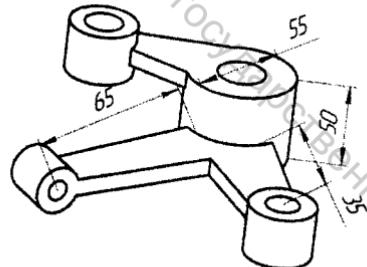
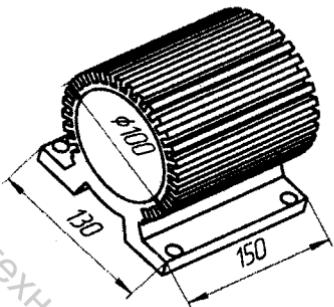
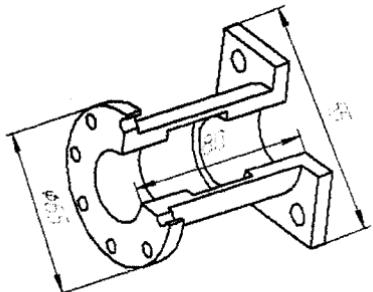
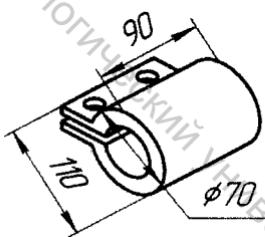
Цель задания — освоить методику и приобрести навыки проектирования отливок.

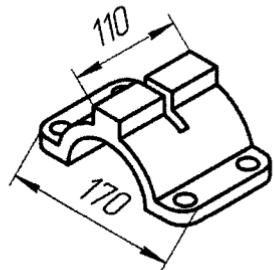
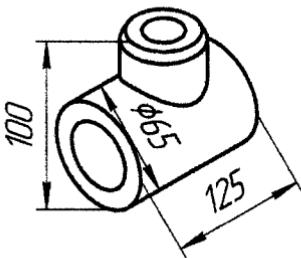
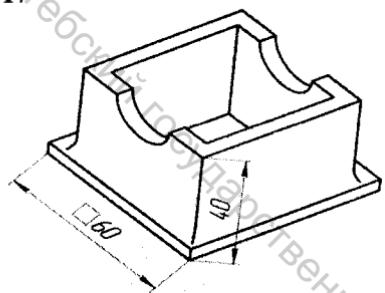
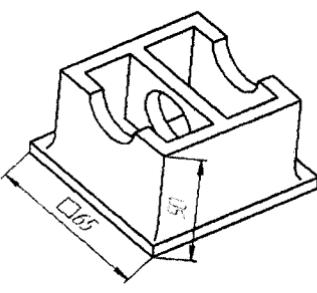
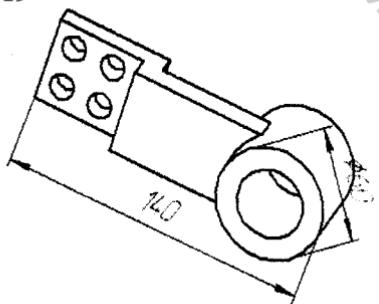
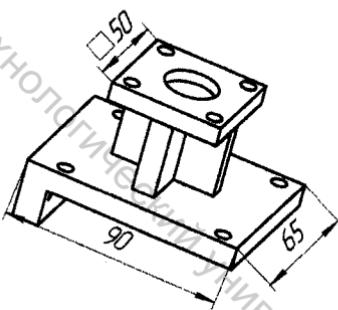
Содержание и последовательность выполнения задания:

1. Изучить конструктивно-технологические параметры отливок.
2. Ознакомиться с технологическими особенностями процессов изготовления отливок: литьем в песчаные и оболочковые формы, литьем по выплавляемым моделям, литьем в металлические формы.
3. В соответствии с индивидуальным заданием по форме изделия ориентировочно определить примерное назначение.
4. По таблице 1.6 установить способ изготовления отливки и скорректировать в соответствии с технико-экономической эффективностью (табл. 4.14, 4.15). Назначить материал отливки (раздел 1.3.5, табл. 1.13).
5. В соответствии с техническими рекомендациями (разделы 4.3...4.7) произвести корректировку формы изделия и назначить недостающие номинальные размеры.
6. Установить: класс размерной точности (табл. 4.1), степень коробления (табл. 4.2), степень точности поверхностей (табл. 4.3), шероховатость поверхностей (табл. 4.4), класс точности массы (табл. 4.5).
7. Назначить допуски линейных размеров (табл. 4.6), отклонения коробления элементов (табл. 4.7), допуски формы и расположения поверхностей отливки (табл. 4.8), общие допуски, учитывающие совместное влияние допуска размера и допуска формы (табл. 4.9), отклонение массы отливки.
8. Назначить основные припуски на обработку (табл. 4.11, 4.13), дополнительный припуск (табл. 4.12) и произвести вычисление общих припусков.
9. Выполнить чертеж отливки в соответствии с правилами п. 4.1.3.

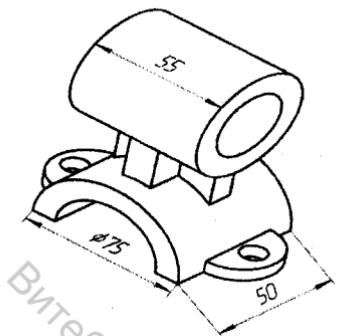
## Индивидуальные задания



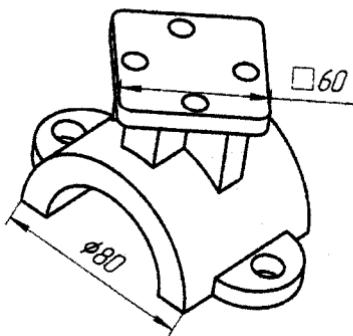
**9****10****11****12****13****14**

**15****16****17****18****19****20**

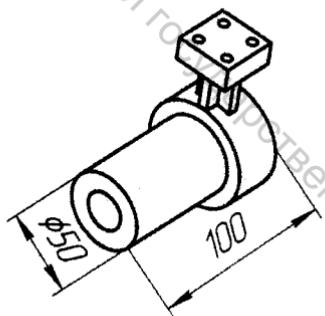
21



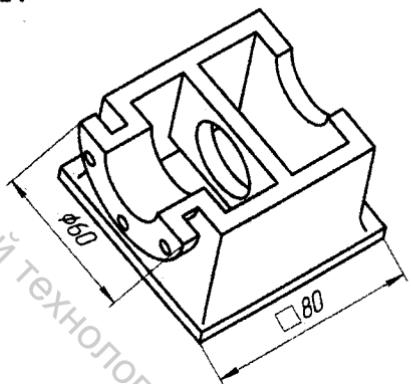
22



23



24



## 4.9 Проектирование сварных и комбинированных заготовок.

### Задание 15

**Сварные** заготовки получают соединением сваркой штамповок, поковок, отливок или их комбинаций. Соответственно их называют штампосварными, ковано-сварными, сварно-литыми и сварно-ковано-литыми.

**Штампосварные** заготовки изготавливают из листового проката, фасонных и гнутых профилей, листовых штамповок (рамы, панели, обечайки, емкости и т.д.). Конструкция штампосварной заготовки должна отвечать одновременно требованиям технологичности листовой штамповки и сварного соединения.

Основными способами соединения листоштампованных заготовок являются точечная и шовная сварка, осуществляемая стержневым или роликовым электродами. Конструкция свариваемой заготовки должна обеспечить возможность подвода электрода в зону сварки, т.е. быть открытой или полузакрытой. Недопустимо применение конструкций закрытого типа (рис. 4.19).

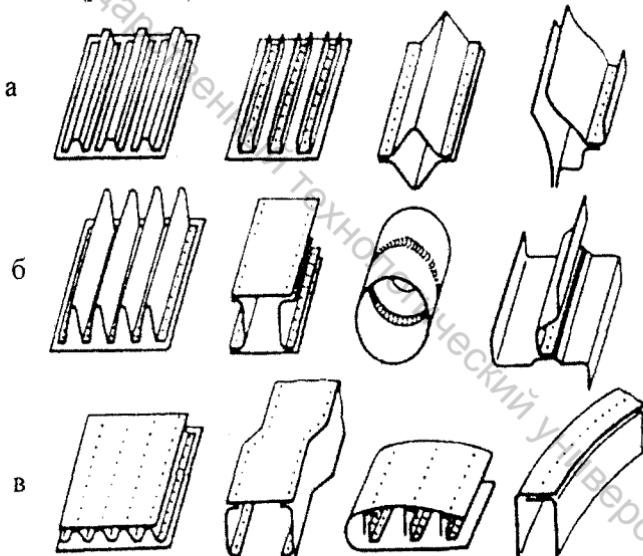


Рисунок 4.19 – Сварные узлы открытого (а), полузакрытого (б) и закрытого (в) типов

**Ковано-сварные** заготовки, состоящие из отдельных поковок, по сравнению с цельными, отличаются повышенным качеством за счет более высокой однородности структуры и снижением затрат трудовых и материальных ресурсов.

**Сварно-литые** заготовки позволяют значительно сократить производственные затраты, а главное обеспечивают получение

сложных по форме крупногабаритных изделий, изготовление которых монолитными не представляется возможным или нецелесообразно.

**Сварно-ковано-литые** заготовки изготавливают сочетанием литых элементов с поковками или заготовками из проката, соединенных сваркой. Соединение элементов сварно-ковано-литых заготовок производится в основном электрошлаковой или контактнойстыковой сваркой и реже – дуговыми способами сварки.

При оценке различных вариантов изготовления заготовки в каждом конкретном случае следует учитывать особенность конструкции, тип производства, технологичность материала. На рис. 4.20 представлены три варианта изготовления заготовки шестерни большого размера.

Первый вариант (рис. 4.20 а) предусматривает изготовление заготовки из катанного обода, диска из листовой стали и прокатанной ступицы. Он выгоден, в условиях единичного производства. Сварно-литой вариант (рис. 4.20 б) выгоден, в условиях невозможности изготовления шестерни целиком из-за отсутствия соответствующего оборудования. Второй вариант можно применить в серийном производстве. Третий вариант – (рис. 4.20 в) заготовка полностью литая – применяется в крупносерийном производстве, когда на предприятии имеются возможности для ее изготовления.

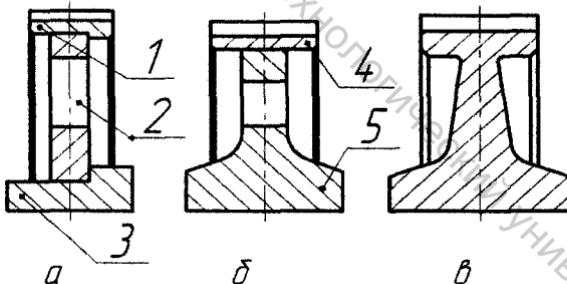


Рисунок 4.20 – Конструктивные варианты заготовки шестерни:

а – штампсварной; б – сварно-литой; в – литой;

1 – обод кованый; 2 – ребро из листовой стали; 3 – ступица из проката; 4 – обод катанный; 5 – ступица прокатанная

### Задание 15

Цель задания — освоить методику и приобрести навыки проектирования сварных заготовок.

Содержание и последовательность выполнения задания.

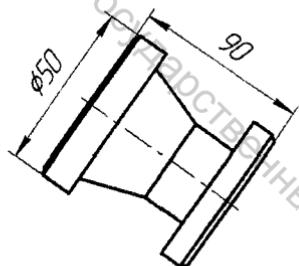
В соответствии с индивидуальным заданием произвести технологический анализ конструкции изделия.

Расчленить изделие на составные элементы и обосновать способ их изготовления.

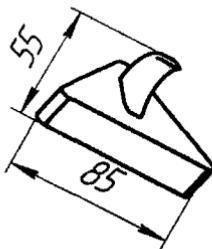
С учетом технологических особенностей составных элементов разработать чертеж сварного изделия.

#### Индивидуальные задания

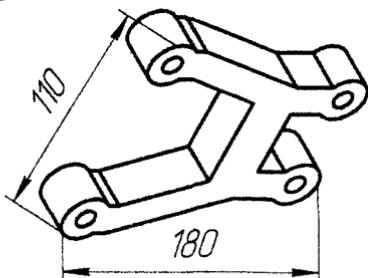
1



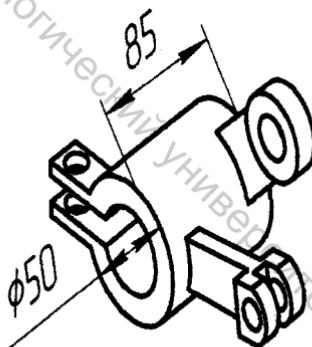
2



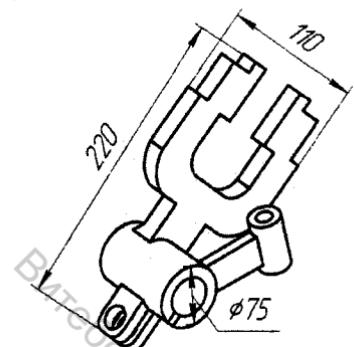
3



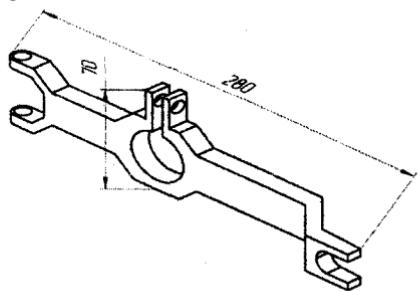
4



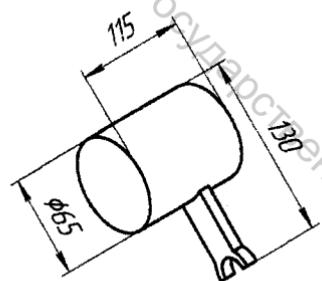
5



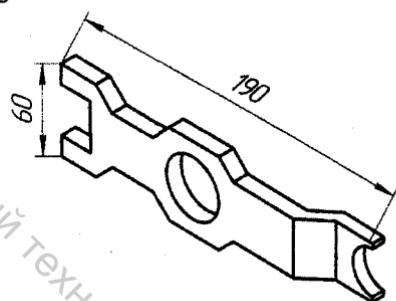
6



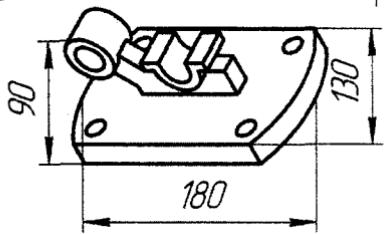
7



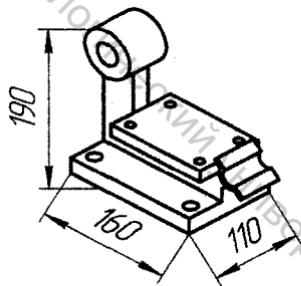
8



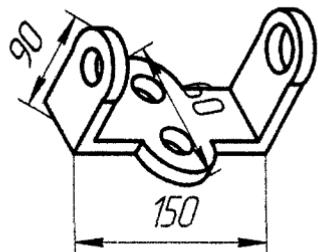
9



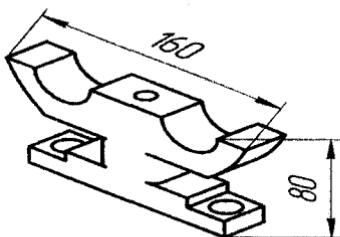
10



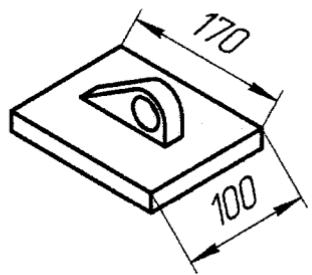
11



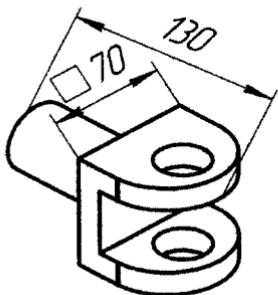
12



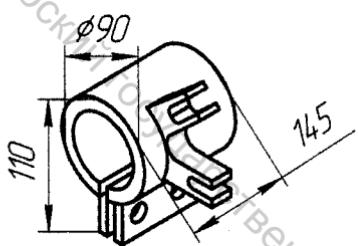
13



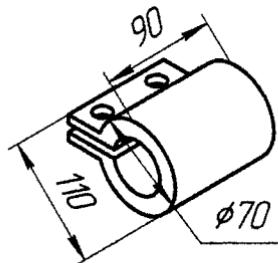
14



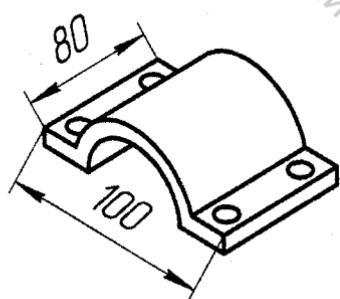
15



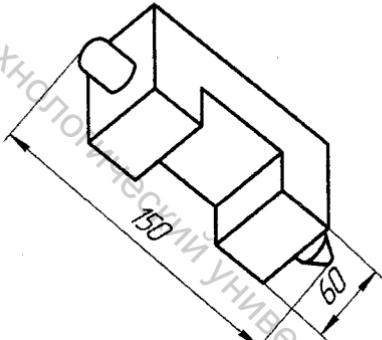
16



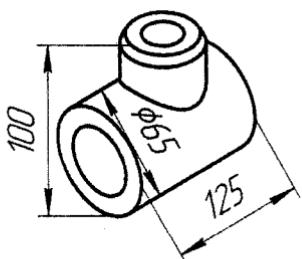
17



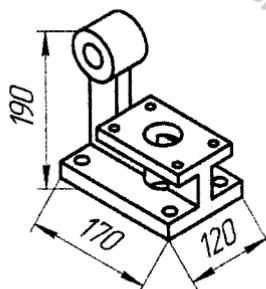
18



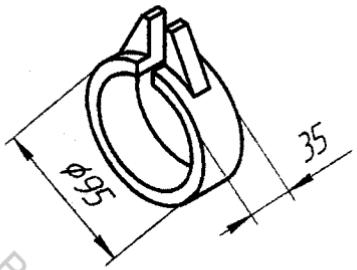
19



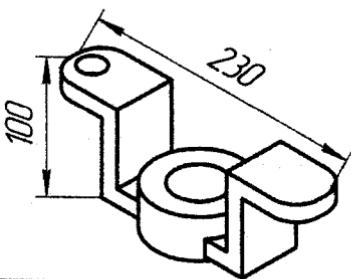
20



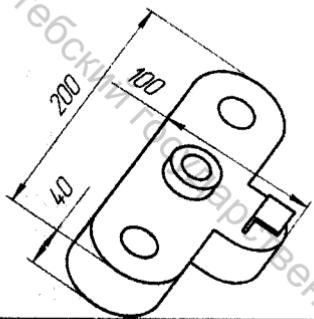
21



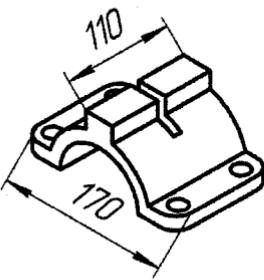
22



23



24



## Рекомендуемая литература

1. Клименков, С. С. Проектирование и производство заготовок в машиностроении / С. С. Клименков. – Минск : ЗАО «Техноперспектива», 2008.
2. Руденко, П. А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении / П. А. Руденко. – Киев : Научная думка, 1985.
3. Рогов, В. А. Современные машиностроительные материалы и заготовки / В. А. Рогов. – Москва : Издательский центр «Академия», 2008.
4. Кондаков, В. А. Выбор заготовок в машиностроении : справочник / В. А. Кондаков, А. И. Кондаков, А. С. Васильев. – Москва : Машиностроение, 2007.
5. Григорьев, Л. Л. Холодная штамповка : справочник / Л. Л. Григорьев. – Политехника, 2005.
6. Технологичность конструкций изделий : справочник / под ред. С. Л. Ананьева. – Москва : Машиностроение, 1969.
7. Романовский, В. П. Справочник по холодной штамповке : справочник / В. П. Романовский. – Ленинград : Машиностроение, 1979.
8. Сторожев, Н. В. Ковка и объемная штамповка стали : справочник. В 2-х т. / Н. В. Сторожев [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1968.
9. Поперечно-клиновая прокатка в машиностроении / под ред. А. И. Целикова. – Москва : Машиностроение, 1982.
10. Федорченко, И. М. Порошковая металлургия : справочник / И. М. Федорченко [и др.]. – Киев : Наукова думка, 1985.
11. Могилев, В. К. Справочник литейщика / В. К. Могилев. – Москва : Машиностроение, 1988.
12. Ефимов, В. А. Специальные способы литья : справочник / В. А. Ефимов [и др.]. – Москва : Машиностроение.
13. Голдин, Н. М. Цветное литье : справочник / Л. И. Голдин [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1989.

Библиотека ВГТУ



## Рекомендуемые стандарты

1. ГОСТ 18970-84. Обработка металлов давлением. Термины и определения.
2. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски.
3. ГОСТ 7829-70. Поковки из углеродистой и легированной стали, изготовленные ковкой на молотах. Припуски и допуски.
4. ГОСТ 7062-90. Поковки из углеродистой и легированной стали, изготовленные ковкой на прессах. Допуски и припуски.
5. ГОСТ 1126-88. Единая система технологической документации. Правила выполнения графических документов на поковки.
6. ГОСТ 18169-86. Процессы технологические литейного производства. Термины и определения.
7. ГОСТ 17819-84. Оснастка технологическая литейного производства. Термины и определения.
8. ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку.
9. ГОСТ 977-88. Отливки стальные. Общие технические условия.
10. ГОСТ 31115-88. Единая система технологической документации. Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок.
11. ГОСТ 17359-82. Порошковая металлургия. Термины и определения.

Учебное издание

**Клименков Степан Степанович**

**Проектирование заготовок**

Практикум

Редактор Н.Н. Матвеева

Технический редактор Н.Н. Матвеева

Корректор Е.М. Богачева

Компьютерная верстка: Д.А. Грибанов,  
С.В. Овчинников, Н.Н. Матвеева

Подписано в печать 20.09.11. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная  
№ 1. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 7,69. Уч.-изд. лист. 13.  
Тираж 80 экз. Заказ № 357

Учреждение образования "Витебский государственный  
технологический университет" 210035, Витебск, Московский пр-т, 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский  
государственный технологический университет».  
Лицензия № 02330/0494384 от 16 марта 2009 г.