

# ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебная программа дисциплины

Учебное пособие

➤ Лабораторный практикум

Методические указания по самостоятельной работе

Банк тестовых заданий в системе UniTest



УДК 621.7/.9  
ББК 30.3  
А91

Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Технология конструкционных материалов» подготовлен в рамках инновационной образовательной программы «Материаловедческое образование при подготовке бакалавров, инженеров и магистров по укрупненной группе образовательных направлений и специальностей "Материаловедение, металлургия и машиностроение" в Сибирском федеральном университете», реализованной в ФГОУ ВПО СФУ в 2007 г.

Рецензенты:

Красноярский краевой фонд науки;

Экспертная комиссия СФУ по подготовке учебно-методических комплексов дисциплин

**Астафьева, Е. А.**

А91 Технология конструкционных материалов. Версия 1.0 [Электронный ресурс]: лаб. практикум / Е. А. Астафьева, Ф. М. Носков. – Электрон. дан. (4 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – (Технология конструкционных материалов : УМКД № 26-2007 / рук. творч. коллектива Е. А. Астафьева). – 1 электрон. опт. диск (DVD). – Систем. требования : *Intel Pentium* (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц ; 512 Мб оперативной памяти ; 4 Мб свободного дискового пространства ; привод *DVD* ; операционная система *Microsoft Windows 2000 SP 4 / XP SP 2 / Vista* (32 бит) ; *Adobe Reader 7.0* (или аналогичный продукт для чтения файлов формата *pdf*).

ISBN 978-5-7638-1041-7 (комплекса)

ISBN 978-5-7638-1413-2 (лабораторного практикума)

Номер гос. регистрации в ФГУП НТЦ «Информрегистр» 0320802389 от 27.11.2008 г. (комплекса)

Настоящее издание является частью электронного учебно-методического комплекса по дисциплине «Технология конструкционных материалов», включающего учебную программу, учебное пособие, методические указания по самостоятельной работе, контрольно-измерительные материалы «Технология конструкционных материалов. Банк тестовых заданий», а также наглядное пособие «Технология конструкционных материалов. Презентационные материалы».

Приведены краткие теоретические сведения о методах обработки конструкционных материалов, схемы и принципы работы оборудования, принципы проектирования технологических процессов изготовления заготовок, а также порядок выполнения лабораторных работ и содержание отчетов.

Предназначен для студентов направления подготовки бакалавров 150300.62 «Машиностроение» укрупненной группы 150000 «Материаловедение, металлургия и машиностроение».

© Сибирский федеральный университет, 2008

Рекомендовано Инновационно-методическим управлением СФУ  
в качестве учебного пособия

Редактор А. А. Гетьман

Разработка и оформление электронного образовательного ресурса: Центр технологий электронного обучения информационно-аналитического департамента СФУ; лаборатория по разработке мультимедийных электронных образовательных ресурсов при КрЦНИТ

Содержимое ресурса охраняется законом об авторском праве. Несанкционированное копирование и использование данного продукта запрещается. Встречающиеся названия программного обеспечения, изделий, устройств или систем могут являться зарегистрированными товарными знаками тех или иных фирм.

Подп. к использованию 25.09.2008

Объем 4 Мб

Красноярск: СФУ, 660041, Красноярск, пр. Свободный, 79

## Оглавление

<b>ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ .....</b>	<b>6</b>
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК В РАЗОВЫХ ПЕСЧАНО- ГЛИНИСТЫХ ФОРМАХ .....</b>	<b>7</b>
Цели работы.....	7
Краткие теоретические сведения.....	7
Порядок выполнения работы .....	12
Содержание отчета .....	13
Контрольные вопросы .....	13
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ .....</b>	<b>14</b>
Цели работы.....	14
Краткие теоретические сведения.....	14
Порядок выполнения работы .....	26
Содержание отчета .....	26
Контрольные вопросы .....	27
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. НЕРАВНОМЕРНОСТЬ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ПРЕССОВАНИИ .....</b>	<b>28</b>
Цели работы.....	28
Краткие теоретические сведения.....	28
Порядок выполнения работы .....	30
Содержание отчета .....	31
Контрольные вопросы .....	31
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. КОВКА МЕТАЛЛОВ .....</b>	<b>32</b>
Цели работы.....	32
Краткие теоретические сведения.....	32
Порядок выполнения работы .....	37
Содержание отчета .....	38
Контрольные вопросы .....	38

<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. КОНТАКТНАЯ СВАРКА .....</b>	<b>39</b>
Цели работы.....	39
Краткие теоретические сведения.....	39
Порядок выполнения работы .....	42
Содержание отчета .....	42
Контрольные вопросы .....	42
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. РУЧНАЯ ЭЛЕКТРОДУГОВАЯ СВАРКА.....</b>	<b>43</b>
Цели работы.....	43
Краткие теоретические сведения.....	43
Порядок выполнения работы .....	48
Содержание отчета .....	49
Контрольные вопросы .....	49
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7. ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК НА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫХ СТАНКАХ.....</b>	<b>50</b>
Цели работы.....	50
Краткие теоретические сведения.....	50
Порядок выполнения работы и содержание отчета.....	55
Контрольные вопросы .....	58
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8. ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК НА ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРЛИЛЬНОМ СТАНКЕ .....</b>	<b>59</b>
Цели работы.....	59
Краткие теоретические сведения.....	59
Порядок выполнения работы и содержание отчета.....	65
Контрольные вопросы .....	65
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9. ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК НА ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОМ СТАНКЕ .....</b>	<b>66</b>
Цели работы.....	66
Краткие теоретические сведения.....	66
Порядок выполнения работы и оформления отчета .....	74
Контрольные вопросы .....	74

<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 2 .....</b>	<b>75</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 2 ВЫДЕЛЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ЕЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ НА ЧЕРТЕЖАХ.....</b>	<b>120</b>
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....</b>	<b>124</b>

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Технология конструкционных материалов – комплексная дисциплина о способах получения и обработки конструкционных материалов, применяемых в металлургическом и машиностроительном производствах.

Лабораторные работы позволяют наглядно продемонстрировать основные методы формообразования заготовок и обработки деталей машин: литье, обработку давлением, сварку и резание. В настоящем лабораторном практикуме приведены краткие теоретические сведения о методах обработки конструкционных материалов, схемы и принципы работы оборудования, принципы проектирования технологических процессов изготовления заготовок, а также порядок выполнения лабораторных работ и содержание отчетов.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

## ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК

### В РАЗОВЫХ ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ФОРМАХ

#### Цели работы

1. Изготовить отливки в разовых песчано-глинистых формах.
2. Зарисовать последовательность изготовления формы, конфигурацию моделей и полученной отливки.
3. Сделать вывод, сравнив процессы литья в разовую и постоянную формы.

*Оборудование и оснастка:* модели отливок (разъемные и неразъемные); модели литниковой системы; подмодельная плита, опоки, формовочная смесь, стержень, серебристый графит, совок, трамбовка, гладилка, игла, подъемник для моделей, клещи для извлечения отливок при разрушении форм, жидкий металл для заливки форм, шахтная печь.

#### Краткие теоретические сведения

Основным способом изготовления отливок является литье в песчаные формы, в которых получают около 80 % от общего количества отливок. Материалом для песчаной формы служат кварцевый песок, огнеупорная глина, вода. После изготовления формы в нее заливают расплавленный металл, выдерживают до затвердевания, затем форму разрушают, извлекают отливку, отделяют от нее части литниковой системы, очищают от формовочной смеси.

Состав и физико-механические свойства формовочной смеси зависят от требований к форме. Форма должна:

быть прочной, чтобы выдерживать нагрузки при ее сборке, транспортировке и заливке металла;

обладать газопроницаемостью, чтобы отводить во внешнюю среду газы, образующиеся в форме при заливке металла и растворенные в металле;

обладать противопригарностью, способностью не спекаться и не сплавляться с жидким металлом, заливаемым в форму;

быть податливой, чтобы сжиматься, не разрушаясь под действием усилий от усадки металла отливки;

иметь высокую термохимическую стойкость, т. е. не вступать в химическую реакцию с расплавленным металлом.

Песчаные формы служат только один раз и разрушаются при выбивке отливки из формы. *Литейная форма* ([рис. 1.1, а](#)) – это система элементов,

образующих рабочую полость, в которую заливается расплавленный металл. После его кристаллизации формируется отливка. Форма обычно состоит из нижней и верхней полуформ.

Для получения песчано-глинистой формы необходимо использовать модельно-опочную оснастку, в которую входят опоки, модель отливки (рис. 1.1, б), стержень 2 (рис. 1.1, а), модели элементов литниковой системы (рис. 1.1, а): стояк 7 – вертикальный канал, вокруг которого в формовочной смеси 10 вырезают воронку 6; питатель 9, по которому металл поступает в полость формы; шлакоуловитель 8, предназначенный для устранения шлака, попавшего в жидкий металл, и выпоры 5.

Модель представляет собой приспособление для получения в форме полости, соответствующей по конфигурации наружной поверхности отливки. При помощи разъемной модели (рис. 1.1, б, в) делают отпечаток 11 в формовочной смеси (рис. 1.1, а). Для изготовления литейной формы по моделям используют опоки 3 и 4 (жесткие металлические рамки). В опоках располагают модель, заполняют опоки формовочной смесью и уплотняют ее вокруг модели. Модели могут быть разъемными и неразъемными.

Для того чтобы получить в отливке отверстия или полости, изготавливают стержни 2 (рис. 1.1, а), конфигурация которых повторяет конфигурацию внутренней полости отливки. Материалом для изготовления стержней служат стержневые смеси, которые состоят из кварцевого песка и связующих веществ (жидкое стекло, канифоль, смола и т. д.). Стержни по условиям их работы должны обладать большей, чем форма, газопроницаемостью, прочностью, податливостью и противополопригарностью. Стержни формуют в стержневых ящиках (рис. 1.2).

Для обеспечения вышеперечисленных технологических свойств стержни обязательно подвергают сушке.

Модели и стержни изготавливают с выступающими частями 1, которые называются *знаковыми* (рис. 1.1, б). Конфигурация стержневых знаков и их размеры должны обеспечивать легкую установку стержней в форму и их устойчивость при транспортировке, кантовке, заливке.

Для беспрепятственного извлечения моделей из форм и освобождения стержневых ящиков от стержней вертикальные стенки моделей и ящиков делают с уклоном в направлении извлечения моделей из формы и стержней из стержневых ящиков.

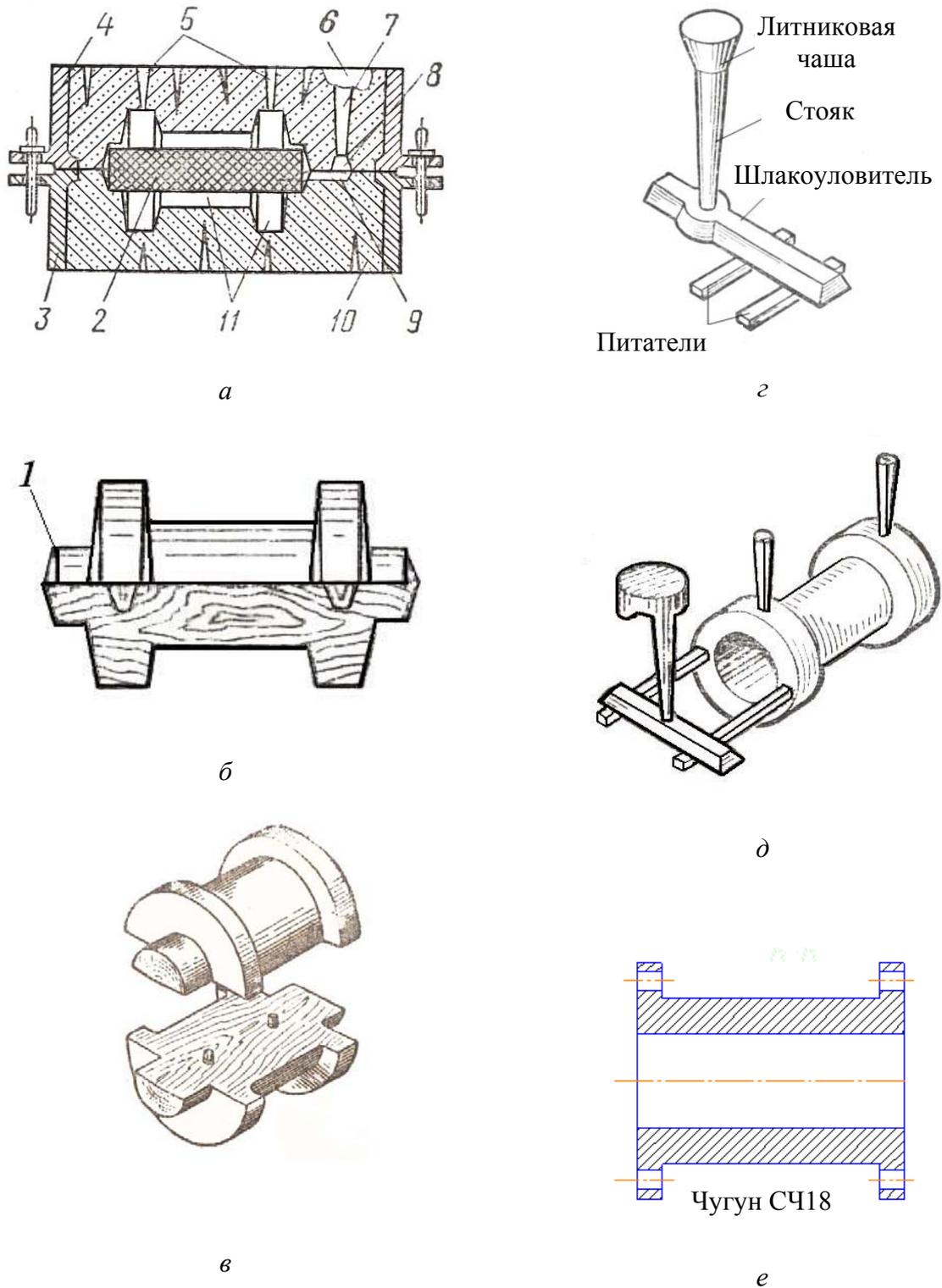


Рис. 1.1. Литейная форма и ее элементы:  
 а – литейная форма; б, в – разъемная модель отливки;  
 г – элементы литниковой системы; д – отливка детали с литниковой системой;  
 е – деталь, полученная после механической обработки отливки

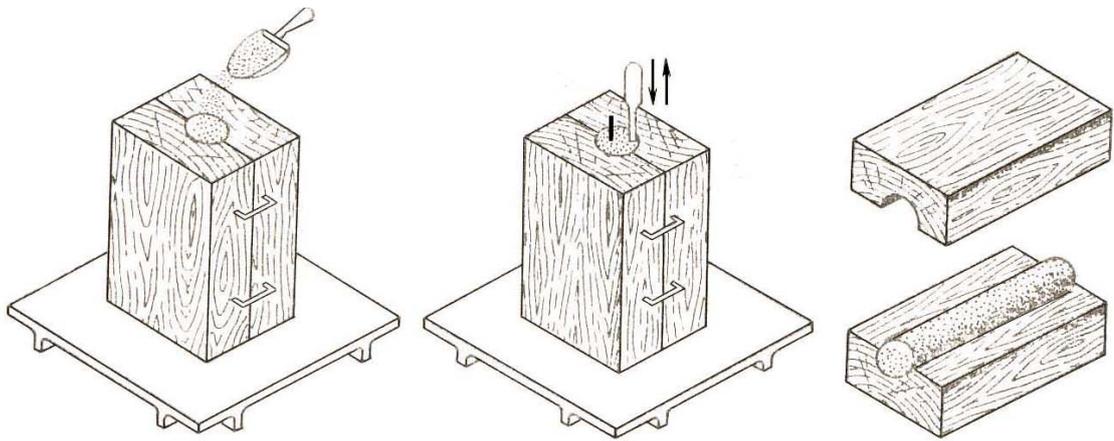


Рис. 1.2. Схема изготовления стержня по разъемному деревянному ящику

Кроме того, поверхности модели и стержневого ящика должны быть гладкими, чистыми и покрытыми водоотталкивающими лаками для обеспечения легкости отделения от смеси. Модельный комплект должен быть прочным, не изменяться в размерах, противостоять влиянию влаги атмосферы литейного цеха и формовочной смеси.

При изготовлении моделей учитывают технологию формовки, литейные свойства сплава (в первую очередь усадку сплава) и последующую механическую обработку отливки.

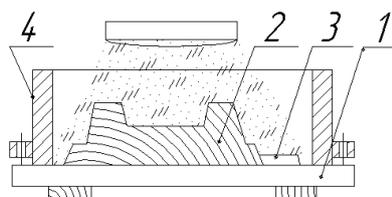
После изготовления литейной формы происходит заливка расплавом, который охлаждается и переходит из жидкого состояния в твердое, т. е. кристаллизуется.

Модели и стержневые ящики изготавливают из дерева, металла и пластмассы. Металлические модели и стержневые ящики по сравнению с деревянными более долговечны и точны по размерам, обеспечивают у получаемых отливок чистоту поверхности.

При переходе расплава из жидкого состояния в твердое происходит уменьшение объема металла, т. е. объема отливки и линейных размеров. Этот процесс называется соответственно *объемной и линейной усадкой*. При изготовлении моделей, отливок и стержневых ящиков учитывают линейную усадку, т. е. уменьшение размеров в каждом измерении отдельно (по длине и ширине).

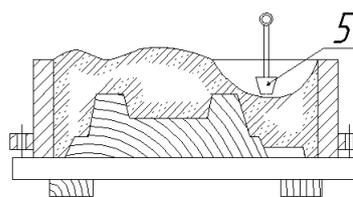
Желательно, чтобы поверхность разъема модели отливки представляла собой горизонтальную плоскость, через которую должно проходить наибольшее количество стержней. Составные части модели во избежание сдвига и перекоса в форме соединяются центровочными шипами.

**Технология изготовления литейной формы** состоит в следующем. Ставят нижнюю опоку и припыливают графитом ([рис. 1.3, а](#)), чтобы формовочная смесь не прилипала к моделям. Затем в опоку насыпают просеянную формовочную смесь и уплотняют ее ([рис. 1.3, б](#)). Излишек формовочной смеси счищают линейкой с поверхности полуформы ([рис. 1.3, в](#)).



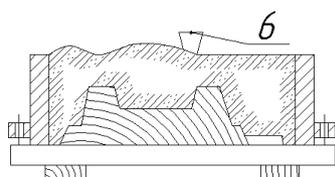
На подмодельную плиту 1 ставят нижнюю часть модели 2, модель питателя 3 и нижнюю опоку 4, припыливают все графитом

*a*



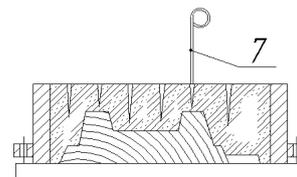
Опоку заполняют формовочной смесью и уплотняют ее трамбовкой 5

*б*



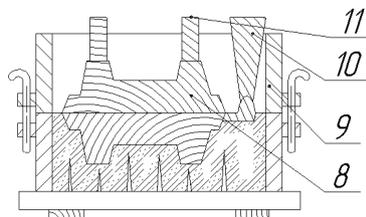
Лишнюю формовочную смесь срезают линейкой 6

*в*



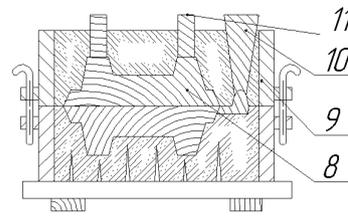
Иглой 7 делают каналы для выхода газов

*г*



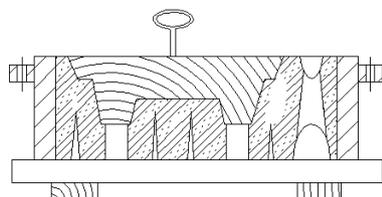
Нижнюю опоку поворачивают на 180° и ставят верхнюю опоку 9 и половину верхней модели 8, модели стояков 10 и выпоров 11

*д*



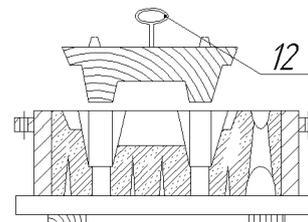
Верхнюю полуформу изготавливают аналогично нижней

*е*



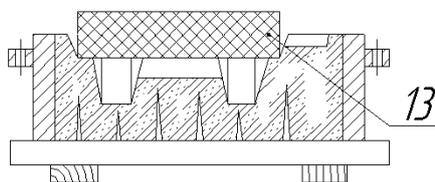
После извлечения моделей выпоров и стояка верхнюю полуформу снимают и ставят разъемом вверх

*ж*



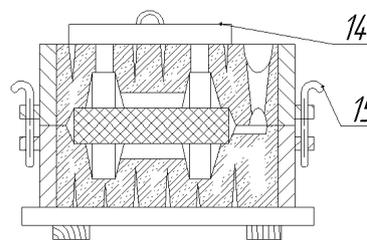
Моделеподъемником 12 верхнюю половину модели извлекают из формы

*з*



После извлечения нижней половины модели в нижнюю полуформу помещают стержень 13

*и*



Форму собирают по штырям 15 и ставят груз 14

*к*

Рис. 1.3. Схема технологического процесса изготовления литейной формы

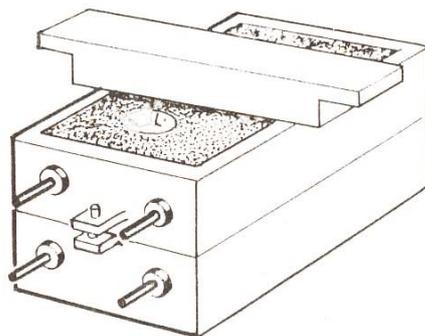


Рис. 1.4. Литейная форма после заливки

При помощи иглы 7 делают каналы для выхода газов ([рис. 1.3, з](#)), кантуют (перевертывают) полуформу на  $180^\circ$  и на нижнюю половину модели по центрирующим шипам устанавливают верхнюю половину модели 8 ([рис. 1.3, д](#)). На нижнюю опоку ставят верхнюю 9 по центрирующим штырям 15.

Вновь припыливают поверхность модели графитом, ставят модели шлакоуловителя, стояка 10 и выпоров 11, засыпают формовочную смесь в верхнюю опоку и уплотняют ее ([рис. 1.3, д, е](#)), стараясь не задеть модели выпоров и стояка. Затем счищают излишек формовочной смеси, прорезают воронку для подачи металла в форму, удаляют стояк, выпоры и делают дополнительные каналы для выхода газов.

Снимают верхнюю полуформу ([рис. 1.3, ж](#)), извлекают из нее полумодель отливки ([рис. 1.3, з](#)).

Устанавливают стержень 13 и производят сборку формы ([рис. 1.3, и](#)). Для точной сборки формы опоки имеют специальные втулки, в которые входят центрирующие штыри 15. При заполнении формы расплав давит на ее стенки, в результате чего верхняя полуформа может подняться, и тогда по плоскости разъема образуется зазор, через который расплав может вытекать из формы. Для предупреждения этого на верхнюю опоку ставят груз 14 ([рис. 1.3, к](#)).

После затвердевания и охлаждения металла форму ([рис. 1.4](#)) разрушают, отливку освобождают от формовочной смеси, выбивают стержень, отрезают литники, а поверхность отливки очищают от формовочной смеси.

### Порядок выполнения работы

1. Подготовить модельно-опочные комплекты, формовочный инструмент и рабочее место.
2. Изготовить формы в опоках по разъемной или неразъемной моделям.
3. Залить формы расплавленным сплавом (силумином).
4. Охлажденные отливки выбить из формы. Полностью охладить в воде, очистить их поверхность, отделить литниковую систему.

5. Произвести заливку металла в постоянную металлическую форму (кокиль).
6. Оценить качество поверхности, точность размеров отливок, полученных в разовой и постоянной формах.

### Содержание отчета

1. Описать технологию изготовления форм в опоках по разъемным и неразъемным моделям.
2. Представить эскизы моделей, форм и изготовленных отливок.
3. Описать качество поверхностей отливок, полученных в разовой и постоянной формах.

Каждый студент должен составить отчет по лабораторной работе и защитить его.

### Контрольные вопросы

1. Что называется отливкой?
2. Что называется литниковой системой? Что она должна обеспечивать?
3. Требования, предъявляемые к формовочной и стержневой смеси.
4. Что называется знаковой частью модели и стержня?
5. Что называется объемной (линейной) усадкой?
6. Требования, предъявляемые к модели отливки.
7. Что представляет собой литейная форма?
8. Для чего предназначена модель отливки?

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ

### Цели работы

По чертежу детали разработать технологический процесс изготовления литой заготовки этой детали, включающий проектирование и составление чертежей:

- элементов литейной формы (или отливки детали);
- модели отливки (или модельных плит);
- литейной формы в сборе;
- разработку эскизов:
- стержневых ящиков и полученных в них стержней;
- литниковой системы.

*Приспособления, инструменты.* Наглядные пособия: деревянные и металлические модели отливок, макет литейной формы, отливки из чугуна и алюминиевых сплавов, деревянные стержневые ящики. Чертежные принадлежности.

### Краткие теоретические сведения

Технологический процесс изготовления отливок актуален для получения изделий в любых отраслях промышленности.

При проектировании литейной технологии необходимо обеспечивать хорошие эксплуатационные качества литых деталей ([рис. 2.1](#) и [рис. 2.3, а](#)), высокие технико-экономические показатели на всех этапах технологического процесса.

При оценке технологического процесса нужно учитывать затраты на получение отливок в литейном цехе, снижая себестоимость механической обработки. При этом следует уменьшать припуски, упрощать процесс формовки, максимально использовать технологическое оборудование.

При разработке технологического процесса изготовления литейной формы необходимо:

- выбрать способ формовки (ручная, машинная);
- определить положение отливки в форме при заливке;
- установить поверхности разъемов литейной формы и модели отливки;
- наметить конструкцию литниковой системы;
- разработать чертежи элементов литейной формы ([рис. 2.1](#) и [рис. 2.3, в](#)) или отливки ([рис. 2.2](#)), модели ([рис. 2.5, а](#) и [рис. 2.7](#)) и литейной формы ([рис. 2.5, б](#) и [рис. 2.9](#)).

Чертеж детали (рис. 2.1 и рис. 2.3, а) является основой для проектирования технологического процесса изготовления отливки.

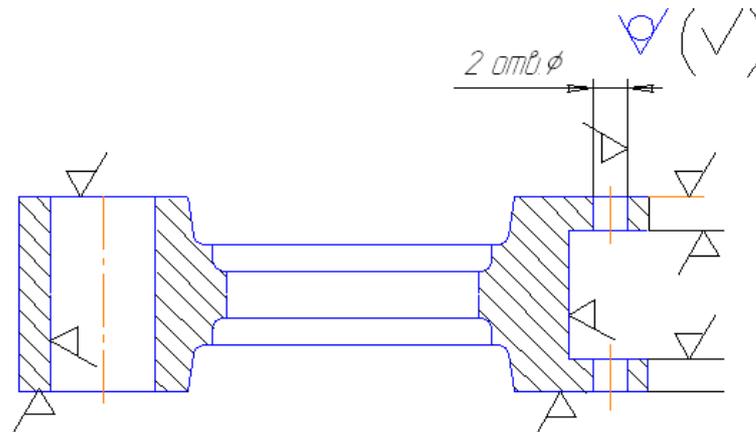


Рис. 2.1. Чертеж детали (рычага)

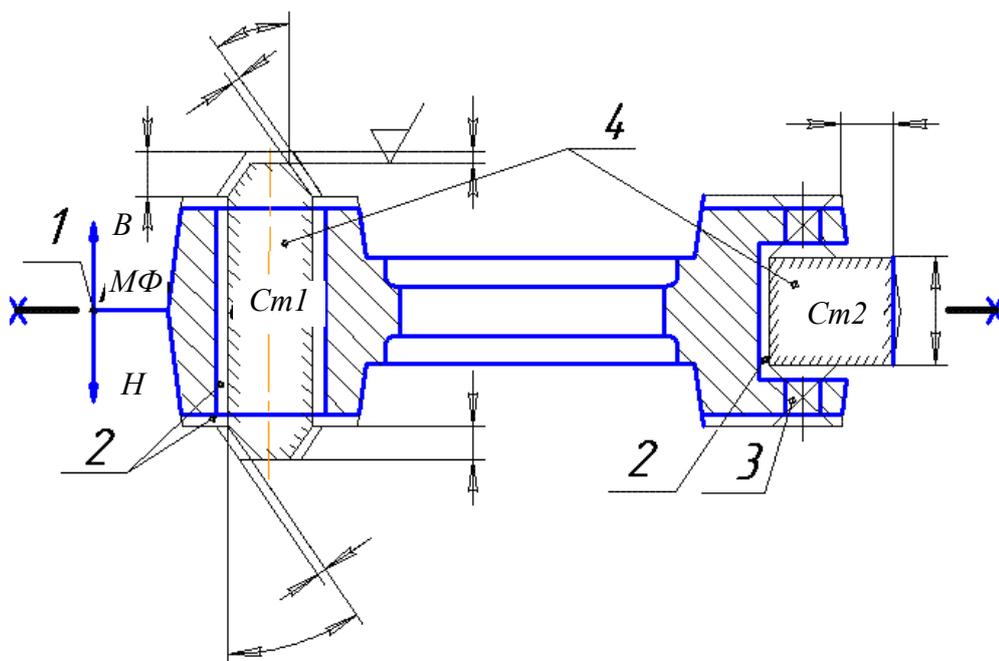


Рис. 2.2. Чертеж «Элементы литейной формы»

В мелкосерийном и единичном производстве на копию чертежа детали в соответствии с ГОСТ 3.1125–88 наносят технологические указания, необходимые для изготовления модельного комплекта, формы, стержня, и получают чертеж элементов литейной формы (рис. 2.2 и рис. 2.3, в). На этом чертеже указывается поверхность разъема модели и формы, положение отливки при заливке, уклоны (табл. 2.1), припуски на обработку резанием (табл. 2.2), положение стержней, их знаки, размеры и другие технологические указания, необходимые для изготовления модельного комплекта, формы и стержней.

В массовом и крупносерийном производстве разрабатывают специальный чертеж *отливки* ([рис. 2.3, б](#)), при этом на копию чертежа детали наносят необходимые указания.

Выбор варианта расположения отливки в литейной форме ([рис. 2.5, б](#) и [рис. 2.9](#)) – первоочередная задача разработки технологического процесса изготовления отливки.

Поверхность, по которой при сборке литейной формы соединяются ее части, называется *поверхностью разъема*. Правильные разъемы формы и модели обеспечивают удобство изготовления формы, ее сборки и качество отливки.

Разъем модели и формы показывают отрезком или штрихпунктирной линией, заканчивающейся знаком Х— —Х. Над ней указывают буквенное обозначение разъема (МФ) на чертежах элементов литейной формы ([рис. 2.2](#) и [рис. 2.3, в](#)).

Положение отливки в форме при заливке обозначают буквами В (верх) и Н (низ), которые проставляют у стрелок, показывающих направление разъема. Направление разъема обозначается сплошной основной линией, ограниченной стрелками и перпендикулярной линии разъема.

При определении поверхности разъема формы следует руководствоваться следующими положениями:

всю отливку, если позволяет ее конструкция, нужно располагать в нижней части формы: при этом исключается перекося отливки ([рис. 2.5, б](#));

поверхность разъема при заливке желательна иметь горизонтальной;

поверхность разъема формы должна обеспечивать свободное извлечение модели из формы и удобную установку стержней;

форма должна иметь минимальное число стержней по возможности простой конфигурации или иметь не стержни, а песчаные болваны.

**Отливка** является заготовкой детали и отличается от детали размерами и формой. Размеры отливки изменяются в тех местах, где на поверхности детали указан знак  $\nabla$  механической обработки ([рис. 2.2](#) и [рис. 2.3, а](#)). Наружные размеры увеличиваются, а внутренние уменьшаются на величину *припуска на механическую обработку*. Это слой металла (на сторону), удаляемый в процессе механической обработки отливки с ее поверхностей для получения заданной геометрической точности и качества поверхности детали.

Припуск на обработку металла резанием зависит:

от способа изготовления отливки;

расположения отливки в форме;

класса точности отливки;

наибольшего габаритного размера литой детали;

материала отливки ([табл. 2.2](#)).

Припуски на обработку резанием наносят на копии чертежа детали сплошными тонкими линиями у поверхностей, где указан знак обработки, при построении чертежа «Элементы литейной формы» ([рис. 2.2](#) и [рис. 2.3, в](#)).

При построении чертежа отливки припуск на обработку резанием наносят на копию чертежа детали сплошной толстой линией и штрихуют в плоскости разреза (рис. 2.3, б).

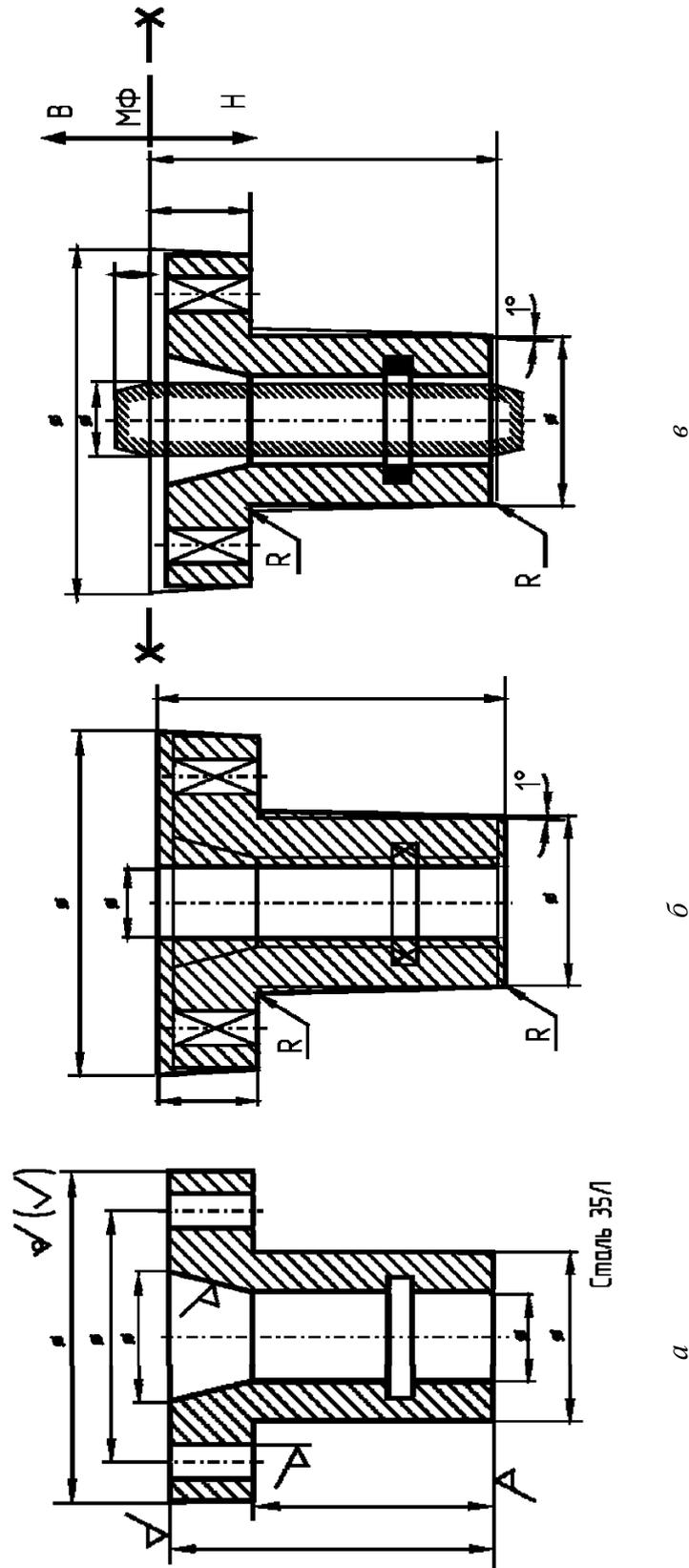


Рис. 2.3. Проектирование технологического процесса изготовления отливки:  
 а – чертеж детали; б – чертеж отливки; в – чертеж элементов литейной формы

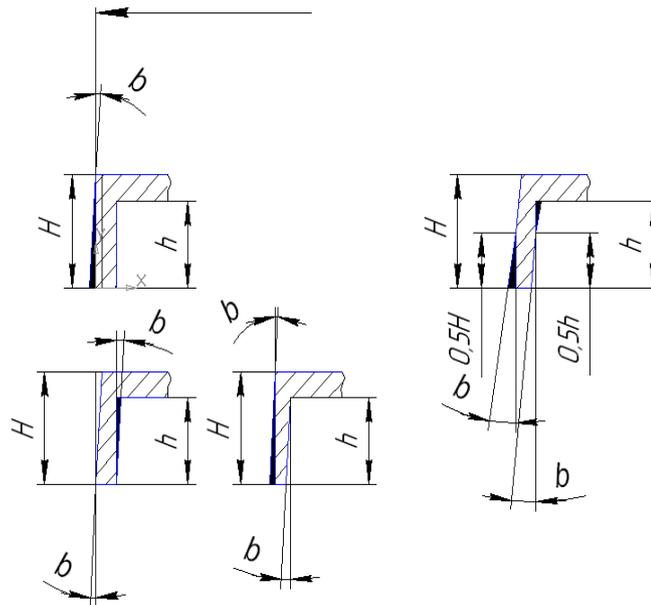


Рис. 2.4. Формовочные уклоны

Для верхней части отливки дают припуски больше, чем для нижней и боковой, потому что в верхней части скапливаются шлаковые включения и появляются газовые раковины ([табл. 2.2](#)).

При массовом производстве отливок с помощью стержней получают отверстия диаметром более 20 мм, при серийном производстве – более 30 мм, при единичном – более 50 мм.

По форме отливка отличается от детали также наличием *напусков*, которые облегчают процесс ее изготовления. К ним относятся литейные уклоны, галтели, приливы, отверстия и впадины, не выполняемые литьем.

Наличие уклонов на моделях является главной причиной значительных отклонений размеров отливок от номинальных.

У отливки, полученной в песчано-глинистой форме, на обрабатываемых поверхностях сверх припуска на механическую обработку следует выполнять формовочные уклоны. Допускается выполнение уклонов за счет уменьшения припуска, но не более 30 % его значения.

Формовочные уклоны следует выполнять на необрабатываемых поверхностях отливки, не сопрягаемых по контуру с другими деталями за счет увеличения ([рис. 2.4](#)) или уменьшения размеров отливки.

Формовочные уклоны выполняются на необрабатываемых поверхностях отливки, сопрягаемых по контуру с другими деталями за счет уменьшения или увеличения размеров отливки, в зависимости от поверхностей сопряжения.

Значения формовочных уклонов в модельных комплектах для песчано-глинистых смесей указаны в [табл. 2.1](#). Чем больше высота поверхности, тем абсолютная величина уклона меньше. На деревянных моделях уклоны делают больше, чем на металлических моделях при равных габаритных размерах.

Таблица 2.1

**Величины формовочных уклонов для отливок, получаемых в песчано-глинистых формах**

Высота модели, мм	Формовочные уклоны			
	Деревянная модель		Металлическая модель	
	град	мм	град	мм
До 20	0,5	1,0	1,30	0,5–1,0
20–50	1,30	1,0–2,0	1,0	0,8–1,2
50–100	1,0	1,5–2,5	0,45	1,2–1,5
100–200	0,45	2,0–3,0	0,30	1,5–2,0
200–300	0,30	2,5–4,0	0,30	2,0–3,0

Таблица 2.2

**Припуски (мм) на обработку отливок резанием**

Габаритный размер, мм	Положение поверхности при заливке	Для серого чугуна	Для стали	Для цветных сплавов (бронза, латунь, силумин)
120	Верх	3,5	4,5	–
	Низ, бок	2,5	4,0	–
121–260	Верх	4,0	5,0	3
	Низ, бок	3,0	4,0	–
261–500	Верх	4,5	6,0	4
	Низ, бок	3,5	5,0	–
501–800	Верх	5,0	7,0	5
	Низ, бок	4,0	5,0	–
801–1250	Верх	6,0	8,0	–
	Низ, бок	4,0	6,0	6
1251–2000	Верх	7,0	9,0	–
	Низ, бок	4,5	7,0	7

Отливка должна иметь по возможности равномерную толщину стенки, так как в местах утолщения стенок могут образовываться дефекты усадочно-го характера (пористость, усадочные раковины, трещины).

Отливка не должна иметь острых углов и резких переходов от толстых стенок к тонким. Сопряжения стенок должны выполняться плавными переходами-галтелями.

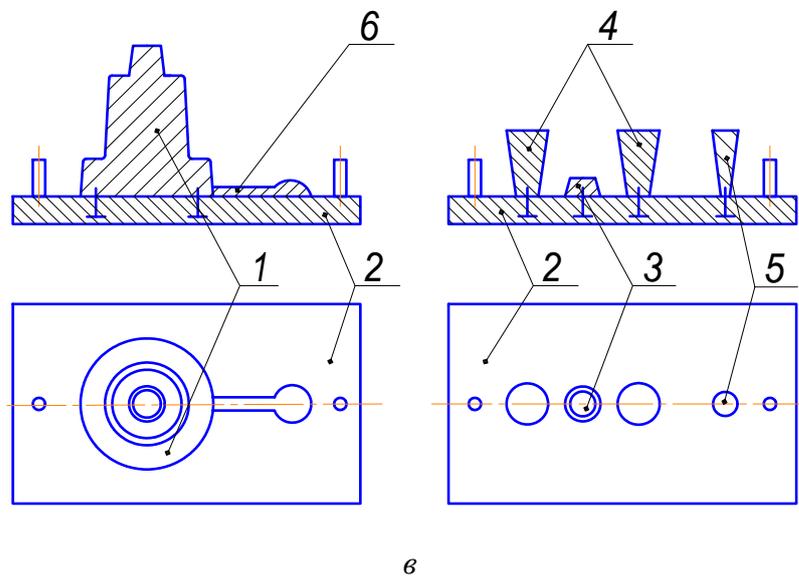
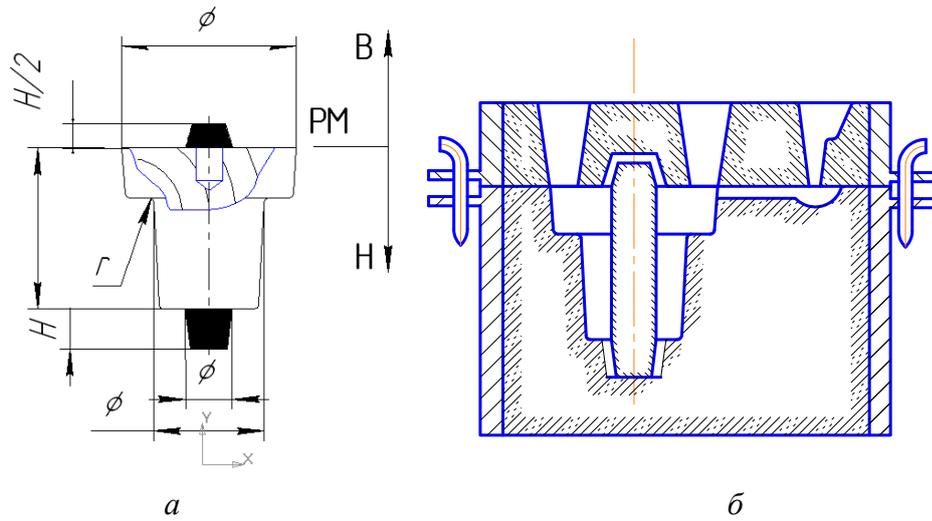


Рис. 2.5. Модели (а) и модельные плиты (в) для изготовления литейной формы (б)

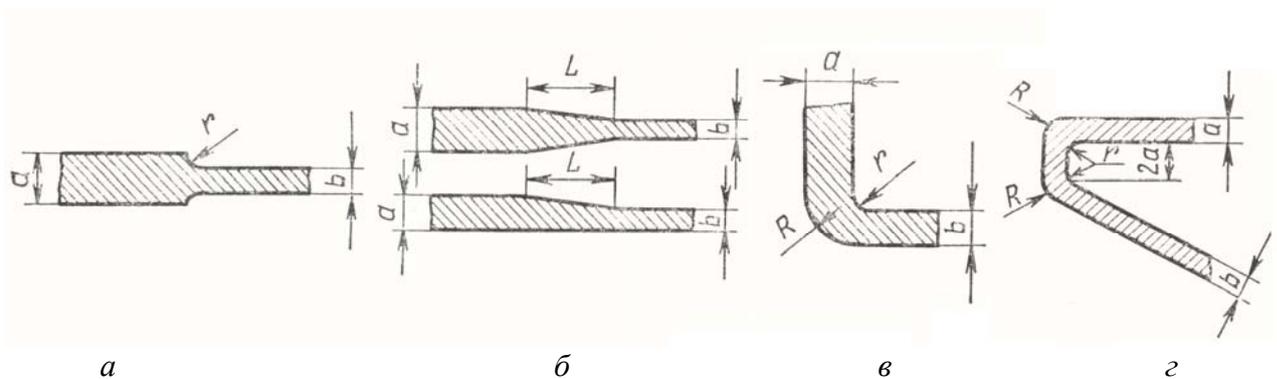


Рис. 2.6. Примеры сопряжения стенок отливки

Если толщины стенок отличаются меньше чем вдвое, то при сопряжении рекомендуется применять галтели (радиусы внутренних углов) от  $1/6$  до  $1/3$  среднего арифметического толщин сопрягаемых стенок. Величина радиуса определяется по формуле  $r = (1/6 - 1/3)[(a + b)] / 2$  (рис. 2.6, а). При различии толщин сопрягаемых стенок вдвое и более рекомендуется клиновое сопряжение (рис. 2.6, б). Длина этого сопряжения  $L$  для чугуна и цветных сплавов принимается равной  $L = 4(a - b)$ , для стали  $L = 5(a - b)$ .

При угловых сопряжениях стенок разной толщины (рис. 2.6, в) галтель делается радиусом  $r$ , определенным по приведенной выше формуле. Внешний радиус закругления  $R$  равен толщине большей стенки.

Технологические напуски – отверстия, впадины и т. п., не выполняемые в отливке, зачеркивают тонкими линиями (рис. 2.3, б, в).

Контуры стержней (рис. 2.2 и рис. 2.3, б, в) со знаками, попадающими в разрез, обозначают сплошными тонкими линиями с короткой штриховкой по контуру. Номера стержней обозначают Ст1, Ст2 и т. д.

**Модель** – это приспособление для получения в песчаной форме отпечатка, обычно соответствующего наружной конфигурации отливки со стержневым знаком. У отливок простой конфигурации модели могут быть без знаковых частей.

На рис. 2.7 приведен чертеж деревянной модели для получения отливки рычага в форму, изготовленную вручную. Основным документом для разработки чертежа модели является чертеж «Элементы литейной формы» (рис. 2.2). Конструкция модели должна обеспечивать возможность уплотнения формовочной смеси и удаления модели из формы. Поэтому модель чаще всего делается разъемной, причем в ее нижней части имеются отверстия, а в верхней – шипы 4 (рис. 2.7), при помощи которых обе части модели фиксируются.

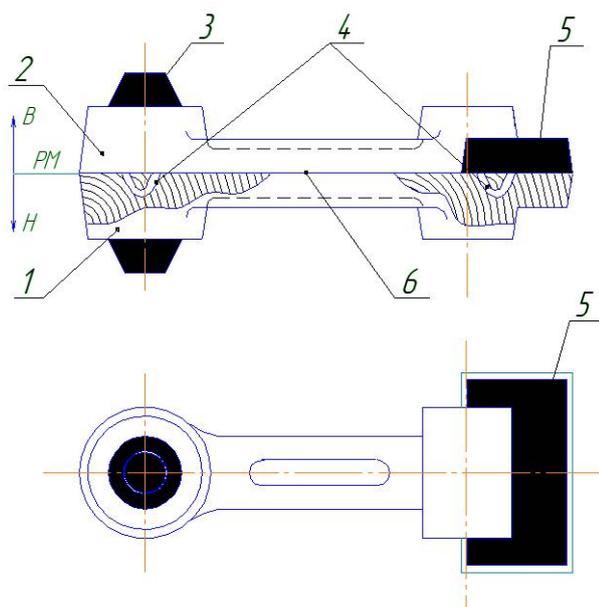


Рис. 2.7. Модель отливки рычага

Таблица 2.3

## Припуски на усадку металлов

Металл отливки	Виды отливки	Припуск на усадку, %
Серый чугун	Мелкие, средние	0,8–1,2
Медные сплавы	Мелкие, средние	1,4
Алюминиевые сплавы	Мелкие, средние	0,8–1,2
Сталь	Мелкие, средние	1,5

Формовочные уклоны выполняются на плоскостях модели, перпендикулярных разъему формы, чтобы модель легко вынималась из формы, не повреждая ее (табл. 2.1). У стенок модели острые углы делают скругленными.

Размеры модели отливки в массовом и крупносерийном производстве указываются на ее чертеже (рис. 2.5, а) с учетом литейной усадки сплава (табл. 2.3). В мелкосерийном и единичном производстве при разработке чертежа «Элементы литейной формы» указывается усадка сплава в процентах.

Модели изготавливаются обычно из дерева или металла, реже – из пластмасс и других материалов. Поверхности деревянных моделей механически обрабатывают и окрашивают для увеличения срока службы. Знаки 3 и 5 на моделях могут быть окрашены в черный цвет (рис. 2.5, а и рис. 2.7).

**Модельные плиты** (рис. 2.5, в) представляют собой металлические плиты, на которых монтируются модели отливок и элементы литниковой системы. На рис. 2.5, в показаны нижняя и верхняя модельные плиты для изготовления формы (рис. 2.5, б) стальной отливки (рис. 2.8, б). На нижней плите 2 кроме модели 1 установлена модель питателя 6. На верхней плите 2 установлены модели стояка 5 верхнего стержневого знака 3 и прибыли 4. Модельные плиты, как правило, применяют при машинной формовке для изготовления отливок в массовом и крупносерийном производствах. По односторонним металлическим плитам при формовке на машинах получают литейную форму в парных опоках (рис. 2.5, б).

**Модельные комплекты и опочная оснастка.** Чугунная отливка рычага с литниковой системой представлена на рис. 2.8, а. Наружная конфигурация отливки образуется формой (рис. 2.9), а внутренняя (цилиндрическое отверстие и сквозной паз) выполняется цилиндрическим стержнем Ст1 и плоским стержнем Ст2 (рис. 2.10). Каждый стержень с помощью знаков устанавливается и фиксируется в форме. Конструкция знаков должна обеспечивать устойчивое положение стержней в форме.

Для изготовления песчаной формы используют модельные комплекты и опочную оснастку. В модельный комплект входят: модели или модельные плиты (рис. 2.5, а, в), стержневые ящики (рис. 2.10), модели литниковой системы, выпоров и прибылей.

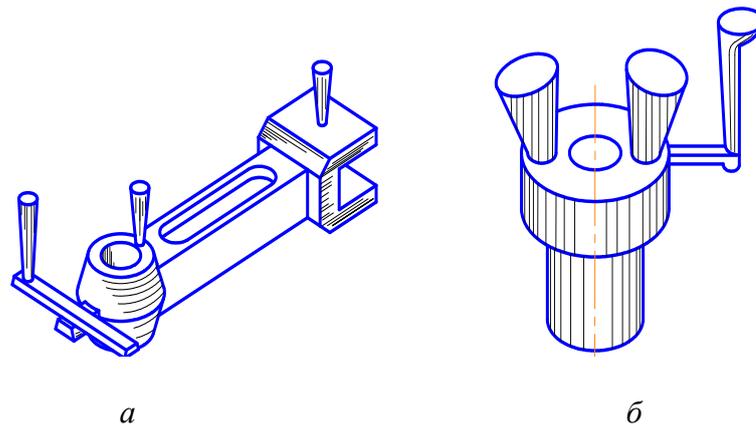


Рис. 2.8. Отливки с литниковой системой:  
*а* – чугунная отливка рычага; *б* – отливка стальной втулки

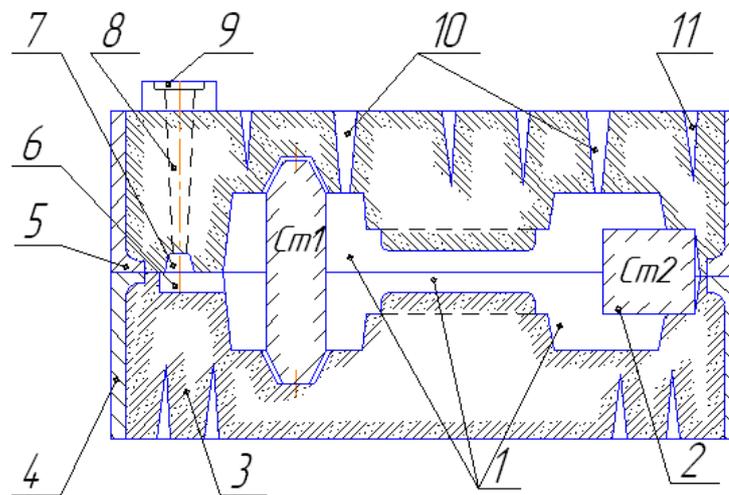


Рис. 2.9. Литейная форма для получения отливки рычага: *1* – полость формы; *2* – стержни; *3* – формовочная смесь; *4* – нижняя опока; *5* – верхняя опока; *6-9* – литниковая система; *10* – выпоры; *11* – газоканалы

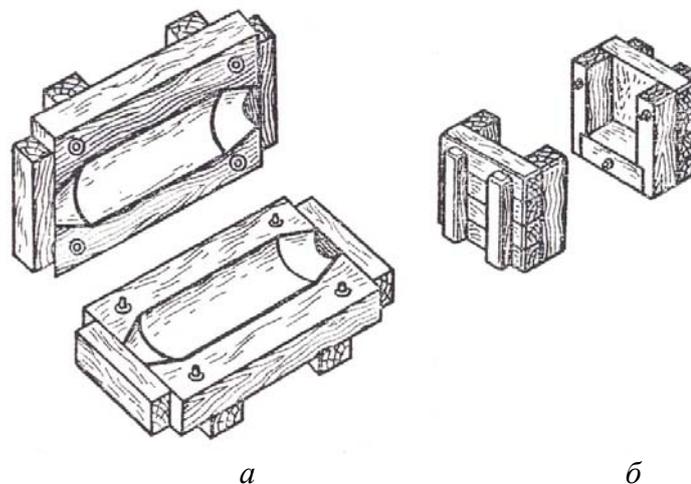


Рис. 2.10. Деревянные стержневые ящики: *а* – для цилиндрического стержня литейной формы чугунного рычага; *б* – для стержня сквозного паза

Стержневой ящик – это приспособление, в котором из стержневой смеси изготавливают стержни. Стержни служат для выполнения в отливке внутренних отверстий, полостей, пазов. Стержневые ящики, как и модели, изготавливаются из дерева, металла, пластмассы. На [рис. 2.10](#) приведены деревянные стержневые ящики для изготовления стержней отливки рычага. В большинстве случаев стержни устанавливаются и укрепляются в форме на знаках 2 ([рис. 2.9](#)). Конструкция знака зависит от конфигурации и габаритов стержня. Жидкий металл, заполняя форму, оказывает давление на стержни снизу, стремясь их вытолкнуть.

Таблица 2.4

**Высота  $h$  (мм) нижних вертикальных знаков стержней для сырых форм**

Размеры стержня $(a + b)/2$ или $D$ , мм	Высота $h$ знака, не более, при длине $L$ стержня, мм							
	до 50	50–80	80–120	120–180	180–250	250–315	315–400	400–500
До 30	20	30	30	–	–	–	–	–
30–50	20	35	35	35	50	60	60	70
50–80	25	35	35	35	40	50	60	70
80–120	25	35	35	35	40	50	60	70
120–180	30	35	35	35	35	40	50	60
180–250	30	35	35	35	35	40	50	60
250–315	35	35	35	35	35	40	50	60
315–400	40	40	40	40	40	40	40	50

Таблица 2.5

**Длина  $l$  (мм) горизонтальных знаков стержней**

Размеры стержня $(a + b)/2$ или $D$ , мм	Длина $l$ знака, не более, при длине $L$ стержня, мм							
	до 50	50–80	80–120	120–180	180–250	250–315	315–400	400–500
До 30	20	25	30	35	–	–	–	–
30–50	20	25	30	35	45	50	–	–
50–80	20	25	30	40	50	55	60	70
80–120	20	25	35	45	55	60	70	80

Таблица 2.6

**Формовочные уклоны на знаковых частях стержня**

$h$ или $h_1$ , мм	$\alpha$ , град	$\beta$ , град	$\alpha_1$ , град
До 30	10	15	4
30–50	7	10	3
50–80	6	8	2
80–120	6	8	2
120–180	5	6	1
180–250	5	6	0

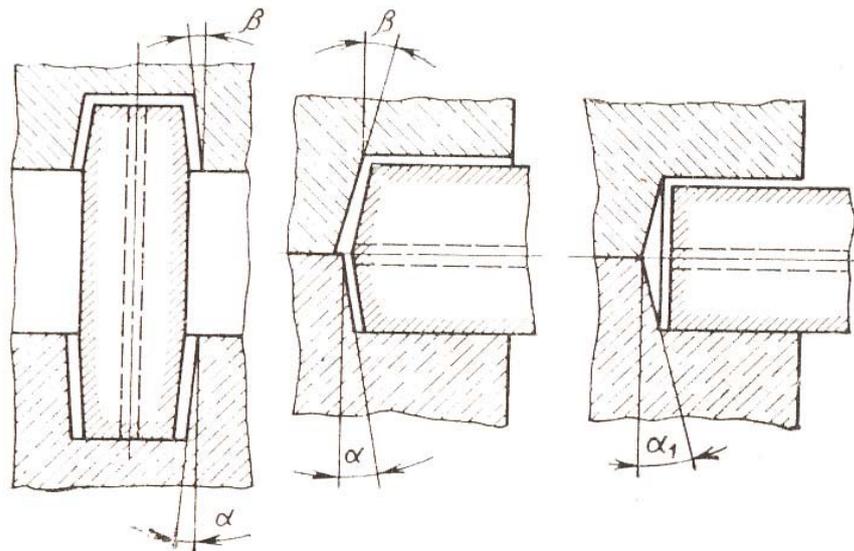


Рис. 2.11. Уклоны знаков стержней

Размеры стержневых знаков должны обеспечить устойчивое положение стержня, но не быть чрезмерно большими, чтобы не вызвать увеличение размеров опок и стоимость формы. Длина горизонтальных знаков  $l$  и высота вертикальных знаков  $h$  указаны в [табл. 2.4](#) и [табл. 2.5](#). Необходимы формовочные уклоны на стержневых знаках ([рис. 2.11](#)), их значения представлены в [табл. 2.6](#).

Нижние знаки вертикальных стержней являются опорными, поэтому их высота  $h$  может быть больше высоты  $h_1$  верхних знаков ([рис. 2.5, а](#)).

Знаковые части стержней на моделях делают больших размеров, чем в стержневых ящиках, для того чтобы при сборке формы между ее поверхностью и знаком стержня образовался зазор ([рис. 2.3](#)). Отсутствие зазоров приведет к тому, что форму нельзя будет собрать.

Модели литниковой системы служат для образования в форме совокупности каналов, по которым металл из ковша поступает в полость литейной формы. Литниковая система состоит из литниковой чаши (воронки), стояка, шлакоуловителя и питателей ([рис. 2.5, в](#)).

*Литниковая чаша* служит для приема металла из заливочного ковша. Во время заливки металла чаша должна быть полной, чтобы шлак, плавающий на поверхности металла, не попадал в стояк. Для задержания шлака используют перегородки и фильтровальные сетки. Стояк-канал передает металл из чаши к другим элементам литниковой системы. Обычно используют вертикальные стояки с круглым сечением.

*Шлакоуловитель* – горизонтальный канал, имеющий обычно сечение в виде трапеции, задерживает шлак и передает металл к питателям. Шлакоуловитель чаще всего располагают в верхней полуформе.

*Питатели* (литники) предназначены для передачи металла в полость формы. Питателей в форме может быть один или несколько. Их располагают обычно в нижней части формы ([рис. 2.9](#)).

**П р и б ы л и и в ы п о р ы.** В зависимости от свойств литейного сплава для получения ответственных отливок применяют прибыли. Модель прибыли образует в форме дополнительную емкость (рис. 2.5, б) для жидкого металла, которым питается отливка при затвердевании. Конструкции прибылей бывают различные. Для ответственных отливок применяются открытые прибыли (рис. 2.8, б), которые можно доливать сверху горячим металлом. Чтобы металл в прибыли дольше оставался жидким, сверху засыпают древесный уголь, сухой песок или вещества, выделяющие тепло в результате химических реакций.

Модели выпоров образуют каналы  $10$  (рис. 2.9 и рис. 2.5, б), соединяющие полость формы с атмосферой. По ним вытесняются воздух и газы из формы. Выпоры при формовке обычно устанавливают на самых высоких частях модели или в местах предполагаемого скопления газов.

**О п о ч н а я о с н а с т к а.** Для изготовления форм кроме модельных комплектов используются опоки, центрирующие штыри и другие приспособления. Форма изготавливается в опоках 4 (рис. 2.9). Они предохраняют ее от разрушения во время сборки, транспортировки и заливки.

## Порядок выполнения работы

1. Согласно варианту, указанному преподавателем, начертить чертеж детали (прил. 1).
2. По чертежу детали, пользуясь краткими теоретическими сведениями, изложенными выше, и условиями производства детали (массовое, мелкосерийное, единичное), разработать чертеж элементов литейной формы или чертеж отливки.
3. С помощью полученного чертежа разработать чертеж модели или модельных плит, а также эскизы стержневого ящика и стержней.
4. Разработать чертеж литейной формы со всеми составляющими литниковой системы.

## Содержание отчета

1. Перечертить чертеж детали на лист формата А4 с указанием всех данных о детали, подписать ФИО студента, группу и номер варианта задания. Это первый лист отчета.
2. На втором листе формата А4 начертить отливку или чертеж «Элементы литейной формы» в зависимости от вида производства (единичное, мелкосерийное, массовое).
3. На третьем листе начертить модель или модельные плиты. Чертеж стержней и стержневых ящиков можно выполнить на третьем или на четвертом листе.
4. Последний чертеж – это схема литейной формы без указания размеров.

5. В письменном приложении к чертежам дать определения отливки, модели, стержня и литейной формы. Указать основные отличия между деталью и отливкой, отливкой и моделью.

### Контрольные вопросы

1. Из каких материалов изготавливают модели отливок и модельные плиты?
2. Перечислите основные отличия отливки от детали.
3. Объясните назначение литейных уклонов на моделях отливок.
4. Для чего предназначены стержневые знаки на моделях отливок?
5. В каких случаях при изготовлении песчано-глинистых литейных форм используют модельные плиты?
6. Почему наружные размеры отливки меньше размеров литейной формы?
7. Укажите основные причины, по которым целесообразно располагать отливку в нижней части литейной формы.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

## НЕРАВНОМЕРНОСТЬ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ПРЕССОВАНИИ

### Цели работы

1. Ознакомиться со схемами прессования, инструментом и оснасткой.
2. Изучить неравномерность деформации полученных профилей, используя для моделирования процесса прессования многослойные пластилиновые заготовки.

*Оборудование, материалы, инструменты:* настольный механический пресс; набор матриц; штангенциркуль, линейка; подставка, контейнер, пресс-штемпели, пресс-шайба, игла с иглодержателем; пластилин разных цветов.

### Краткие теоретические сведения

Процесс прессования широко распространен при производстве профилей самой различной конфигурации из алюминиевых, никелевых, цинковых и медных сплавов, сталей и других сплавов.

Сущность прессования заключается в придании металлу определенной формы путем выдавливания его в зазор, образуемый рабочим инструментом. В настоящее время используются следующие способы прессования: прямое, обратное, с боковым истечением, совмещенное, со свободным контейнером, гидростатическое, с активным трением.

При прямом прессовании ([рис. 3.1, а](#)) слиток 1, нагретый до температуры прессования, помещают в контейнер 2. С выходной стороны контейнера в матрицедержателе 3 размещена матрица 5, которая формирует контур изделия 4. Через пуансон (пресс-штемпель) 7 и пресс-шайбу 6 передается давление от главного цилиндра пресса. Под действием высокого давления горячий, пластичный металл поступает в рабочий канал матрицы, образуя изделие.

В случае прессования полых изделий (труб 10, см. [рис. 3.1, б](#)) слиток после деформации в контейнере прошивается иглой 9, закрепленной в иглодержателе 8, и затем выдавливается в зазор, образуемый между иглой и матрицей.

Недостаток прямого прессования состоит в том, что в процессе прессования слиток перемещается относительно контейнера. На преодоление трения между контейнером и слитком затрачивается дополнительная энергия, и, кроме того, в контейнере остается большой пресс-остаток.

Для уменьшения сил трения применяют обратное прессование ([рис. 3.2](#)). При этом процесс истечения материала происходит в направлении, противоположном движению пуансона.

Слиток 1 (рис. 3.2) помещен в контейнер 2, у которого с одной стороны установлена заглушка 5. Матрицу 3 устанавливают на торце полого пуансона 4. Здесь слиток не перемещается относительно контейнера, усилия снижаются и пресс-остаток уменьшается. Но размер изделия при обратном прессовании ограничен размерами полости пуансона.

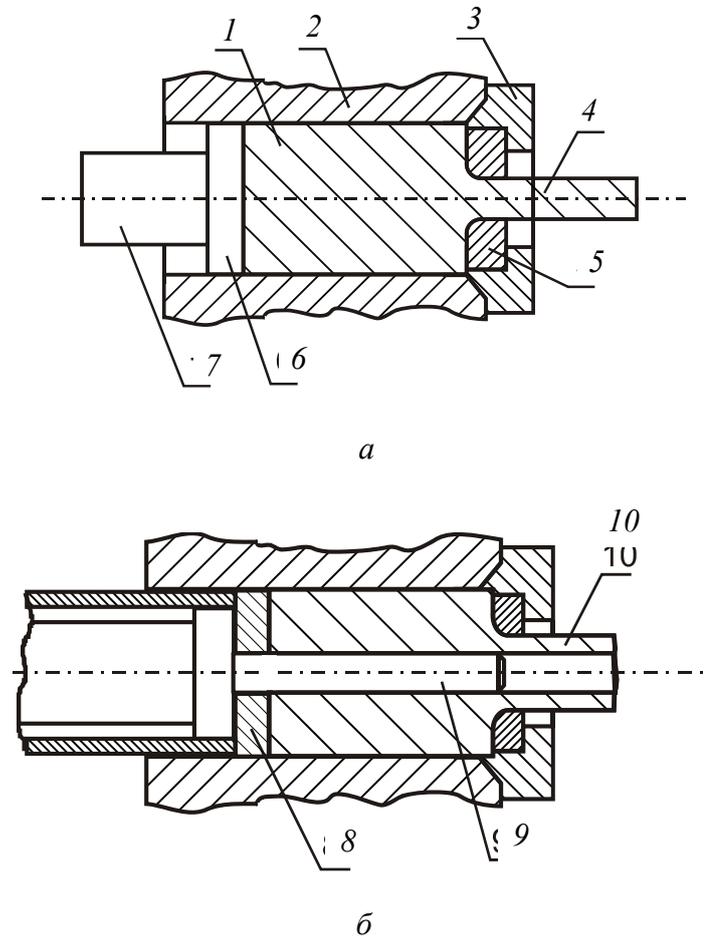


Рис. 3.1. Схема прямого прессования: а – прутков; б – труб

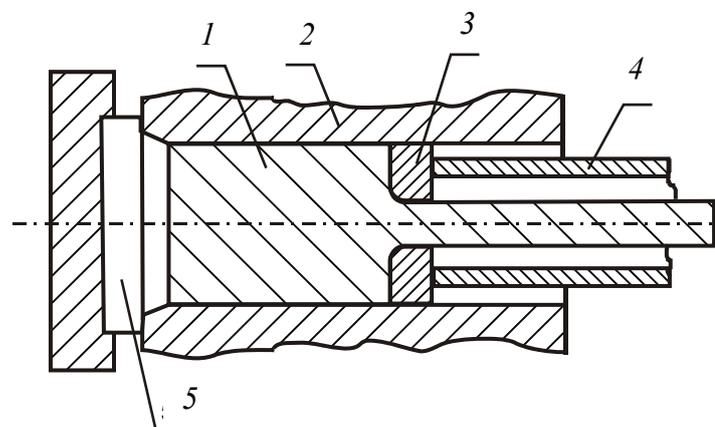


Рис. 3.2. Схема обратного прессования прутков

При прессовании реализуется одна из самых благоприятных схем нагружения, обеспечивающая максимальную пластичность – всестороннее неравномерное сжатие. Это позволяет обрабатывать даже малопластичные материалы.

При прямом прессовании требуется прикладывать большее усилие, так как часть его затрачивается на преодоление трения при перемещении металла заготовки внутри матрицы. Отчасти поэтому значительная часть металла заготовки не может быть выдавлена из контейнера. Оставшаяся его часть – пресс-остаток – составляет в отдельных случаях 30–40 % от массы исходной заготовки.

Усилие при обратном прессовании примерно на 25 % меньше и пресс-остаток также почти вдвое меньше, чем при прямом. Однако сложность конструкции пресса, ограниченность размеров получаемых изделий по длине препятствуют широкому применению способа обратного прессования.

К достоинствам прессования следует отнести: возможность получения изделий сложных профилей, в том числе и пустотелых, не только из высокопластичных, но и из малопластичных металлов и сплавов; универсальность применяемого оборудования, позволяющего легко переходить на производство профилей различных конфигураций; достаточно высокую точность размеров и малую шероховатость поверхности получаемых изделий.

Подготовка исходной заготовки (слитка) заключается в зачистке поверхности и удалении обнаруженных дефектов, нанесении технологической смазки на поверхность. Роль смазки чрезвычайно высока: она снижает усилие деформации, уменьшает неравномерность течения металла при прессовании, удлиняет срок службы инструмента, повышает качество поверхности.

В последнее время интенсивно развиваются процессы прессования, при которых заметно снижаются силы трения. К ним относятся гидравлическое прессование и прессование с активным трением.

## Порядок выполнения работы

1. Изучить и зарисовать схемы прессования.
2. Собрать заготовку для прессования в виде столбика из 6–7 разноцветных слоев пластилина. Предварительно необходимо измерить толщину каждого слоя. Поместить заготовку в контейнер и с помощью механического пресса подвергнуть материал прессованию.
3. Полученный пруток лезвием отделить от пресс-остатка и разрезать по продольной оси на две части, зарисовать поверхность среза и измерить толщину деформируемых слоев ( $S$ ) по продольной оси.

Результаты занести в [табл. 3.1](#).

Таблица 3.1

Результаты расчетов

Номер слоя	$k$	1	2	3	4	5	6
Толщина	$S$						
	$S_0$						
Вытяжка	$\lambda$						

4. Определить коэффициент вытяжки  $\lambda$  каждого слоя заготовки по формуле

$$\lambda = \frac{S}{S_0},$$

где  $S$  – толщина слоя после деформации, мм;  $S_0$  – толщина того же слоя до деформации, мм.

5. По полученным данным построить график  $\lambda = f(k)$ , где  $k$  – номер слоя пластилиновой заготовки.

6. Собрать схему прессования для получения прутков через многоканальную матрицу и схему прессования трубы с помощью иглы.

### Содержание отчета

1. Зарисовать схемы прямого прессования прутка, трубы и обратного прессования прутка.

2. Составить таблицу экспериментальных данных по деформированию различных слоев прутка. Построить график зависимости коэффициента вытяжки от номера слоя, пластилиновой заготовки. Зарисовать срез многослойного прутка.

3. Сделать выводы, объясняющие неравномерность деформации при прессовании.

### Контрольные вопросы

1. Сущность прессования. Что такое прямое и обратное прессование?
2. Назовите достоинства и недостатки прямого прессования.
3. Перечислите преимущества и недостатки обратного прессования.
4. Объясните, почему при прямом прессовании необходимо большее усилие для деформации, чем при обратном?
5. Что позволяет обрабатывать прессованием малопластичные материалы?
6. Чем объясняется расхождение механических свойств и макроструктуры прессованных изделий в поперечном и продольном направлениях?
7. Что служит заготовкой для прессования?

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

## КОВКА МЕТАЛЛОВ

### Цели работы

1. Исследовать влияние условий трения на процесс пластической деформации при осадке на прессе.
2. Освоить методику выбора оборудования для операции осадки.

*Оборудование и материалы:* гидравлический ковочный пресс; заготовки из прессованного круглого прутка алюминиевого сплава; смазка – машинное масло или графит; измерительный инструмент – штангенциркуль.

### Краткие теоретические сведения

Наиболее распространенной операциейковки является *осадка* – операция уменьшения высоты заготовки при увеличении площади ее поперечного сечения. Осадку применяют для получения поковок с большими поперечными размерами при относительно малой высоте (зубчатые колеса, диски и т. п.). Особенностью процесса является неравномерность деформации, внешне выражающаяся в формировании у осаженой заготовки бочкообразной формы.

При давлении бойков на заготовку между заготовкой и инструментом возникает контактное трение  $F_{тр}$ , препятствующее свободному перемещению металла. На торцах заготовки цилиндрической формы в вертикальном сечении образуют конусы (рис. 4.1, а) неподвижного металла, а при ковке граничных заготовок – пирамиды (рис. 4.1, б).

Фигуры, образуемые неподвижными частями поковки, называют *конусами скольжения*. Металл, находящийся в пределах конуса скольжения, не может выйти из него, и поэтому пластическая деформация осуществляется за счет металла, находящегося вне конусов скольжения. Действие конусов скольжения при этом подобно действиям силовых клиньев, внедряющихся в массу металла и тем самым деформирующих его, поэтому металл течет из объемов, где в данный момент действуют конусы скольжения.

Соотношение высоты и диаметра заготовки определяет геометрическую форму и качество поковки после осадки. При большой высоте заготовки ( $H > 2D$ ), когда вершины конусов относят далеко друг от друга, заготовка деформируется в двух местах, образуя двойную бочку (рис. 4.1, в). При высоте заготовки  $H \leq D$ , но недостаточной пластичности металла после встречи конусов может происходить их внедрение друг в друга, сопровождающееся постепенным разрушением конусов с вершин (рис. 4.1, г) или скольжением одного конуса по другому (рис. 4.1, д). Сближающиеся конусы приводят к образованию трещин или разрушению заготовки.

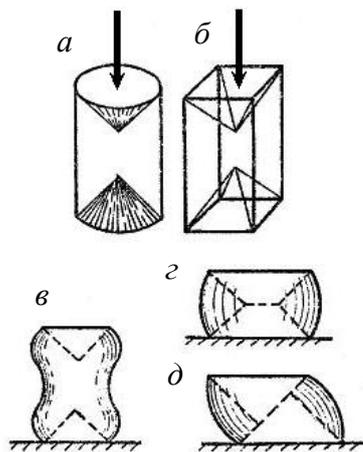


Рис. 4.1. Схема возникновения неравномерной деформации при осадке: *a, б* – в заготовках различной формы; *в* – в заготовке большой высоты; *г, д* – в заготовках из металла недостаточной пластичности

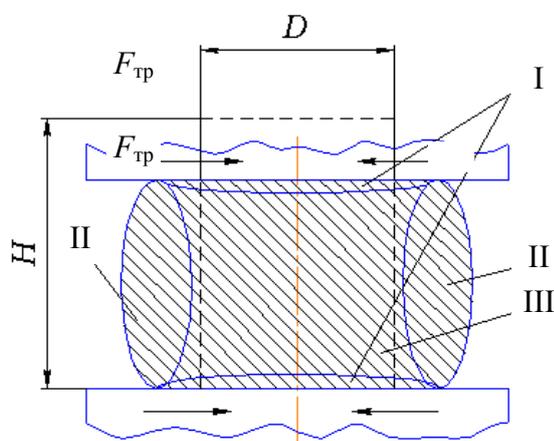


Рис. 4.2. Неравномерность деформации при осадке

Наиболее часто на практике зоны затрудненной деформации, расклинивающие металл, имеют форму куполов I (рис. 4.2). Выделяются также зоны II и III. Зона II выходит на боковые поверхности заготовки, интенсивность деформации в ней больше, чем в зоне I, и меньше, чем в зоне III. Здесь возникают растягивающие напряжения, которые могут являться причиной образования трещин и ограничивают величину деформации при осадке. Зона III – зона наиболее интенсивной деформации, она располагается в осевом сечении заготовки и может частично выходить на торцы и боковые поверхности заготовки.

Для уменьшения коэффициента трения контактные поверхности бойков должны иметь незначительную шероховатость. Бочкообразованию способствует также переохлаждение торцов нагретой заготовки из-за контакта с более холодными бойками. В этом случае подогревают бойки или осадочные плиты. Для уменьшения коэффициента трения и получения более равномерной осадки применяются смазочные материалы: сухие древесные опилки, графит с машинным маслом, водный раствор коллоидного графита и жидкого стекла и др.

С увеличением общей степени деформации разница местных деформа-

ций у торцевых поверхностей и в центре возрастает. При степени деформации 60 % в зоне I (рис. 4.2, а) металл будет деформирован на величину около 10 %, а в центре зоны III деформация составляет более 90 %. Поэтому степень закрытия дефектов по объему осаживаемой заготовки будет различной. Для закрытия дефектов, находящихся в зоне I, требуется повышенная степень деформации, что достигается правильным подбором конфигурации бойков и осадочных плит.

### Выбор оборудования для осадки

Ковочные молоты работают по принципу ударного действия, при котором мощность удара определяется главным образом массой падающих частей молота. Металл деформируется за счет энергии, накопленной падающими (подвижными) частями молота к моменту их соударения с заготовкой.

В номинальную массу падающих частей молота входят массы бабы, штока, поршня, верхнего бойка и других сопряженных с ними деталей. Мощность молота принято выражать массой падающих частей в тоннах (т) и килограммах (кг).

Ориентировочные данные для выбора ковочных молотов в зависимости от формы и размера заготовки приведены в табл. 4.1.

Расчет размеров и массы заготовки. Массу исходной заготовки при ковке из проката определяют по формуле

$$m_z = m_{п} + m_o,$$

где  $m_{п}$  – масса поковки, кг;  $m_o$  – масса отходов на обсежки и угар, кг.

Если поковку обрабатывают резанием, то подсчет массы металла проводят по номинальным размерам поковки без учета допусков. Если поковка механически не обрабатывается, то подсчет массы металла проводят с учетом максимальных значений допусков, т. е. по максимальным размерам поковки.

Таблица 4.1

Данные для выбора массы падающих частей ковочных молотов

Масса падающих частей молота, кг	Максимальное сечение заготовки – сторона квадрата или диаметр исходной заготовки, мм	Примерная масса поковок, кг	
		гладких	фасонных
50	40	До 8	До 1,5
80	50	8–12	1,5–2
160	65	12–15	2–5
250	75	15–35	5–8
400	100	35–60	8–18
630	125	60–120	18–30
1000	160	120–125	30–70

Массу поковки подсчитывают по формуле

$$m_{п} = V_{п}\rho,$$

где  $V_{п}$  – объем металла поковки, см<sup>3</sup>;  $\rho$  – плотность; для стали  $\rho = 7,85$  г/см.

Массу отходов на обсечки и угар берут обычно в процентах от массы поковки. Ее значение составляет 1,5–2,5 % (зубчатые колеса – 8–10 %; гладкие валы, бруски – 5–7 %; валы и вилки с уступами, болты – 7–10 %; гаечные ключи, шатуны – 15–18 % и др.).

Таблица 4.2

**Механические характеристики сплавов при ковочных температурах**

Марка сплава	Температураковки, °С	$\sigma_{02}$	$\sigma_{в}$	$\delta$	$\Psi$
		МПа		%	
СтЗсп	900	39	66	84	100
	1000	25	44	79	100
	1100	19	32	80	100
	1200	14	25	84	100
30	800	–	100	49	98
	900	–	79	53	100
	1000	–	49	56	100
	1100	–	31	58	100
	1200	–	21	64	100
45	800	65	115	58	98
	900	55	77	62	100
	1000	35	51	72	100
	1100	22	35	81	100
	1200	15	27	90	100
У7	800	–	96	65	100
	900	–	64	60	100
	1000	–	37	62	100
	1100	–	22	65	100
	1200	–	17	92	100
У10	800	–	92	52	100
	900	–	56	59	100
	1000	–	30	70	100
	1100	–	18	78	100
	1200	–	16	86	100
АмГ2	300	65	120	32	80
	400	–	100	43	88
	450	–	50	60	97
АК4	300	–	100	23	70
	400	–	50	73	87
	450	–	27	100	92

Примечание.  $\sigma$  – относительное удлинение;  $\psi$  – относительное сужение.

Площадь поперечного сечения исходной заготовки определяют исходя из площади поперечного сечения детали, характера обработки и степени уковки. Если основной операцией при ковке является вытяжка, то площадь поперечного сечения исходной заготовки  $F_3$  находят по формуле

$$F_3 = F_{\Pi} K,$$

где  $F_{\Pi}$  – площадь поперечного сечения поковки,  $\text{см}^2$ ;  $K$  – степень уковки, равная для проката 1,3–1,5, для слитка – 1,5–2.

Длину исходной заготовки  $L_3$ ,  $\text{см}$ , можно определить из формулы

$$L_3 = \frac{V_{\Pi} + V_0}{F_3} = \frac{V_3}{F_3},$$

где  $V_0$  – объем отходов,  $\text{см}^3$ ;  $V_3$  – объем заготовки,  $\text{см}^3$ .

Для облегчения расчетов объемы сложных деталей разбивают на объемы элементарных фигур. По [табл. 4.2](#) выбирают массу падающих частей молота.

**В ы б о р п р е с с а.** Для выбора прессы нужно определить величину усилия, обеспечивающего процесс деформации.

Усилие прессы (МН), необходимое для осадки заготовки круглого или квадратного сечения, можно определить по формуле

$$P = k (1 + 0,17D_{\text{ср}} / H_1) \sigma_{\text{в}} F \cdot 10^{-6},$$

где  $k$  – масштабный коэффициент,  $k = 0,75$ ;  $D_{\text{ср}}$  – средний диаметр поковки после осадки,  $D_{\text{ср}} = D \sqrt{H / H_1}$ , мм;  $\sigma_{\text{в}}$  – предел прочности сплава при температуре осадки, приближенно равный пределу текучести сплава  $\sigma_{\text{т}}$  или  $\sigma_{02}$  при той же температуре ([табл. 4.2](#));  $F$  – площадь поперечного сечения поковки после осадки,  $F = \frac{\pi D_{\text{ср}}^2}{4}$ ,  $\text{мм}^2$ .

Таблица 4.3

**Основные параметры ковочных гидравлических прессов**

Параметр	Норма						
	2	3,15	5	8	12,5	20	31,5
Номинальное усилие прессы, МН	2	3,15	5	8	12,5	20	31,5
Наибольший ход подвижной траверсы (рамы), мм	450	560	710	900	1250	1600	2000
Расстояние между столом и подвижной траверсой (рамой) в ее верхнем положении, мм	1400	1600	1800	2120	2650	3150	4000
Размер рабочей зоны в свету поперек осиковки, мм	1060	1180	1250	1500	1900	2240	2650
Размеры выдвигного стола, мм:							
ширина	500	630	800	1000	1250	1600	2000
длина, не менее	560	710	900	1250	1600	2120	2500

Полученное значение усилия прессы используют для выбора кузнечно-го оборудования ([табл. 4.3](#)).

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с основным инструментом и операциями свободнойковки, достоинствами и недостатками процессаковки, областью применения.
2. Изучить принцип действия гидравлического прессы и пневматического молота.
3. Взять у учебного мастера две цилиндрические заготовки из деформируемого алюминиевого сплава. Представить эскизы, измерить высоту  $H$  и диаметр  $D$  заготовок, проставить размеры и занести в [табл. 4.4](#).

Таблица 4.4

Результаты осадки заготовок из цветных сплавов

Обозначение размеров	Размер исходной заготовки	Размер поковки после осадки	
		с применением смазки	без применения смазки
$H$			
$D$			
$У$			
$E_H$			

4. На торцы одной заготовки нанести смазку в виде машинного масла или суспензии графита в масле.

Осадить заготовки на гидравлическом прессы без предварительного нагрева.

5. Замерить размеры поволоков после осадки со смазкой и без смазки ([рис. 4.3](#)).

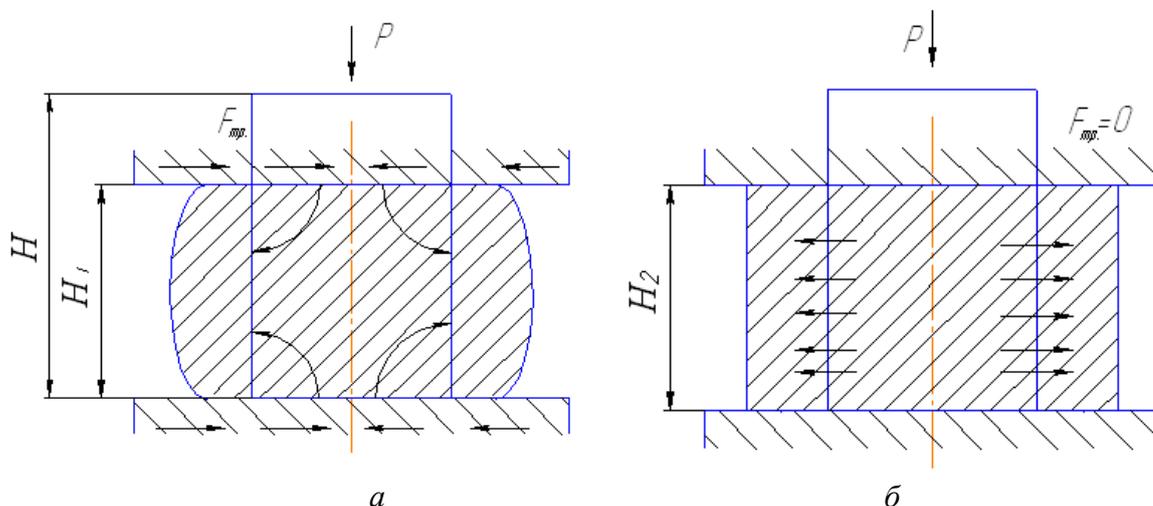


Рис. 4.3. Эскизы поволоков после осадки:  $a$  – без смазки;  $b$  – со смазкой

6. Определить для каждой из поковок величину уковки

$$y = \frac{H}{H_1}$$

и степень деформации

$$E_H = \frac{H - H_1}{H} \cdot 100 \%$$

7. Выбрать оборудование для осадки заготовок из алюминиевых сплавов или стали, получив у преподавателя данные о марке сплава, температурном режимековки.

8. Сделать выводы.

### Содержание отчета

1. Зарисовать схемы операций свободнойковки.
2. Зарисовать заготовку из деформируемого алюминиевого сплава.
3. Зарисовать поковки после осадки со смазкой и без смазки.
4. Указать размеры заготовки и поковок на эскизе ([рис. 4.3](#)) и занести их в [табл. 4.4](#).
5. Определить для каждой из поковок величину уковки  $Y$  и степень деформации  $E_H$ . Полученные значения занести в [табл. 4.4](#).
6. Сделать расчет параметров оборудования для осадки, получив у преподавателя данные.
7. Зарисовать схему оборудования, выбранного дляковки.

### Контрольные вопросы

1. Что такое коэффициент уковки? Каковы его величины приковке слитка и прокатанной заготовки?
2. Зарисуйте операциюковки отрубка и применяемый при этом кузнечный инструмент.
3. Схема устройства и работа пневматического молота.
4. Схема устройства и работа гидравлического прессы дляковки металла.
5. Изложите технологию изготовления поковки шестерни. Какие при этом выполняются операции?
6. Зарисуйте схему операции прошивки для получения отверстий большого диаметра.
7. Чем объясняется неравномерная деформация при выполнении осадки?

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

## КОНТАКТНАЯ СВАРКА

### Цели работы

1. Изучить способ точечной контактной сварки.
2. Определить основные параметры режима сварки тонколистовых заготовок и получить сварное соединение.

*Оборудование и материалы:* образцы сварных соединений, заготовки листовой стали для сварки, машина для точечной контактной сварки.

### Краткие теоретические сведения

Самым распространенным видом термомеханического класса сварки является контактная сварка. Сущность процесса заключается в сжимании заготовок с определенным усилием  $P$  и прохождении электрического тока через них. Ток нагревает заготовки, причем наибольшее количество тепла выделяется в месте их контакта (согласно закону Джоуля – Ленца), так как сопротивление контакта является наибольшим во вторичной цепи.

Подвидами контактной сварки являются точечная, стыковая и шовная сварка.

### Точечная сварка.

Точечную сварку применяют преимущественно при соединении листовых заготовок. Свариваемые заготовки  $1$  (рис. 5.1) собирают внахлестку, сжимают между двумя медными электродами  $2$  с усилием  $P_n$  и пропускают электрический ток (от сварочного трансформатора  $3$ ).

При кратковременном (0,01–0,5 с) протекании тока выделяется теплота в заготовках и электродах. В связи с тем что наибольшим электрическим сопротивлением обладает контакт между заготовками и электродами, как правило, охлаждаются водой и отводят теплоту с поверхности заготовок, интенсивный нагрев металла происходит только в месте контакта. Здесь металл расплавляется и появляется жидкое ядро. После образования жидкого ядра ток выключают и создают усилие осадки  $P_{ос}$ . Ядро затвердевает, образуя сварную точку.

Кристаллизация металла происходит при повышенном давлении электродов, что предотвращает образование в ядре точки дефектов усадочного характера – пор, трещин, рыхлого металла. Стадии цикла и циклограмма точечной сварки с проковкой показаны на рис. 5.1, б, в.

Перед сваркой контактные поверхности деталей зачищают металлической щеткой, пескоструйной обработкой или травлением и обезжиривают

растворителями. Это необходимо для обеспечения стабильного процесса, который зависит от постоянства контактного сопротивления.

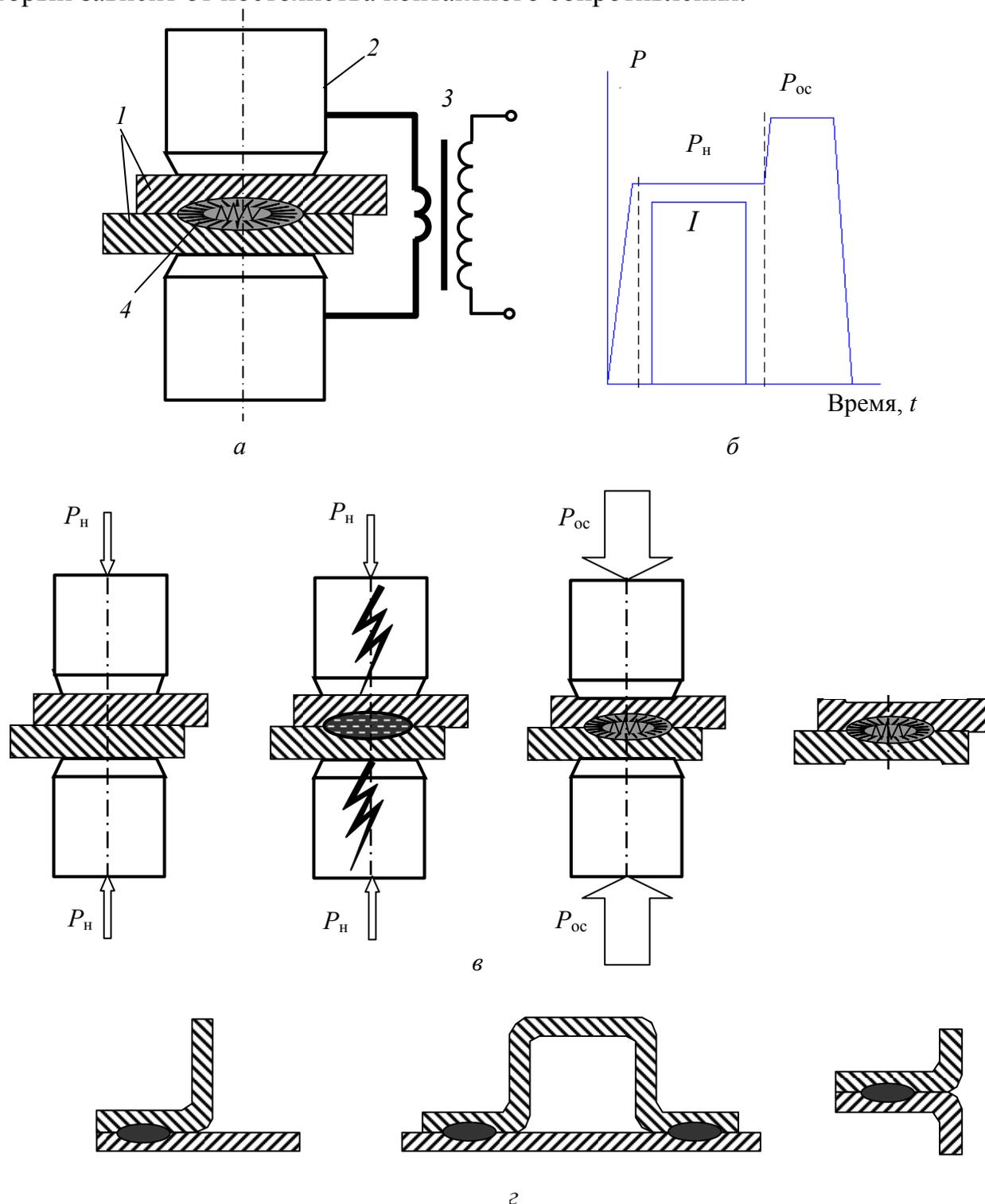


Рис. 5.1. Точечная контактная сварка: *а* – схема сварки; *б* – циклограмма; *в* – стадии сварки; *г* – типы сварных соединений

Контактная точечная сварка применяется для получения из листовых заготовок корпусных конструкций автомобилей, комбайнов, тракторов, приборов.

### Техника точечной сварки

Перед сваркой детали должны быть очищены от ржавчины, окалины, краски, жира и других загрязнений. Их поверхность должна быть по возможности гладкой и ровной.

При выборе параметров режима контактной точечной сварки необходимо учитывать материал и размеры изделия, способ сварки и тип машины. Диаметр электрода  $d_э$ , мм, выбирают в зависимости от толщины  $\delta$  и материала свариваемых деталей. Для низколегированных сталей

$$d_э = (5-6)\sqrt{\delta}.$$

Давление электрода на детали должно составлять 60–80 МПа. Усилие, кН, может быть рассчитано по формуле

$$F = (1,5-2,0)\delta.$$

Для получения качественного сварного соединения определяющее значение имеет величина сварного тока  $I$  и время (период) его протекания  $t_{св}$ . Малое значение одного из этих параметров может привести к непровару, а чрезмерно большое – к выплеску металла. Поэтому при назначении режима сварки расчетный режим всегда проверяют опытным путем и при необходимости корректируют.

При сварке низкоуглеродистых сталей приближенное значение сварочного тока и длительности импульса определяют по следующим выражениям:

$$I = (8-10)1000\delta,$$

$$t_{св} = (0,12-0,16)\delta,$$

где ток  $I$  измеряется в амперах, а длительность импульса – в секундах.

Величина нахлестки должна составлять не менее  $0,5\delta$ . Расстояние, мм, между точками в одном ряду

$$L = (2-3)d_э.$$

### Правила техники безопасности при работе на точечной сварочной машине:

1. Запрещается работать на машине, не ознакомившись с устройством и назначением ее узлов.
2. Запрещается переключать ступени трансформатора при нахождении машины под напряжением.
3. Запрещается работать на машине при открытых дверцах.
4. Корпус машины и корпус сварочного трансформатора должны быть заземлены.

5. На время любого перерыва в работе машину необходимо отключать от сети.

6. Для защиты от ожогов искрами нужно иметь специальную прозрачную маску или очки, брезентовые рукавицы и фартук.

### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться со способом электрической контактной точечной сварки, ее разновидностями и технологическими особенностями.

2. Для заданных образцов с учетом их толщины и марки металла рассчитать по приведенным формулам режимы точечной сварки.

3. Соблюдая порядок работы на точечной сварочной машине, сварить образцы на подобранном режиме.

4. Изменив по указанию преподавателя один из параметров режима сварки, провести повторную сварку следующей пары образцов.

5. Сделать визуальный контроль качества полученного сварного соединения и провести испытание сварной точки на отрыв и на срез.

6. Составить отчет.

### **Содержание отчета**

1. Краткое описание способов контактной сварки (схемы, циклограммы и образцы сварных изделий).

2. Расчет режима сварки для заготовок из листовой стали на машине точечной контактной сварки.

3. Описание дефектов, полученных при сварке, их причин и способов устранения (предотвращения).

### **Контрольные вопросы**

1. Какие факторы могут повлиять на прочность точки при контактной сварке?

2. Назовите способы повышения производительности точечной сварки.

3. Чем объяснить повышенные затраты энергии при роликовой сварке по сравнению с точечной?

4. Почему стыковую сварку сопротивлением не применяют для соединения заготовок крупного сечения?

5. Для сварки каких изделий используют шовную и точечную сварку?

6. Как выглядит электрод при шовной сварке?

7. Почему теплота при контактной сварке интенсивнее выделяется между заготовками?

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

## РУЧНАЯ ЭЛЕКТРОДУГОВАЯ СВАРКА

### Цели работы

1. Ознакомиться с процессом ручной электродуговой сварки и свойствами сварочной дуги.
2. Изучить устройство источников питания сварочной дуги, их принцип действия, достоинства, недостатки и область применения.
3. Ознакомиться с видами сварочных электродов.
4. Освоить методику расчета режима ручной электродуговой сварки.
5. Практически освоить элементарные приемы техники ручной дуговой сварки.

*Оборудование, материалы, инструмент:* сварочный трансформатор, металлический заземленный стол, электрододержатель, предохранительный щиток, молоток, зубило, стальная щетка, электроды, образцы сварных соединений.

### Краткие теоретические сведения

*Ручная электродуговая сварка (РЭДС)* – это сварка плавлением. Источником теплоты, необходимой для расплавления кромок соединяемых изделий, при РЭДС является электрическая дуга, которая горит между двумя электродами (одним из которых является заготовка).

*Электрическая дуга* – мощный стабильный электрический разряд в ионизированной газовой среде. При низкой температуре газ не проводит электрический ток. Газ может проводить электрический ток лишь в том случае, если его молекулы разделяются (ионизируются) на положительные и отрицательные частицы – ионы. Ионизация газа происходит при высокой температуре под действием электрического поля.

На [рис. 6.1](#) схематически показан процесс зажигания дуги при сварке. Он состоит из трех этапов:

- короткое замыкание электрода (катода) на заготовку (анод);
- отвод электрода на расстояние 3–6 мм;
- возникновение устойчивого дугового разряда.

Короткое замыкание ([рис. 6.1, а](#)) производится с целью разогрева электрода и основного металла в зоне их контакта. После отвода электрода ([рис. 6.1, б](#)) с его разогретого торца под действием электрического поля происходит эмиссия электронов ([рис. 6.1, в](#)).

Ионизация газа при соударениях его молекул с электронами, которые вырываются с поверхности катода, возрастает с увеличением силы тока (так как увеличивается кинетическая энергия электронов).

В результате ионизации (рис. 6.1, в) электропроводность дугового промежутка соответствует электропроводности металлов и обеспечивает поддержание устойчивого разряда при прохождении тока. Процесс зажигания дуги заканчивается образованием стабильного электрического разряда (рис. 6.1, г). Основаниями столба дуги служат резко ограниченные области на поверхности электродов – *электродные пятна* (катодное и анодное).

В дуге происходит взаимная бомбардировка катода положительными ионами и анода электронами, в результате кинетическая энергия частиц переходит в тепловую. Происходит нагрев, способствующий расплавлению электрода и основного металла. При сварке заготовку принято называть *основным металлом*.

Электрическая дуга является концентрированным источником тепла с очень высокой температурой. Температура столба дуги достигает 6000 °С, а температура анодного и катодного пятна на металле находится в пределах 2000–3000 °С.

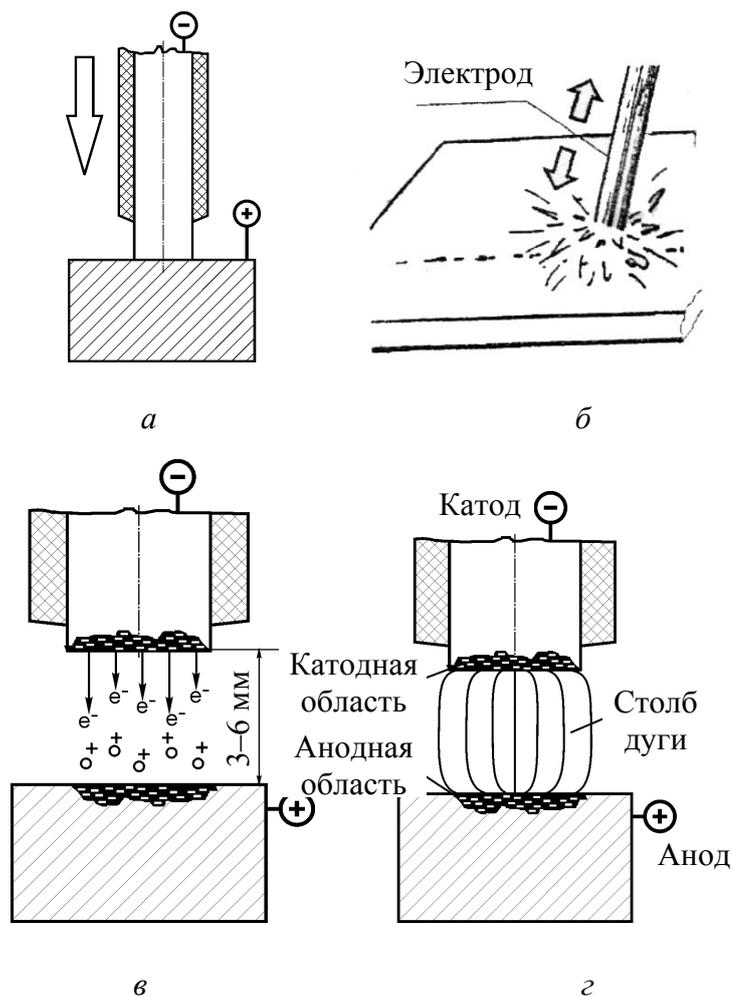


Рис. 6.1. Зажигание электрической дуги: а – короткое замыкание; б–г – этапы формирования стабильной дуги

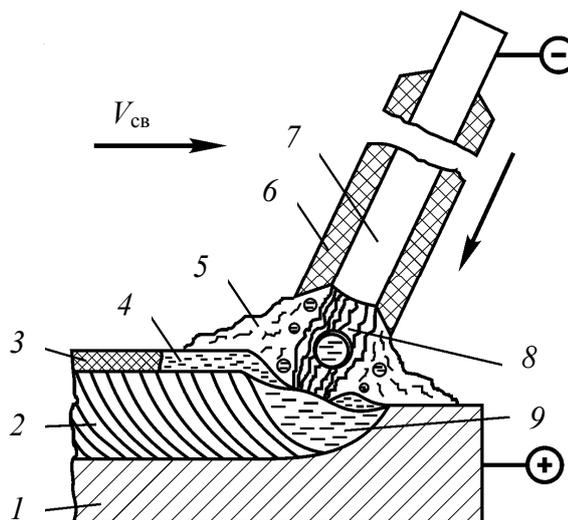


Рис. 6.2. Схема дуговой электросварки металлическим покрытым электродом: 1 – свариваемый металл; 2 – сварной шов (наплавленный металл); 3 – твердая шлаковая корка; 4 – жидкая шлаковая ванна; 5 – газовая защитная атмосфера; 6 – покрытие электрода; 7 – металлический стержень из сварочной проволоки; 8 – электрическая дуга; 9 – металлическая ванна;  $V_{св}$  – скорость сварки

Сварочный электрод после зажигания дуги перемещают вдоль кромок свариваемых изделий вручную (рис. 6.2). Дуга 8 горит между стержнем электрода 7 и металлом 1, расплавленный металл стержня электрода каплями стекает в металлическую ванну 9. Вместе со стержнем плавится покрытие электрода 6. Состав покрытия подбирается так, чтобы вокруг дуги создавалась газовая среда 5 и образовывался жидкий шлак 4. Газовая среда защищает дугу от воздуха и стабилизирует ее горение за счет ионизации. Шлак защищает металл от окисления и насыщения азотом. По мере перемещения дуги вдоль заготовок сварочная ванна затвердевает и образует сварной шов 2 (рис. 6.2). Шлак замедляет охлаждение металла, способствует уплотнению шва. Застывший шлак образует твердую корку 3.

### Технология ручной электродуговой сварки

Для получения качественного сварного соединения нужно назначить режим сварки, определяемый прежде всего величиной тока, напряжения и скоростью сварки.

Величина сварочного тока зависит от многих параметров: состава и толщины свариваемого металла, положения шва в пространстве, диаметра электрода и др. Из обобщения практических данных установлена следующая эмпирическая зависимость для определения величины сварочного тока (А):

$$I = kd_3,$$

где  $k$  – опытный коэффициент;  $k = 40\text{--}60$  А/мм для электродов со стержнем из низкоуглеродистой стали,  $k = 35\text{--}40$  А/мм – из высоколегированной стали;  $d_3$  – диаметр электрода, мм.

К выбору диаметра электрода

Толщина металла, мм	0,5	1–2	2–5	5–10	Свыше 10
Диаметр электрода, мм	1,5	2,0–2,5	2,5–4,0	4–6	4–8

При выборе диаметра электрода руководствуются данными, представленными в [табл. 6.1](#).

*Длина дуги* существенно влияет на качество шва. При оптимальной длине дуга горит устойчиво и обеспечивает получение качественного сварного шва. Длинная дуга часто гаснет и приводит к чрезмерному разбрызгиванию металла, малая длина – к короткому замыканию. Из опытных данных длина дуги (мм)

$$l_d = 0,5(d_э + 2),$$

где  $d_э$  – диаметр электрода, мм. На практике длина дуги  $l_d = 2–8$  мм.

*Напряжение горения дуги* при величине сварочного тока более 100 А практически зависит лишь от длины дуги.

Величина напряжения (В) определяется так:

$$U_d = \alpha + \beta l_d,$$

где  $\alpha$  – коэффициент, характеризующий падение напряжения на электродах;  $\alpha = 10–12$  В для стальных электродов,  $\alpha = 35–38$  В для угольных электродов;  $\beta$  – коэффициент, характеризующий падение напряжения на 1 мм длины столба дуги;  $\beta = 2,0–2,5$  В/мм в зависимости от марки свариваемого металла, состава газа в дуговом промежутке и других факторов.

Напряжение зажигания дуги для постоянного тока составляет 40–60 В, для переменного – 60–80 В.

*Масса наплавленного металла* (г) определяется по геометрическим размерам сварных швов:

$$M = LF\rho/1000,$$

где  $L$  – длина сварного шва, мм;  $F$  – площадь поперечного сечения шва, мм<sup>2</sup>;  $\rho$  – плотность наплавленного металла; для стали  $\rho = 7,85$  г/см<sup>3</sup>.

Количество металла (г), переходящего в шов при расплавлении одного электрода:

$$m = \frac{\pi d_э^2 l_э}{4} \frac{\rho}{1000} \cdot K,$$

где  $l_э$  – стандартная длина электрода 450 мм;  $K$  – коэффициент использования электрода, учитывающий потери электродного металла на разбрызгивание, угар и огарок (огарок – это неиспользованная часть электрода, остающаяся в электрододержателе);  $K = 0,7–0,75$ .

Необходимое количество (шт.) электродов стандартной длины

$$n = \frac{M}{m}$$

Полное время сварки (ч)

$$T = \frac{t_0}{k_3},$$

где  $t_0$  – основное время горения дуги, ч;  $k_3$  – коэффициент загрузки сварщика;  $k_3 = 0,4–0,8$  в зависимости от вида производства и характера выполняемой работы.

Основное время горения дуги (ч):

$$t_0 = \frac{M}{Ik_n},$$

где  $M$  – масса наплавленного металла, г;  $I$  – величина сварочного тока, А;  $k_n$  – коэффициент наплавки;  $k_n = 7–8$  г/(А·ч) для тонко обмазанных качественных электродов,  $k_n = 10–12$  г/(А·ч) для толсто обмазанных качественных электродов.

Скорость сварки (м/ч):

$$V_{св} = \frac{L}{t_0}$$

### Техника ручной электродуговой сварки

Ручная дуговая сварка применяется во всех областях металлообработки и промышленности и строительства. Толщина изделий, свариваемых РЭС: минимальная – 1 мм; максимальная при односторонней сварке без разделки кромок – 6–8 мм, при использовании разделок практически не ограничена.

Для правильного формирования шва электрод необходимо держать наклонно по отношению к поверхности свариваемого металла (под углом 70–85°). Изменяя угол наклона электрода, можно регулировать глубину проплавления основного металла и влиять на скорость сварки и охлаждения расплавленного металла.

Зажигание сварочной дуги сварщик производит кратковременным прикосновением конца электрода к изделию (*метод короткого замыкания*):

*способ 1.* Осуществить короткий удар электродом в вертикальном направлении и затем оторвать его на высоту 4–5 мм от изделия;

способ 2. Осуществить скользящее движение концом электрода по изделию (50–80 мм) и затем оторвать его на высоту 4–5 мм (зажигание «спичкой»).

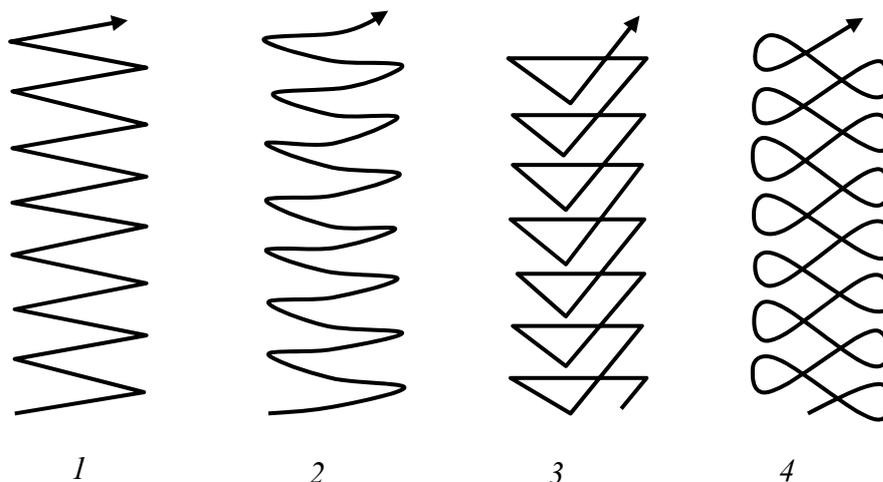


Рис. 6.3. Виды поперечных перемещений конца электрода:  
1 и 2 – для равномерного прогрева кромок (используются наиболее часто);  
3 – при увеличенном нагреве середины; 4 – при увеличенном нагреве кромок

Перемещение электрода (дуги) производится таким образом, чтобы обеспечить проплавление свариваемых кромок и качественное формирование шва. Для получения «узкого» валика осуществляют только продольное перемещение электрода без поперечных колебаний. Ширина валика –  $0,8-1,5d_3$ . Для получения «уширенного» валика осуществляют поперечное колебание конца электрода определенной траектории (рис. 6.3).

При сварке (или наплавке валика) необходимо учитывать следующее:  
чрезмерное уменьшение длины дуги ухудшает формирование шва и может привести к короткому замыканию;

чрезмерное увеличение длины дуги приводит к снижению глубины провара, увеличению разбрызгивания электродного металла и ухудшению формирования шва.

### Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с областями применения РЭДС, свойствами сварочной дуги, принципом работы и устройством источников питания сварочной дуги, видами сварочных электродов и электродных покрытий, техникой выполнения РЭДС и видами возникающих при сварке дефектов.

2. Освоить методику расчета режима РЭДС, рассчитать режим сварки для сварного соединения, выданного преподавателем.

3. Произвести пробную наплавку однослойных валиков в нижнем положении:

а) освоить способы зажигания дуги и добиться устойчивости ее горения;

б) зажечь дугу и вести электрод вдоль меловой линии, начерченной на стальной планке, с целью образования ниточного валика, поддерживая постоянной длину дуги;

в) оценить по внешнему виду качество наплавленного валика.

### **Содержание отчета**

1. Дать определение электрической дуги.
2. Привести схему ручной электродуговой сварки.
3. Начертить схему сварочного трансформатора и вольт-амперную характеристику.
4. Привести результаты расчетов режима сварки для заданного сварного соединения.
5. Перечислить компоненты покрытий для качественных электродов и указать их назначение.

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение термина «электрическая дуга».
2. Какие металлургические процессы протекают при ручной электродуговой сварке?
3. Приведите график внешней (вольт-амперной) характеристики источника сварочного тока для ручной электродуговой сварки.
4. Принцип выбора стальных электродов для ручной электродуговой сварки.
5. Сущность процесса дуговой электросварки.
6. С какой целью металлические электроды покрывают обмазками?
7. Начертите схему понижающего сварочного трансформатора. Объясните принцип его работы.
8. Начертите схему сварочного генератора. Объясните принцип его работы.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

## ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК

### НА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫХ СТАНКАХ

#### Цели работы

1. Изучить виды работ, выполняемых на токарно-винторезных станках.
2. Рассчитать режимы резания на назначенную преподавателем операцию.
3. Изучить устройство основных узлов токарно-винторезного станка и его технико-эксплуатационную характеристику.

*Оборудование, материалы, инструменты:* токарно-винторезный станок марки 16К20; приспособления – патроны, люнеты, оправки; режущие инструменты – резцы, сверла, зенкеры, развертки; измерительные инструменты – штангенциркуль, линейка.

#### Краткие теоретические сведения

Виды обработки металлов резанием различаются между собой конструкцией используемого режущего инструмента и характером относительных движений, совершаемых инструментом и обрабатываемой заготовкой на металлорежущих станках.

Технологический метод формообразования поверхностей заготовок точением характеризуется вращательным движением заготовки и поступательным движением режущего инструмента – резца (рис. 7.1). Точением обрабатывают заготовки, имеющие форму тел вращения.

На токарно-винторезном станке можно обтачивать наружные цилиндрические поверхности (рис. 7.2, а, б), например гладкие валы (рис. 7.3, а–в).

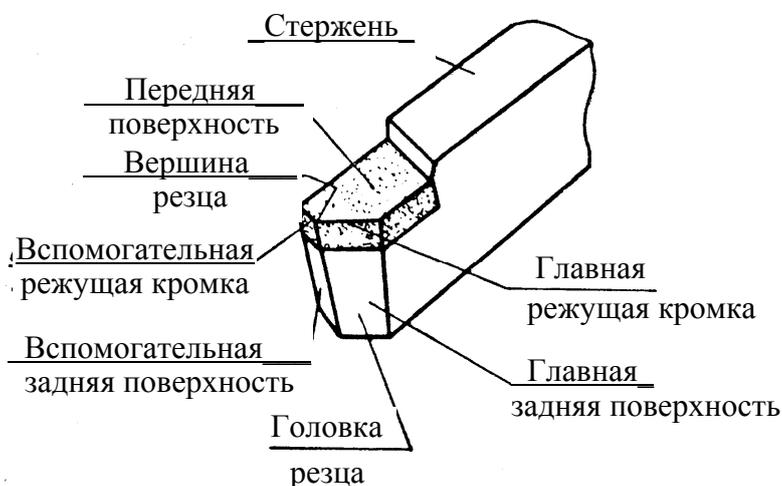


Рис. 7.1. Части и элементы проходного резца

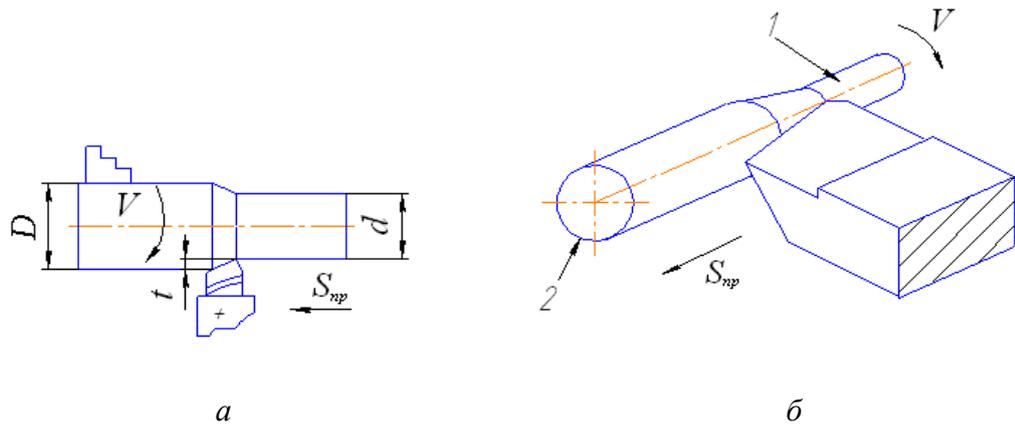


Рис. 7.2. Обработка заготовок точением:  
*a* – параметры режима резания; *б* – обработанная поверхность 1

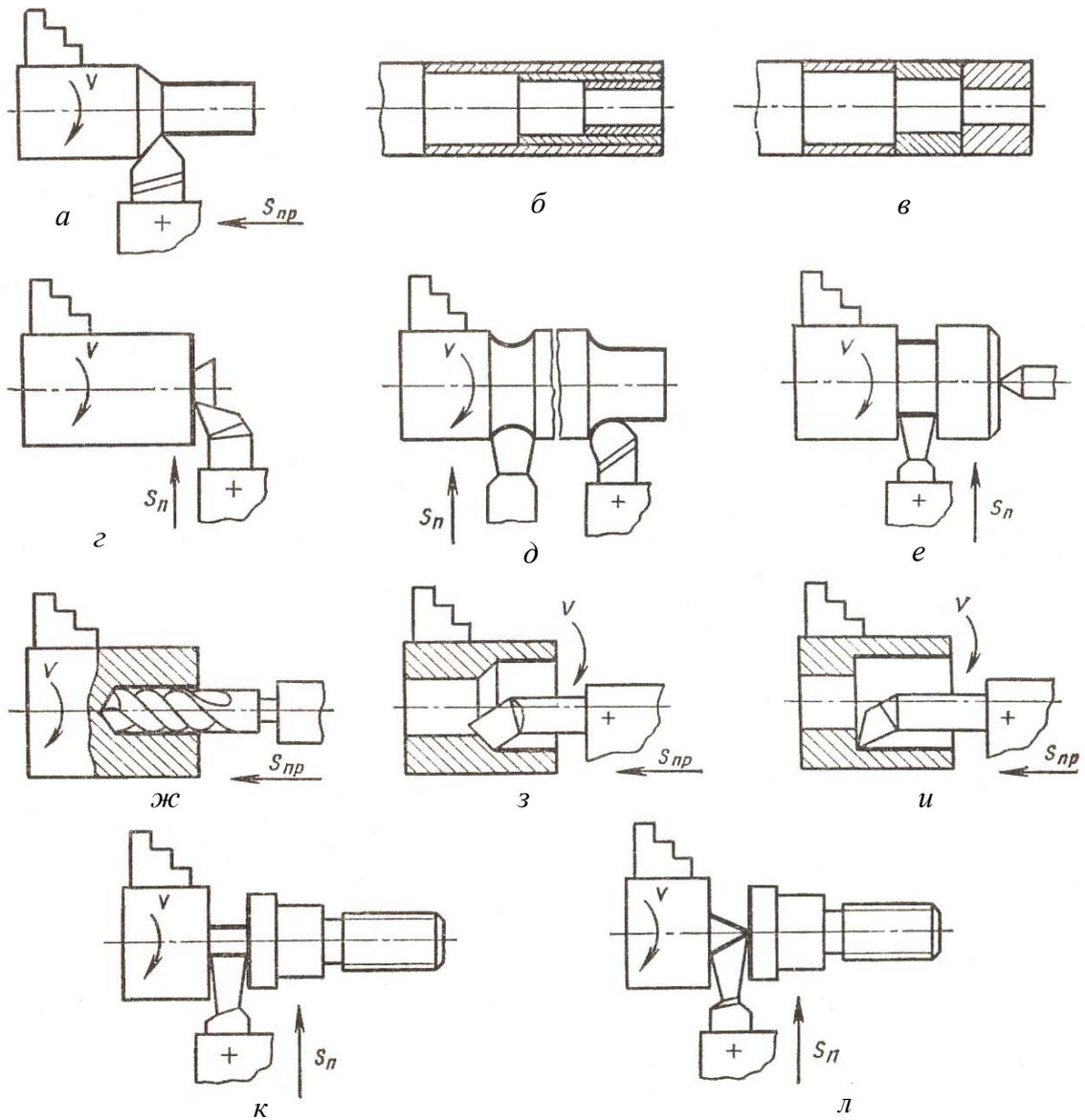


Рис. 7.3. Схемы обработки заготовок на токарно-винторезном станке

Также на этом станке:

подрезают торцы заготовки перед обтачиванием наружных поверхностей ([рис. 7.3, з](#));

обтачивают скругления между ступенями валов ([рис. 7.3, д](#));

протачивают канавки ([рис. 7.3, е](#));

отрезают обработанные детали ([рис. 7.3, д](#));

сверлят, зенкеруют ([рис. 7.3, ж](#));

расточивают внутренние цилиндрические поверхности ([рис. 7.3, з, и](#));

отрезают обработанные детали ([рис. 7.3, к, л](#)).

Перед обработкой заготовок выбирают параметры режима резания на основании следующих исходных данных: чертежа деталей, размеров заготовки, материала заготовки и инструмента, технических характеристик станка.

### Основные параметры режима резания

*Глубина резания  $t$  (мм)* – расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеренное в направлении, перпендикулярном к последней ([рис. 7.2, а](#)).

*Глубину резания* задают на каждый рабочий ход инструмента относительно обрабатываемой поверхности и рассчитывают по формуле

$$t = \frac{D - d}{2},$$

где  $D$  – диаметр обработанной поверхности заготовки, мм;  $d$  – диаметр обрабатываемой поверхности заготовки, мм ([рис. 7.2, а](#)).

*Подачей  $S$  (мм/об)* называют путь точки режущей кромки инструмента относительно заготовки в направлении движения подачи за один оборот ([рис. 7.2, а](#)) заготовки. Подаچی назначают по [табл. 7.1](#), [табл. 7.2](#).

*Скоростью резания  $V$  (м/мин)* называют расстояние, пройденное точкой режущей кромки инструмента относительно заготовки в единицу времени.

Скорость резания  $V_{\text{табл}}$  в зависимости от вида обработки и материала заготовки выбирают по [табл. 7.3](#), [табл. 7.4](#), [табл. 7.5](#).

*Число оборотов заготовки  $n$  (об/мин)* определяют, зная табличную скорость резания, по формуле

$$n = \frac{1000V_{\text{табл}}}{\pi D}.$$

На коробке скоростей станка выбирают, как правило, ближайшее меньшее число оборотов ( $n_{\text{ст}}$ ) к полученному расчетом.

Таблица 7.1

**Поддачи (мм/об) при черновом обтачивании проходными резцами из быстрорежущей стали и с пластинками из твердого сплава**

Сечение державки резца, мм	Диаметр детали, мм (до)	Стали конструкционные углеродистые, легированные и жаропрочные			Чугун		
		Глубина резания, мм (до)			Глубина резания, мм (до)		
		3	5	8	3	5	8
16×25	20	0,3–0,4	–	–	–	–	–
	40	0,4–0,5	0,3–0,4	–	0,4–0,5	–	–
	60	0,5–0,7	0,4–0,6	0,3–0,5	0,6–0,8	0,5–0,8	0,4–0,8
	100	0,6–0,9	0,5–0,7	0,5–0,6	0,8–1,2	0,7–1,0	0,6–0,8
	400	0,9–1,2	0,7–1,0	0,6–0,8	1,2–1,4	1,0–1,2	0,8–1,0
25×25 20×32	20	0,3–0,4	–	–	–	–	–
	40	0,4–0,5	0,3–0,4	–	0,4–0,5	–	–
	60	0,6–0,7	0,5–0,7	0,4–0,6	0,6–0,9	0,5–0,8	0,4–0,7
	100	0,8–1,0	0,7–0,9	0,5–0,7	0,9–1,3	0,8–1,2	0,7–1,0
	600	1,2–1,4	1,0–1,2	0,8–1,0	1,2–1,8	1,2–1,6	1,0–1,3
25×40	60	0,6–0,9	0,5–0,8	0,4–0,7	0,6–0,8	0,5–0,8	0,4–0,7
	100	0,9–1,2	0,8–1,1	0,7–0,9	1,0–1,4	0,9–1,2	0,8–1,0

Таблица 7.2

**Поддачи (мм/об) при точении и растачивании для различных групп материалов в зависимости от параметров шероховатости**

Параметр шероховатости, мкм		Радиус при вершине резца, мм	Обрабатываемый материал	
			Сталь, $\sigma_B \geq 600$ МПа	Чугун СЧ 15, СЧ 18, СЧ 21
<i>Ra</i>	<i>Rz</i>		Скорость резания, м/мин	
			более 40	любая
10–5	40–20	До 0,5	0,30	0,40
5–2,5	20–10		0,15	0,25
2,50–1,25	10–6,3		0,10	0,15
5–2,5	20–10		0,22	0,25
2,50–1,25	10–6,3	Свыше 0,5 до 1,0	0,15	0,15
1,25–0,63	6,3–3,2		0,10	–
2,50–1,25	10–6,3	Свыше 1,0 до 2,0	0,22	0,20
1,25–0,63	6,3–3,2		0,12	–
2,50–1,25	10–6,3	Свыше 2,0 до 2,5	0,28	0,35
1,25–0,63	6,3–3,2		0,25	–

Таблица 7.3

**Скорости резания при черновом обтачивании углеродистой, хромистой, хромоникелевой стали и стальных отливок твердосплавными резцами Т15К6**

Глубина резания, мм	Скорость резания (м/мин) при подаче, мм/об						
	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5
3	198	166	157	140	127	–	–
4	190	160	150	134	122	117	–
6	178	150	141	126	113	112	98
8	–	144	131	121	110	105	94
10	–	–	127	117	106	100	90
12	–	–	–	113	103	98	88

Таблица 7.4

**Скорости резания при черновом обтачивании серого чугуна твердосплавными резцами ВК6**

Глубина резания, мм	Скорость резания (м/мин) при подаче, мм/об						
	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5
3	138	121	111	100	91	–	–
4	132	115	107	95	87	80	–
6	124	109	100	89	82	76	82
8	–	104	96	86	78	73	78
10	–	–	93	83	76	70	76
12	–	–	–	80	74	68	73

Таблица 7.5

**Режимы резания при чистовом и получистовом точении**

Обрабатываемый материал	Подача $S$ , мм/об	Скорость резания, м/мин			Марка инструментального материала
		Глубина резания, мм			
		$t = 0,5$	$t = 1,0$	$t = 2,0$	
Сталь углеродистая Ст3, 08кп, У8А, 10, У10А, 20, 25, 30, 30Л, 35, 35Л, 40, 45, 45Л, 50, 60	0,05	330	300	270	Т15К6
	0,07	315	285	255	
	0,10	300	270	240	
	0,15	280	250	230	
	0,20	270	240	220	
	0,25	–	220	200	
Чугуны: СЧ 15 СЧ 18 СЧ 21	0,10	180	160	145	ВК6м
	0,20	160	140	125	
	0,30	147	130	115	

Действительную скорость резания с учетом принятого числа оборотов рассчитывают по формуле

$$V = \frac{\pi D n_{\text{ст}}}{1000},$$

где  $V$  – скорость станка, м/мин;  $n_{\text{ст}}$  – число оборотов станка, откорректированное по технической характеристике станка, об/мин.

### Порядок выполнения работы и содержание отчета

1. Ознакомиться с устройством токарно-винторезного станка ([рис. 7.7](#)).
2. Зарисовать схемы видов работ, выполняемых на токарно-винторезном станке. Зарисовать схему станка, обозначить на ней основные узлы.
3. Снять технические характеристики станка марки 16К20:  
 высота центров (мм);  
 расстояние между центрами (мм);  
 частота вращения шпинделя (об/мин), диапазон;  
 подача (мм/об):  
 продольная (диапазон);  
 поперечная (диапазон);  
 мощность электродвигателя (кВт).
4. По заданному чертежу детали (аналогичному [рис. 7.9](#), [рис. 7.10](#)) и размерам исходной заготовки для операции черного или чистового обтачивания назначить режим резания.

Последовательность определения параметров элементов режима резания представлена на [рис. 7.4](#).

5. Получить разрешение учебного мастера провести наладку станка и настроить его на заданную операцию.

Полученные значения параметров элементов режима резания занести в [табл. 7.6](#).

Примерные образцы заданий представлены на [рис. 7.5](#) и [рис. 7.6](#).

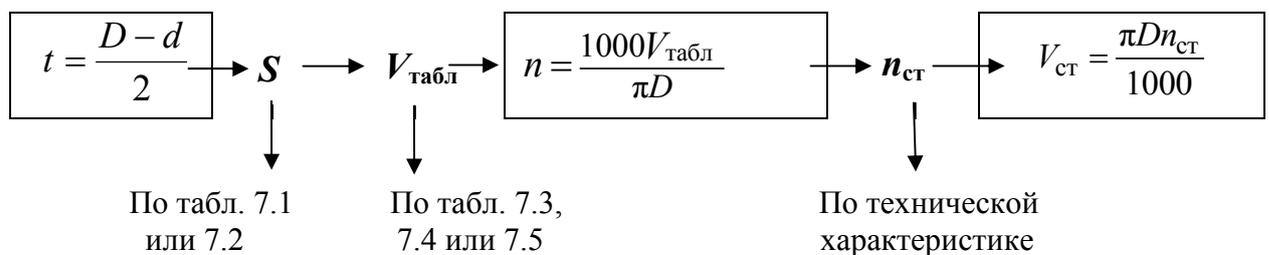


Рис. 7.4. Последовательность определения параметров элементов режима резания

Параметры элементов режима резания

Наименование обработки	Инструмент (материал инструмента)	Элементы режима резания			
		Глубина резания $t$ , мм	Продольная подача $S$ , мм/об	Число оборотов станка, об/мин	Скорость резания, м/мин

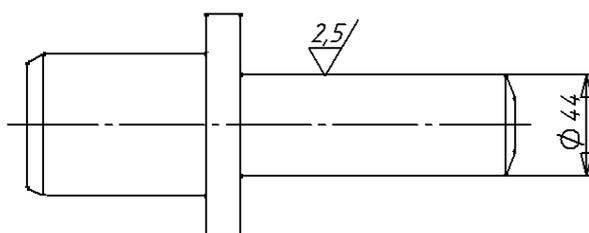


Рис. 7.5. Задание 1. Вал, изготовленный из горячекатаной стали 40Х круглого сечения диаметром 46 мм

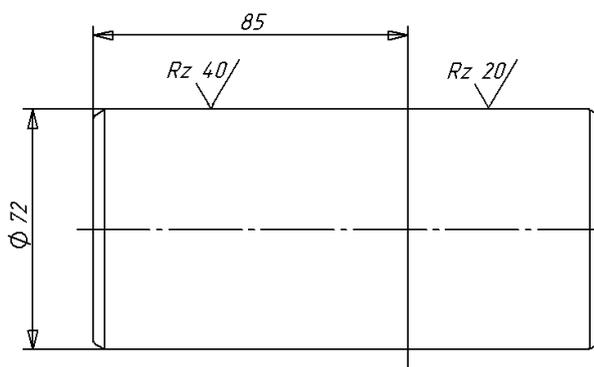


Рис. 7.6. Задание 2. Вал, изготовленный из горячекатаной стали 20 круглого сечения диаметром 80 мм

Устройство токарно-винторезного станка показано на [рис. 7.7](#). Станина 4 с призматическими направляющими служит для монтажа узлов станка и закреплена на тумбах. В передней тумбе 9 смонтирован электродвигатель главного привода станка, в задней тумбе 5 – бак для смазочно-охлаждающей жидкости и насосная станция.

В передней бабке 1 смонтированы коробка скоростей станка и шпиндель (рабочий вал). Механизмы и передачи коробки скоростей позволяют получать разные частоты вращения шпинделя. На шпинделе закрепляют зажимные приспособления для передачи крутящего момента обрабатываемой заготовке. На лицевой стороне передней бабки установлена панель управления механизмами коробки скоростей.

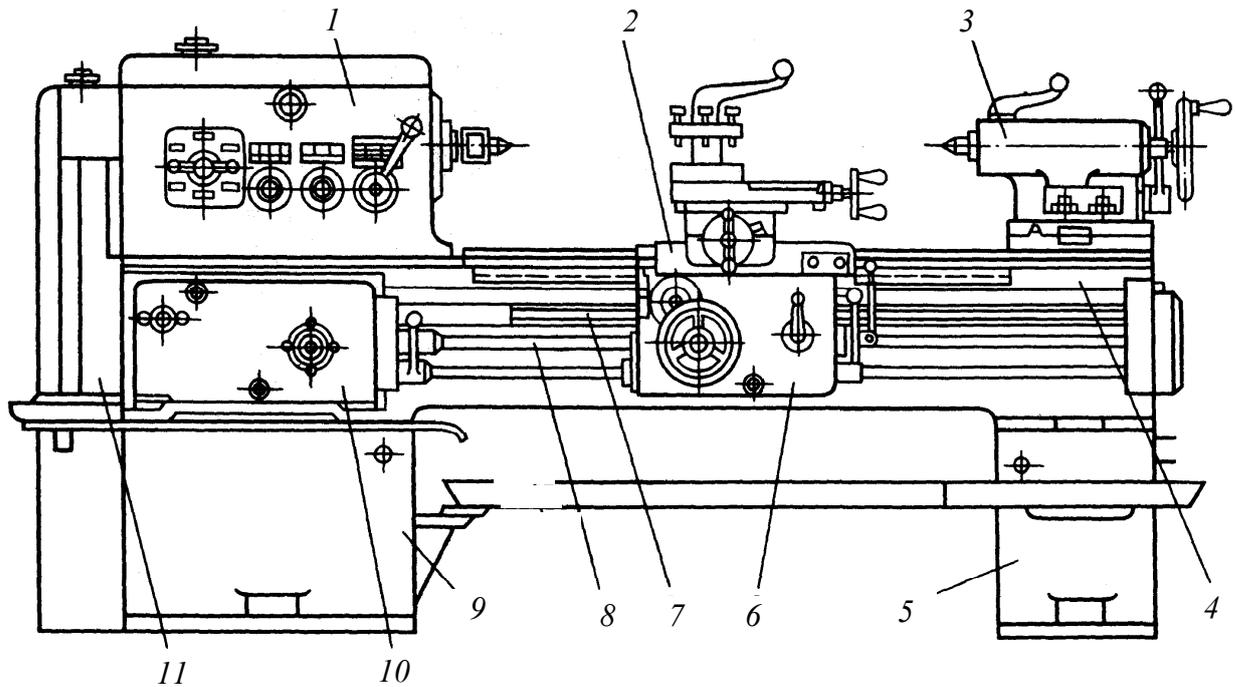


Рис. 7.7. Токарно-винторезный станок: 1 – передняя бабка; 2 – продольный суппорт; 3 – задняя бабка; 4 – станина; 5 и 9 – тумбы; 6 – фартук; 7 – ходовой винт; 8 – ходовой валик; 10 – коробка подач; 11 – гитары сменных шестерен

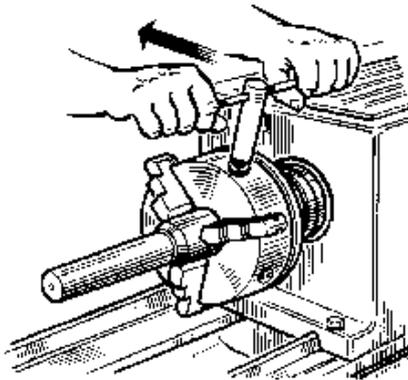


Рис. 7.8. Установка и закрепление детали в патроне

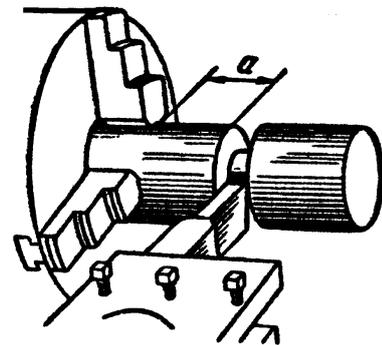


Рис. 7.9. Установка резцов в резцедержателе для отрезания детали от прутка

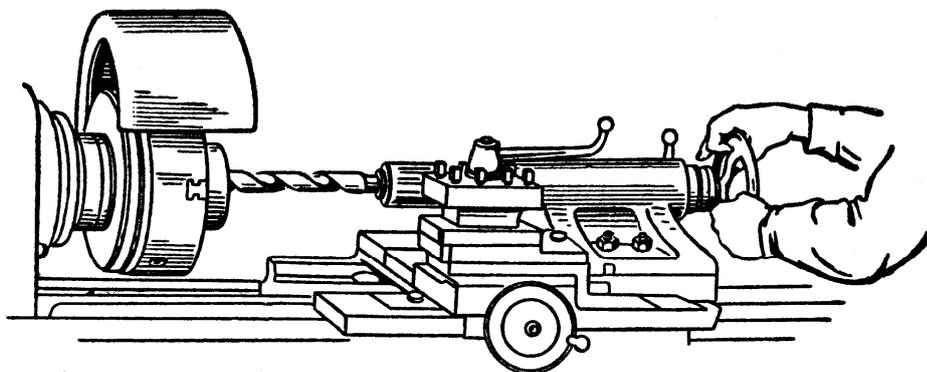


Рис. 7.10. Сверло, закрепленное в коническое отверстие в пиноли задней бабки

Коробку подач *10* крепят к лицевой стороне станины. В коробке смонтированы механизмы и передачи, позволяющие получать разные скорости движения суппортов.

Продольный суппорт *2* перемещается по направляющим станины и обеспечивает продольную подачу резцу. По направляющим продольного суппорта перпендикулярно к оси вращения заготовки перемещается поперечная каретка, на которой смонтирован верхний суппорт. Поперечная каретка обеспечивает поперечную подачу резцу. На верхнем суппорте смонтирован четырехпозиционный поворотный резцедержатель, в котором можно одновременно закреплять четыре резца. К продольному суппорту *2* крепят фартук *6*. В фартуке смонтированы механизмы и передачи, преобразующие вращательное движение ходового валика *8* или ходового винта *7* в поступательные движения суппортов. Задняя бабка *3* установлена с правой стороны станины и перемещается по ее направляющим. В пиноли задней бабки устанавливают задний центр или инструмент для обработки отверстий (сверла, зенкеры, развертки).

*Настройка и наладка станка* – это установка полученных режимов резания на станке, закрепление заготовки и инструмента ([рис. 7.8](#), [рис. 7.9](#), [рис. 7.10](#)).

### Контрольные вопросы

1. Объясните устройство токарно-винторезного станка по чертежу общего вида.
2. Какие приспособления применяются на токарно-винторезном станке для установки и закрепления обрабатываемой детали?
3. Как осуществляется закрепление сверла или зенкера на токарном станке?
4. Назовите основные элементы режима резания, дайте их определение. Какова их размерность?
5. Назовите элементы прямого проходного резца.
6. Перечислите виды работ, выполняемых на токарно-винторезном станке.
7. Объясните, что показывает марка токарно-винторезного станка.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

## ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК

### НА ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРЛИЛЬНОМ СТАНКЕ

#### Цели работы

1. Изучить виды работ, выполняемых на вертикально-сверлильном станке.
2. Рассчитать режимы резания на назначенную преподавателем операцию.
3. Изучить устройство основных узлов вертикально-сверлильного станка и его технико-эксплуатационные характеристики.

*Оборудование, инструменты:* станок марки 2А135; приспособления – тиски и патрон; режущий инструмент – сверла, зенкеры, развертки; измерительный инструмент – штангенциркуль ШЦ II, линейка.

#### Краткие теоретические сведения

Сверлением получают сквозные и глухие отверстия, обрабатывают полученные отверстия с целью увеличения их размеров, повышения точности и снижения шероховатости поверхности ([рис. 8.2](#)).

Сверление осуществляют при сочетании вращательного движения инструмента вокруг оси (главного движения) и его поступательного движения вдоль оси (движение подачи). Оба движения на сверлильном станке ([рис. 8.1](#)) сообщают инструменту.

Способ обработки назначается в зависимости от требуемой точности и чистоты поверхности отверстия ([табл. 8.1](#)). Последовательность способов обработки учитывает также размеры отверстия и род заготовки ([табл. 8.2](#)).

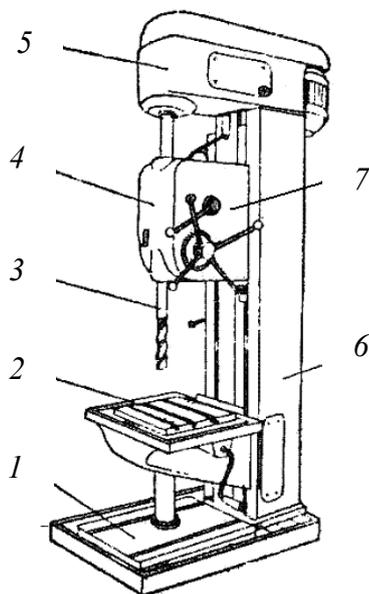


Рис. 8.1. Схема вертикально-сверлильного станка: 1 – основание; 2 – стол; 3 – шпиндель; 4 – кронштейн; 5 – коробка скоростей; 6 – колонна; 7 – коробка подач

Таблица 8.1

Точность отверстия при различных способах обработки

Способ обработки	Поле допуска
Сверление	H12
Рассверливание	H12–H11
Зенкерование	H9–H8
Развертывание	H7–H6

Таблица 8.2

Обработка отверстий JT7–JT12 (квалитетов)

Диаметр отверстия, мм	Заготовка под отверстие	Поле допуска			
		H6–H7	H8–H9	H11	H12
До 10	Сплошной металл	Сверление, черновое и чистовое развертывание	Сверление и развертывание	Сверление и рассверливание	Сверление
10–30	Сплошной металл	Сверление, зенкерование и двукратное развертывание (черновое и чистовое)	Сверление, зенкерование и развертывание	Сверление и зенкерование	Сверление
30–100	Сплошной металл	Сверление, рассверливание, зенкерование и двукратное развертывание (черновое и чистовое)	Сверление, рассверливание, зенкерование и развертывание	Сверление, рассверливание, зенкерование или растачивание	Сверление, рассверливание
Свыше 20	Отлитое или прошитое	Зенкерование и двукратное развертывание (черновое и чистовое)	Зенкерование и развертывание	Зенкерование	Зенкерование

На [рис. 8.3](#) представлена последовательность операций при получении отверстий в сплошном металле. После сверления ([рис. 8.3, а](#)) полученное изделие подвергают зенкерованию ([рис. 8.3, б](#)), а затем черновому и чистовому развертыванию ([рис. 8.3, в, г](#)).

На вертикально-сверлильном станке ([рис. 8.1](#)) можно сверлить ([рис. 8.2, а](#)), рассверливать ([рис. 8.2, б](#)), зенкеровать ([рис. 8.2, в](#)), развертывать ([рис. 8.2, г, д](#)), цековать ([рис. 8.2, е](#)), зенковать ([рис. 8.2, ж, з](#)), нарезать резьбу ([рис. 8.2, и](#)), обрабатывать сложные отверстия комбинированным инструментом ([рис. 8.2, к](#)).

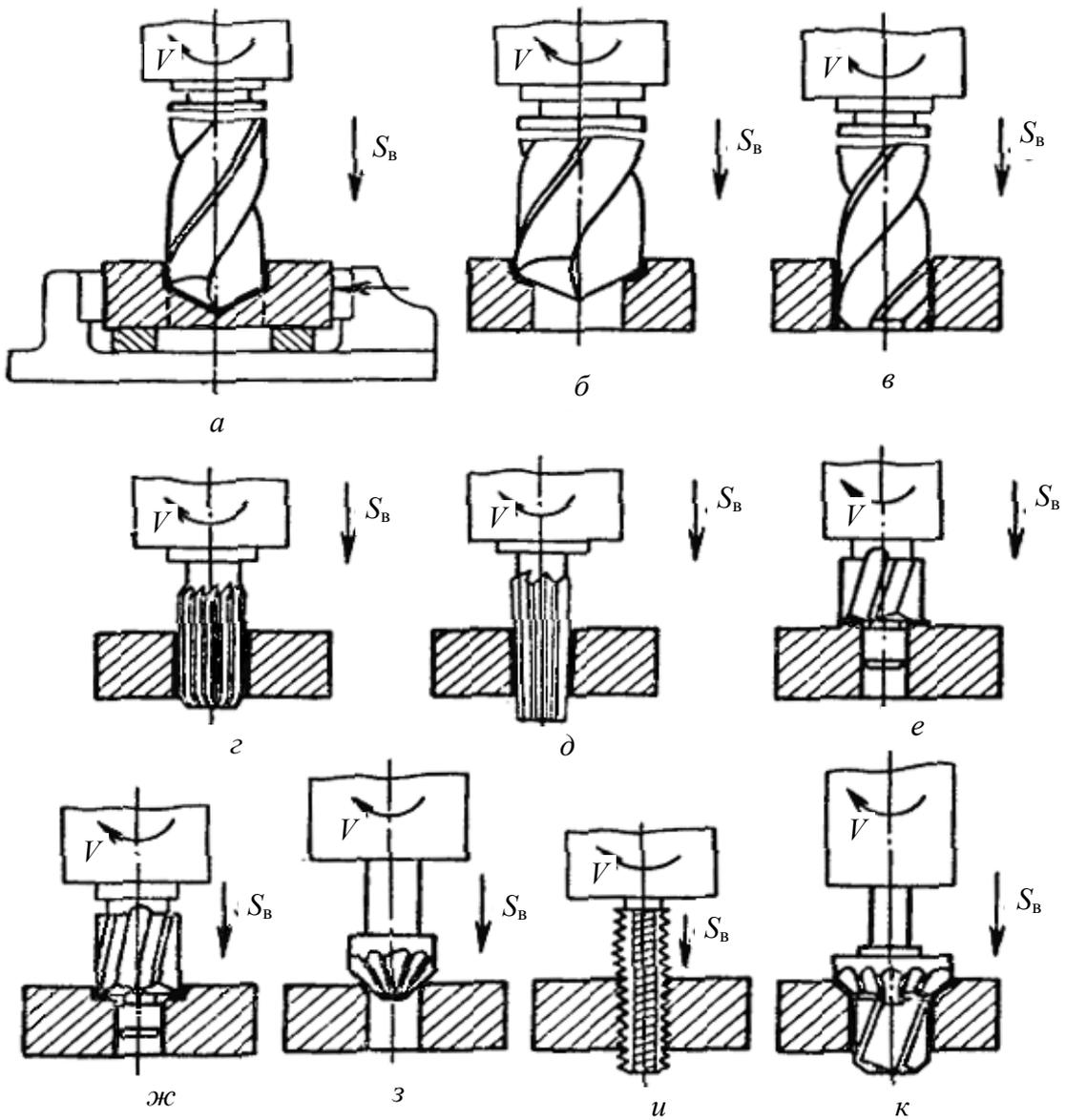


Рис. 8.2. Виды работ, выполняемых на сверлильных станках

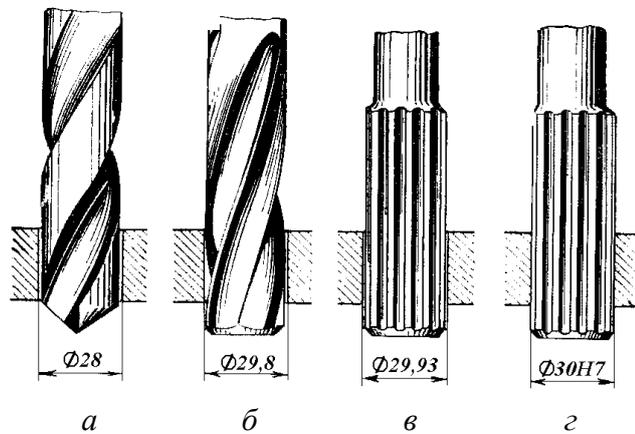


Рис. 8.3. Последовательность операций, применяемых для получения отверстия заданных размеров и точности

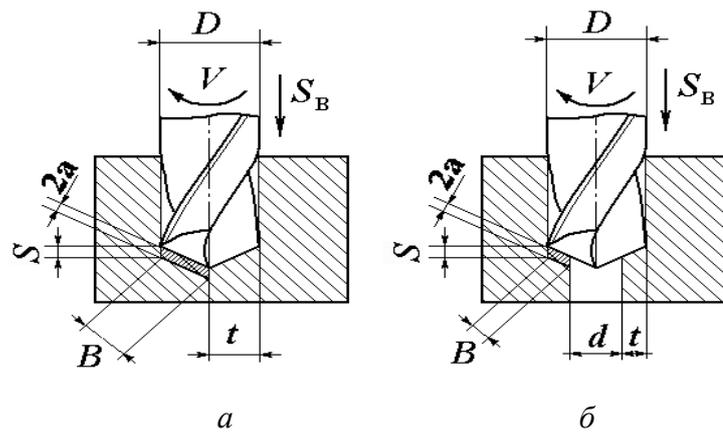


Рис. 8.4. Схемы получения отверстий: *a* – сверлением; *б* – рассверливанием;  $2a$  – толщина срезаемого слоя металла;  $B$  – ширина срезаемого слоя металла

Перед обработкой заготовок выбирается режим резания на основании следующих исходных данных: чертежа детали, размеров и материала детали, инструмента, паспортных данных станка.

Глубина резания  $t$  (припуск на сторону) определяется размером режущего инструмента:

для сверления ([рис. 8.4, а](#))

$$t = \frac{D}{2},$$

при рассверливании и других операциях

$$t = \frac{D - d}{2},$$

где  $D$  – диаметр сверла;  $d$  – диаметр отверстия до обработки ([рис. 8.4, б](#)).

Глубину резания можно определить по припуску при зенкеровании и развертывании обработки ([табл. 8.3](#), [табл. 8.5](#)).

Подача  $S$  (мм/об) равна величине осевого перемещения сверла за один его оборот ([рис. 8.4](#)). Подачу выбирают по [табл. 8.4](#), [табл. 8.6](#), [табл. 8.7](#), и [табл. 8.8](#). Окончательно подача корректируется на станке.

Скоростью резания  $V$  (м/мин) при сверлении называют окружную скорость точки режущей кромки, наиболее удаленной от оси сверла. Ее значение выбирают по [табл. 8.4](#), [табл. 8.6](#), [табл. 8.7](#), и [табл. 8.8](#).

Зная скорость резания, рассчитывают число оборотов инструмента (об/мин) по следующей формуле:

$$n = \frac{1000V_{\text{табл.}}}{\pi D}.$$

Затем подбирают ближайшее меньшее значение числа оборотов  $n_{\text{ст}}$  по технической характеристике станка.

Таблица 8.3

**Припуски на зенкерование**

Диаметр отверстия, мм	Припуск на диаметр, мм
15–35	1,0–1,5
35–50	1,5–3,0
50–80	3,0–4,5

Таблица 8.4

**Подачи и скорости резания при сверлении быстрорежущими сверлами**

Диаметр сверла, мм	Обрабатываемый материал			
	Сталь, $\sigma_b = 750$ МПа		Чугун серый, НВ = 190	
	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин
5–10	0,05–0,15	50–30	0,10–0,20	45–30
10–15	0,10–0,20	40–25	0,15–0,35	35–25
15–20	0,15–0,30	35–23	0,30–0,55	27–21
20–25	0,20–0,35	30–20	0,40–0,70	24–20
25–30	0,25–0,50	25–18	0,50–0,90	23–18

Таблица 8.5

**Припуски на развертывание**

Диаметр отверстия, мм	До 5	5–20	20–30	30–50	50–80	80–100
Припуск на диаметр, мм	0,1	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4

Таблица 8.6

**Подачи и скорости резания при рассверливании отверстий быстрорежущими сверлами**

Диаметр обрабатываемого отверстия, мм	Обрабатываемый материал			
	Сталь, $\sigma_b = 750$ МПа		Чугун серый, НВ = 190	
	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин
25	0,2	35–40	0,2	38–40
	0,3	30–32	0,3	32–33
	0,4	26–28	0,5	27–28
30	0,3	30–34	0,3	34–37
	0,4	25–29	0,4	30–32
	0,6	21–24	0,6	25–27
40	0,3	27–32	0,3	31–34
	0,4	24–28	0,4	28–30
	0,6	19–23	0,7	23–26
50	0,3	26–29	0,3	30–31
	0,4	23–25	0,4	25–26
	0,6	19–20	0,6	21–22

Таблица 8.7

**Скорости резания при черновом развертывании развертками из быстрорежущей стали**

Диаметр развертки, мм	Сталь, стальное литье		Чугун, НВ = 2000	
	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин
До 10	0,5–0,8	24,0–17,6	1,2–2,0	12,2–9,4
Свыше 10	0,6–0,9	19,2–13,8	1,3–2,0	11,5–8,9
» 15	0,7–1,0	14,1–11,1	1,5–2,0	9,5–8,0
» 20	0,8–1,1	13,5–10,3	1,8–2,7	8,7–6,7
» 25	0,8–1,2	12,2–9,4	2,0–3,1	7,4–6,0
» 30	0,9–1,3	12,9–8,3	2,0–3,4	7,6–5,2
» 40	1,0–1,5	10,4–7,5	2,6–3,8	6,5–5,1
» 50	1,4–1,7	8,0–6,7	2,9–4,3	6,8–4,9
» 60	1,5–2,0	6,8–5,4	3,4–5,0	5,0–4,3

Примечание. Верхние пределы подач применять при обработке менее твердых и прочных материалов, нижние – для более твердых и прочных материалов.

Таблица 8.8

**Подачи и скорости резания при зенкероании отверстий зенкерами из быстрорежущей стали**

Обрабатываемый материал											
Подача, мм/об	Сталь углеродистая, $\sigma_b = 750$ МПа					Подача, мм/об	Чугун серый, НВ = 190				
	Диаметр зенкера, мм						Диаметр зенкера, мм				
	15	20	30	40	50		15	20	30	40	50
	Припуск на сторону, мм						Припуск на сторону, мм				
	0,5	0,5	0,75	1	1,5		1	0,5	0,75	1	1,5
	Скорость резания, м/мин						Скорость резания, м/мин				
0,2–0,3	38	–	–	–	–	0,4–0,6	30	27	–	–	–
0,4–0,5	29	28	23	–	–	0,7–0,8	25	24	–	–	–
0,6–0,7	24	23	20	16	–	1,0–1,2	21	22	21	18	17
0,8–0,9	–	20	18	14	13	1,4–1,6	–	20	18	16	15
1,2–1,4	–	–	14	13	11	1,8–2,0	–	–	16	15	14

Действительная скорость резания (м/мин) с учетом принятого числа оборотов в минуту

$$V_{ст} = \frac{\pi D n_{ст}}{1000}$$

## Порядок выполнения работы и содержание отчета

1. Познакомиться с устройством вертикально-сверлильного станка. Вычертить схему вертикально-сверлильного станка и указать на ней основные узлы и механизмы станка. Зарисовать схемы основных операций, выполняемых на этом станке.

2. Привести техническую характеристику станка марки 2А135:

- вылет оси шпинделя от станины (мм);
- максимальный диаметр сверления (мм);
- максимальный ход шпинделя (мм);
- пределы чисел оборотов шпинделя (об/мин);
- пределы подачи шпинделя (мм/об);
- мощность двигателя (кВт).

3. Рассчитать режимы резания, обеспечивающие получение требуемой производительности и качества обработки, по заданию преподавателя.

Предварительно назначить способы обработки отверстий по [табл. 8.2](#). Занести в [табл. 8.9](#) скорректированные для данного станка значения режимов резания и привести их на схеме наладки и в табличном виде.

Таблица 8.9

**Режимы резания**

Номер перехода	Наименование вида работ	Инструмент (диаметр, материал режущей части)	Режимы резания			
			Глубина резания $t$ , мм	Подача $S$ , мм/об	Число оборотов $n_{ст}$ , об/мин	Скорость резания $V_{ст}$ , м/мин
1						
2						

4. Полученные режимы резания обеспечить настройкой станка. Произвести наладку станка с помощью учебного мастера.

## Контрольные вопросы

1. Назовите основные элементы режима резания при сверлении. Изобразите направления главного движения и движения подачи на схеме сверления отверстия.

2. Какие типы режущих инструментов применяются при обработке отверстий?

3. Приспособления, применяемые для закрепления сверл и обрабатываемых деталей.

4. Объясните принципы устройства и работы вертикально-сверлильного станка.

5. Для каких целей на вертикально-сверлильном станке выполняются цекование и зенкование?

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

## ОБРАБОТКА ЗАГотовОК

### НА ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОМ СТАНКЕ

#### Цели работы

1. Изучить виды работ, выполняемых на вертикально-фрезерном станке.
2. Рассчитать режимы резания на назначенную преподавателем операцию.
3. Изучить устройство основных узлов вертикально-фрезерного станка и его технико-эксплуатационные характеристики.

*Оборудование, инструменты:* вертикально-фрезерный станок марки 6В11Р; приспособления – тиски, прижимы; режущий инструмент – фрезы; измерительный инструмент – штангенциркуль ШЦ II, линейка, микрометр, образцы шероховатости.

#### Краткие теоретические сведения

*Фрезерование* – процесс обработки плоскостей, фасонных и винтовых поверхностей, нарезания шлицев и зубчатых колес, получения винтовых канавок, пазов и т. д. Фрезерование плоскости происходит при одновременном вращательном движении фрезы и поступательном движении обрабатываемой детали.

Процесс фрезерования осуществляется специальным многолезвийным инструментом – фрезой. У фрезы по окружности или на торце расположены режущие зубья, представляющие собой простейшие резцы ([рис. 9.1](#)).

В зависимости от направления вращения фрезы и поступательного перемещения обрабатываемой детали различают следующие виды фрезерования плоских поверхностей:

*встречное фрезерование* применяется при черновой обработке заготовок с коркой (литье) или окалиной (поковка). Заготовка подается навстречу вращению фрезы ([рис. 9.2, а](#));

*попутное фрезерование* используют при чистовых работах. Направление подачи заготовки совпадает с направлением вращения фрезы ([рис. 9.2, б](#)).

Фрезы делят по назначению на различные типы:

1) цилиндрические ([рис. 9.3](#)) и торцевые ([рис. 9.4](#)) используются для обработки плоскостей;

2) концевыми, фасонными и специальными шпоночными фрезами ([рис. 9.5](#) и [рис. 9.6](#)) осуществляют фрезерование пазов и канавок;

3) по методу копирования зубчатые колеса нарезают дисковой модульной ([рис. 9.7](#)) и концевой фрезой ([рис. 9.8](#)).

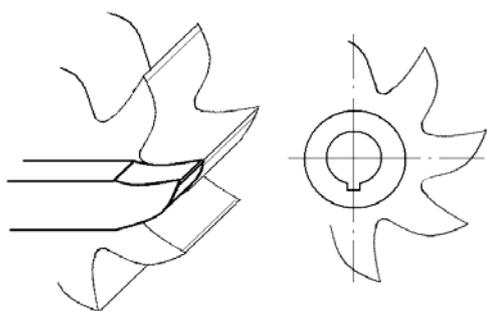
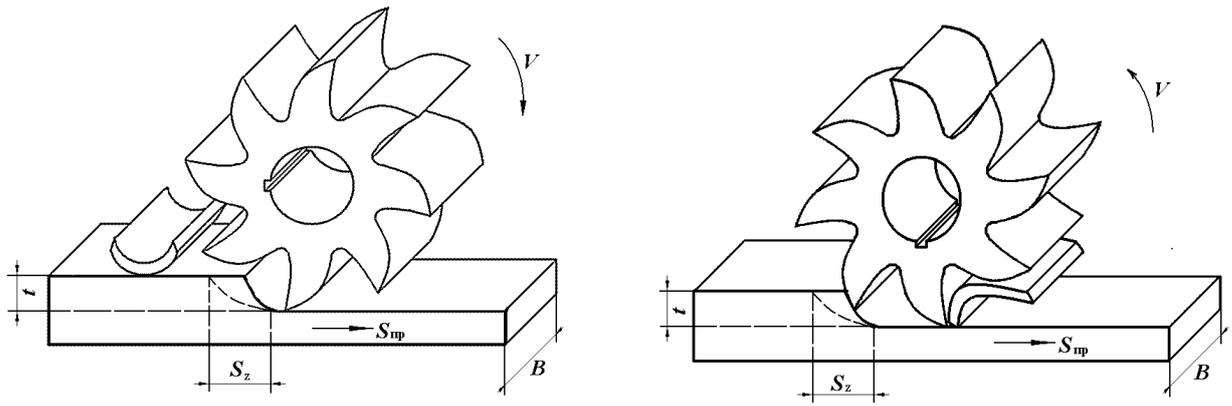


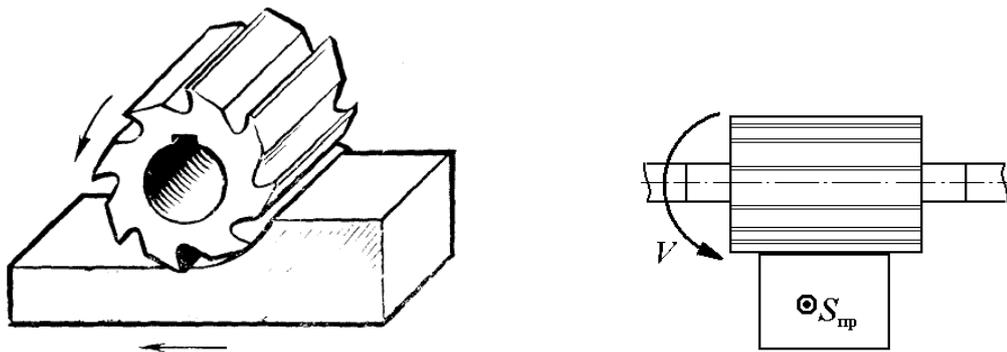
Рис. 9.1. Схема цилиндрической фрезы



*a*

*б*

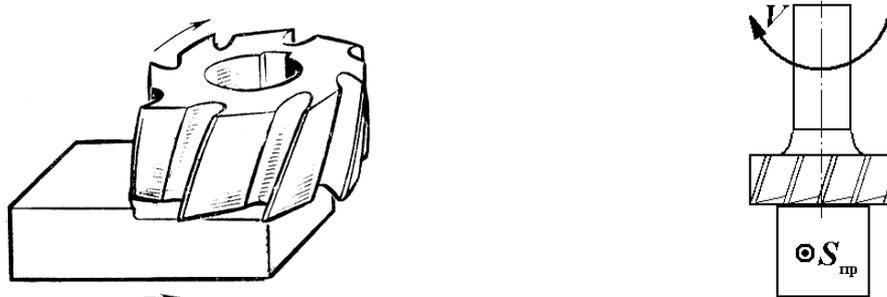
Рис. 9.2. Схема работы цилиндрической фрезы:  
*a* – встречное фрезерование; *б* – попутное



*a*

*б*

Рис. 9.3. Обработка плоскостей цилиндрической фрезой



*a*

*б*

Рис. 9.4. Обработка плоскостей торцевой фрезой

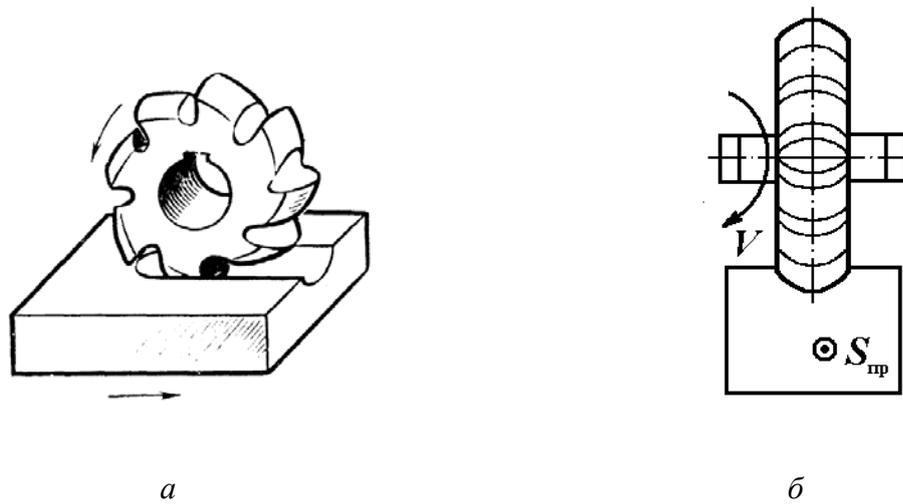


Рис. 9.5. Фрезерование пазов

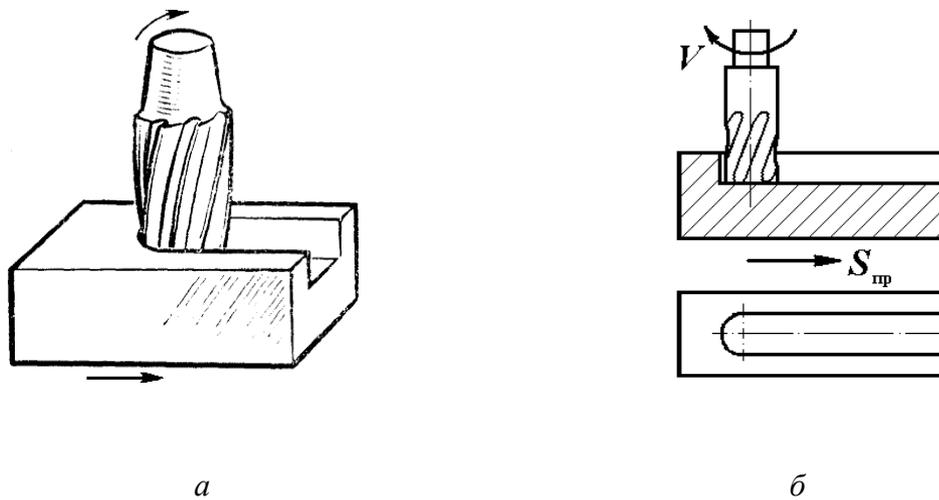


Рис. 9.6. Фрезерование шпоночных канавок

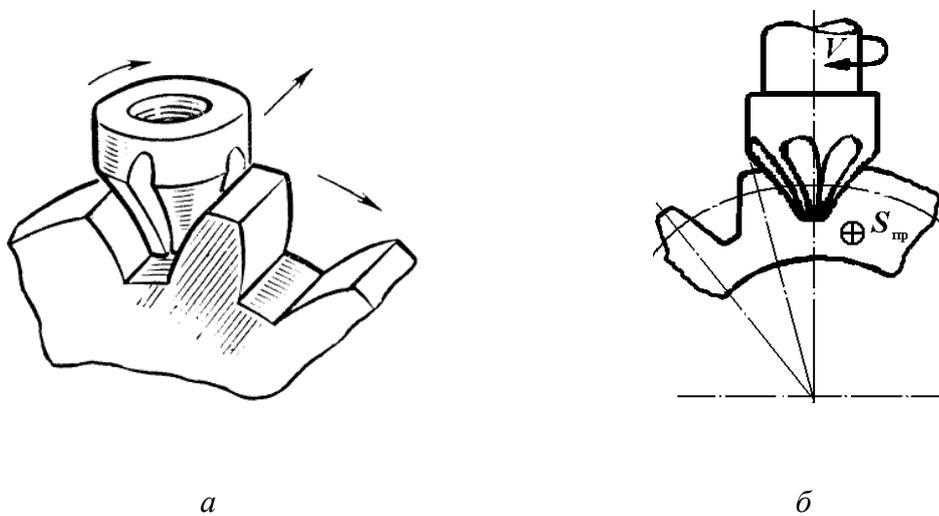


Рис. 9.7. Обработка зубчатых колес модульными пальцевыми фрезами

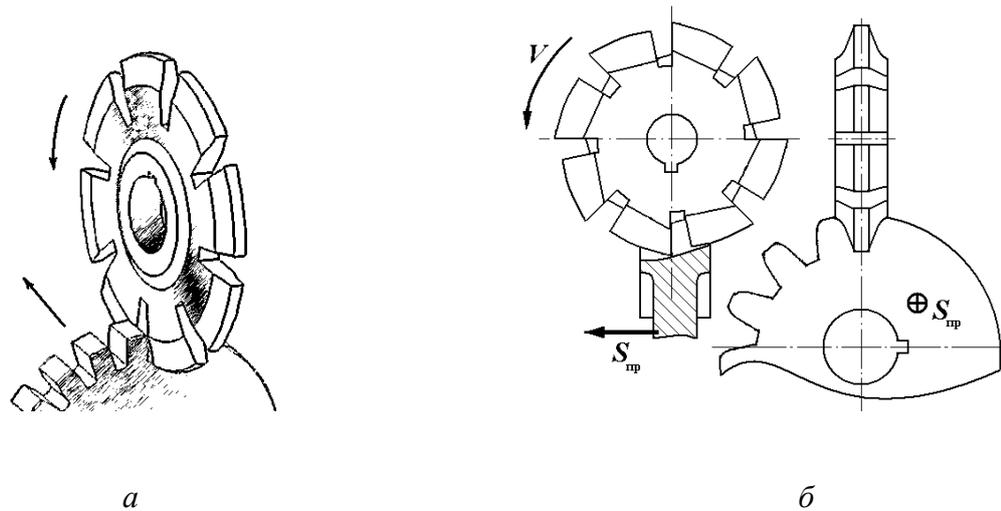


Рис. 9.8. Обработка зубчатых колес дисковыми модульными фрезами

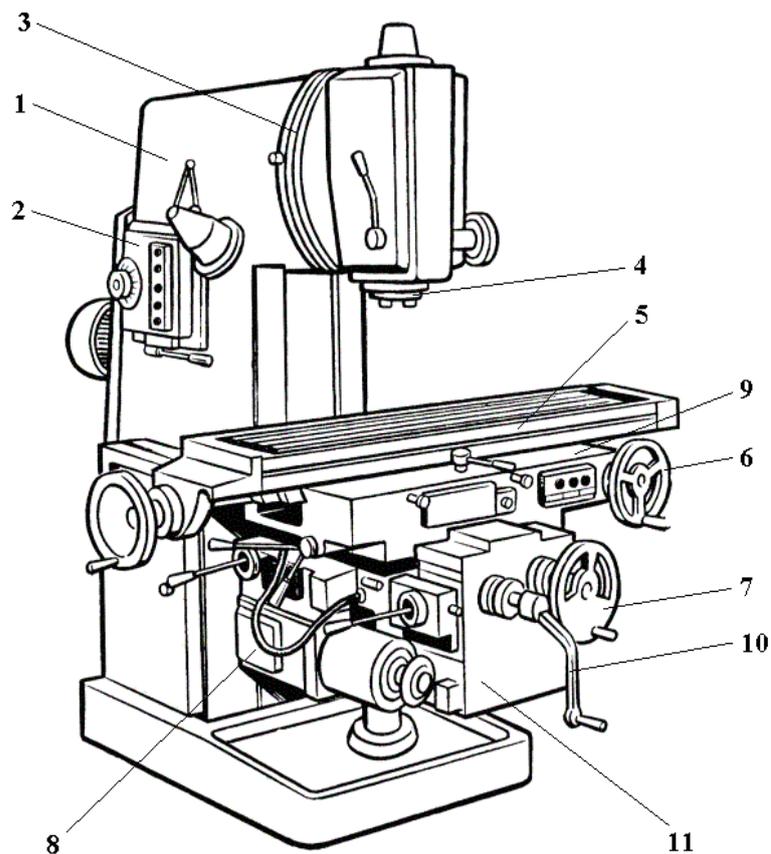


Рис. 9.9. Вертикально-фрезерный станок: 1 – станина; 2 – коробка скоростей; 3 – механизм для поворота шпиндельной головки в вертикальной плоскости; 4 – шпиндель; 5 – рабочий стол; 6 – маховик, служащий для ручного перемещения стола в продольном направлении; 7 – маховик, служащий для ручного перемещения стола в поперечном направлении; 8 – коробка подач; 9 – салазки, по которым осуществляется перемещение стола; 10 – рукоятка для ручного перемещения стола в вертикальном направлении; 11 – консоль

Таблица 9.1

**Припуск на сторону при обработке плоскостей деталей из черных металлов  
(размеры в мм)**

Метод обработки плоскости	Наибольший размер обрабатываемой поверхности							
	До 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 260	Св. 260 до 500	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1250	Св. 1250 до 2000	Св. 2000 до 3150
Черновое фрезерование после литья:								
в песчаную форму	0,9–1,0	1,1–1,2	1,5–1,6	2,2–2,3	3,1–3,2	4,5–4,6	7,0–7,1	10–11
в постоянную форму (кокиль)	0,7	0,8	1,0	1,6	2,2	3,1	4,6	7,0
в оболочковую форму	0,5	0,6	0,8	1,4	2	2,9	–	–
по выплавляемой модели	0,3	0,4	0,5	0,8	–	–	–	–
Получистовое фрезерование после чернового	0,25	0,25	0,3	0,3	0,35	0,4	0,5	0,65
Чистовое фрезерование после получистового	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,2	0,2

Таблица 9.2

**Подачи  $S_z$ , мм/зуб, при черновом фрезеровании плоскостей торцевыми фрезами при мощности станка 5–10 кВт**

Быстрорежущая сталь P18				Из пластин твердого сплава		
Фрезы	Жесткость системы СПИД			Обрабатываемый материал	Марка твердого сплава	Подача (табл.)
	средняя	пониженная	повышенная			
С крупным зубом	0,04–0,06	0,04–0,06	0,12–0,2	Сталь, $\sigma_b < 600$ МПа	T5K10 T15K6	0,15–0,18 0,12–0,15
				Сталь, $\sigma_b \geq 600$ МПа	T5K10 T15K6	0,12–0,14 0,09–0,11
С мелким зубом	0,04–0,06	0,04–0,06	0,08–0,12	Чугун, HB < 180	BK6 BK8	0,19–0,24 0,24–0,29
				Чугун, HB $\geq 180$	BK6 BK8	0,14–0,18 0,20–0,24

Таблица 9.3

Поддачи при чистовом фрезеровании плоскостей торцевыми фрезами  $S_0$ , мм/об

Из быстрорежущей стали P18				С пластинами твердого сплава					
Обрабатываемый материал	Шероховатость обрабатываемой поверхности			Обрабатываемый материал	Вспомогательный угол в плане, град	Шероховатость обрабатываемой поверхности			
	Rz80	Rz20	Rz6,3			Rz20	Rz6,3	Rz3,2	Rz1,6
Сталь 45 прокат	2,7–1,2	1,2–0,5	0,5–0,23	Сталь, $\sigma_b < 600$ МПа	5	0,9–0,6	0,6–0,45	0,3–0,25	0,2
Сталь 35	3,1–1,4	1,4–0,5	0,5–0,30		2	1,8–1,2	1,3–0,9	0,6–0,45	0,4
Сталь 45 улучшенная	5,6–2,6	2,6–1,0	1,0–0,40	Сталь, $\sigma_b \geq 600$ МПа	5	1,2–0,8	0,7–0,6	0,35–0,2	0,25–0,2
Стали 10, 20, 20X	3,9–1,8	1,8–0,7	0,7–0,3		2	2,3–1,6	1,4–1,1	0,7–0,5	0,45–0,3

Таблица 9.4

Скорость резания  $V$  (м/мин) при фрезеровании стали  $\sigma_b > 600$  МПа  
торцевыми фрезами цельными из быстрорежущей стали P18

Диаметр фрезы $D$ , мм	Число зубьев $z$	Припуск $t$ , мм	Подача $S_z$ , мм/зуб						
			0,03	0,05	0,1	0,13	0,18	0,24	0,33
40	12	3	72	64	50	45	39	39	35
		10	64	50	45	39	35	35	32
60	10	3	69	61	55	49	43	38	34
		10	61	55	49	43	38	34	31
60	16	3	67	59	53	47	41	37	33
		10	59	53	47	41	37	33	30
75	18	3	67	60	52	47	41	37	33
		10	60	52	47	41	37	33	30

Таблица 9.5

Скорости резания  $V$  (м/мин) при фрезеровании конструкционных сталей  
торцевыми фрезами с пластинами твердого сплава

Диаметр фрезы $D$ , мм	Число зубьев $z$	Припуск $t$ , мм	Подача $S_z$ , мм/зуб					
			0,07	0,1	0,13	0,18	0,24	0,33
80	5	1,5	442	390	350	314	276	244
		5	390	350	314	276	244	217
110	4	1,5	442	390	350	314	276	244
		5	390	350	314	276	244	217
150	6	5	390	350	312	276	244	217
		16	350	312	276	244	217	196
200	8	5	372	330	262	232	206	206
		16	330	262	232	206	186	186
250	8	5	372	330	296	262	232	206
		16	330	296	262	232	206	186
320	10	5	368	318	280	250	221	197
		16	318	280	250	221	197	175
400	12	5	330	296	262	232	206	186
		16	296	262	232	206	186	129

Для того чтобы качественно обработать какую-нибудь поверхность, необходимо правильно выбрать режимы резания. Выбор режимов резания выполняется на основании вида обработки, чертежа детали, ее размеров, материала детали и инструмента, паспортных данных станка.

К режимам резания при фрезеровании относят глубину резания  $t$ , подачу  $S$ , скорость резания  $V$ , ширину фрезерования  $B$ .

Глубина резания (припуск)  $t$  (мм) и ширина фрезерования  $B$  (мм) показаны на [рис. 9.2](#). Глубину резания при обработке выбирают по [табл. 9.1](#).

*Подача* – величина перемещения заготовки относительно вращающейся фрезы. При фрезеровании различают подачу на один зуб фрезы –  $S_z$ , на один оборот –  $S_o$  и за минуту –  $S_m$ .

$S_z$  (мм/зуб) – величина перемещения обрабатываемой заготовки за время углового поворота фрезы на один зуб ([рис. 9.2](#)) выбирается по [табл. 9.2](#).

$S_o$  (мм/об) – перемещение заготовки за время одного оборота фрезы ([табл. 9.3](#)).

$S_m$  (мм/мин) – величина перемещения обрабатываемой заготовки в минуту.

Подачи при фрезеровании связаны между собой зависимостью

$$S_m = S_o n = S_z zn,$$

где  $z$  – число зубьев фрезы;  $n$  – частота вращения фрезы, об/мин.

Окончательно минутная подача  $S_m$  корректируется по станку, т. е. выбирается ближайшая из имеющихся. После этого определяются реальные

$$S_z = \frac{S_m}{zn_{ст}} \quad \text{и} \quad S_o = \frac{S_m}{n_{ст}}$$

*Скорость резания  $V$*  – это окружная скорость вращения фрезы (м/мин):

$$V = \frac{\pi D n}{1000},$$

где  $D$  – диаметр фрезы (мм).

Скорость резания назначается по [табл. 9.4](#) и [табл. 9.5](#) в зависимости от свойств обрабатываемого материала и материала режущей части фрезы, ее диаметра, подачи, глубины резания, числа зубьев фрезы и т. д.

Зная табличное значение скорости резания, определяют *число оборотов фрезы (об/мин)*:

$$n = \frac{1000V_{табл}}{\pi D}$$

Затем подбирают по станку ближайшее число оборотов  $n_{ст}$ . По принятому числу оборотов находят действительную скорость резания:

$$V_{ст} = \frac{\pi D n_{ст}}{1000}$$

## Порядок выполнения работы и оформления отчета

1. Познакомиться с устройством вертикально-фрезерного станка (рис. 9.9). Зарисовать схему станка, указав основные узлы и схемы видов работ, выполняемых на фрезерных станках.
2. Привести технические характеристики станка марки 6В11Р:  
габариты рабочей поверхности стола (мм);  
число скоростей;  
диапазон числа оборотов (об/мин);  
число ступеней передач;  
диапазон передач (мм/мин);  
мощность электродвигателя (Вт).
3. Зарисовать схемы видов работ, выполняемых на фрезерных станках.
4. Рассчитать и скорректировать режимы резания для обработки полученной заготовки, значения режимов резания занести в табл. 9.6.

Таблица 9.6

Режимы резания

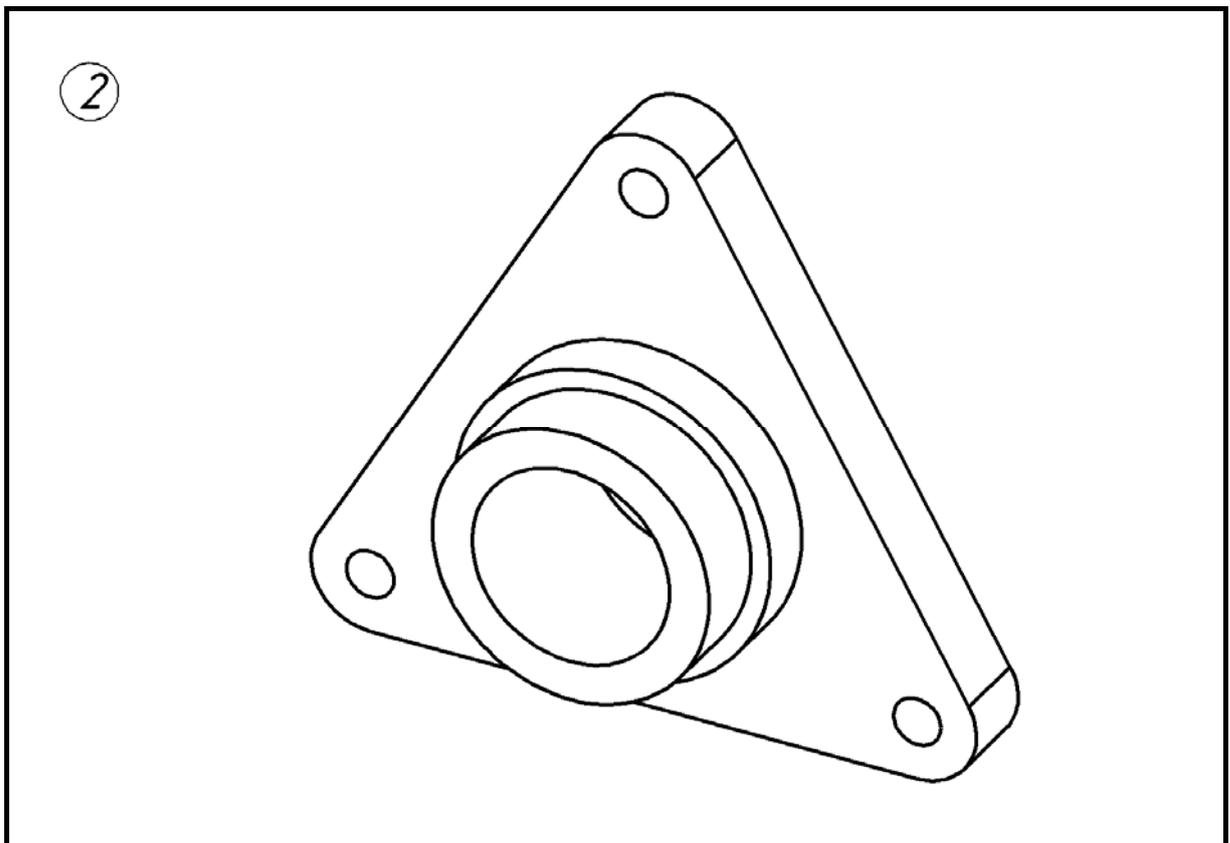
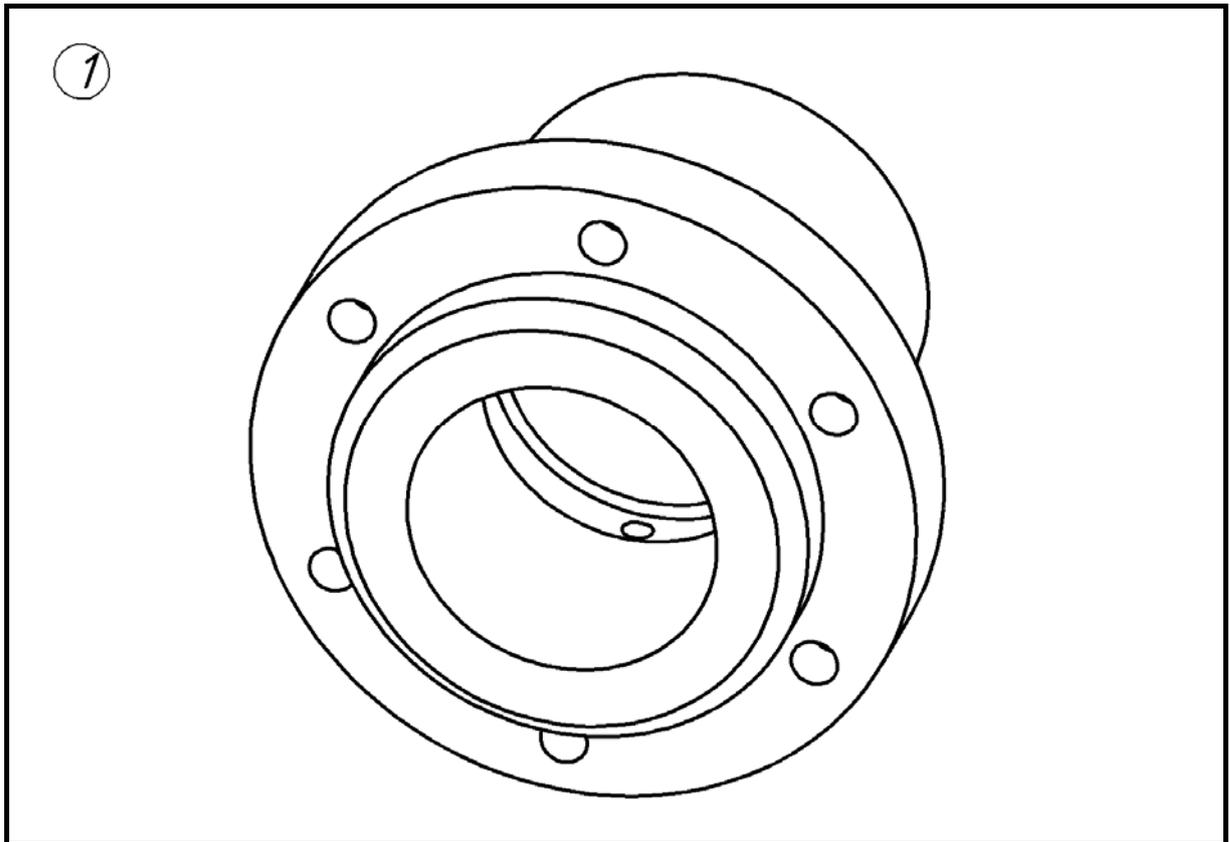
№ п/п	Наименование операции	Инструмент (размеры, материал режущей части)	Режимы резания						
			Подача			$t$ , мм	$n_{ст}$ , об/мин	$V_{ст}$ , м/мин	$B$ , мм
			$S_z$ , мм/зуб	$S_o$ , об/зуб	$S_m$ , мм/мин				
1									
2									

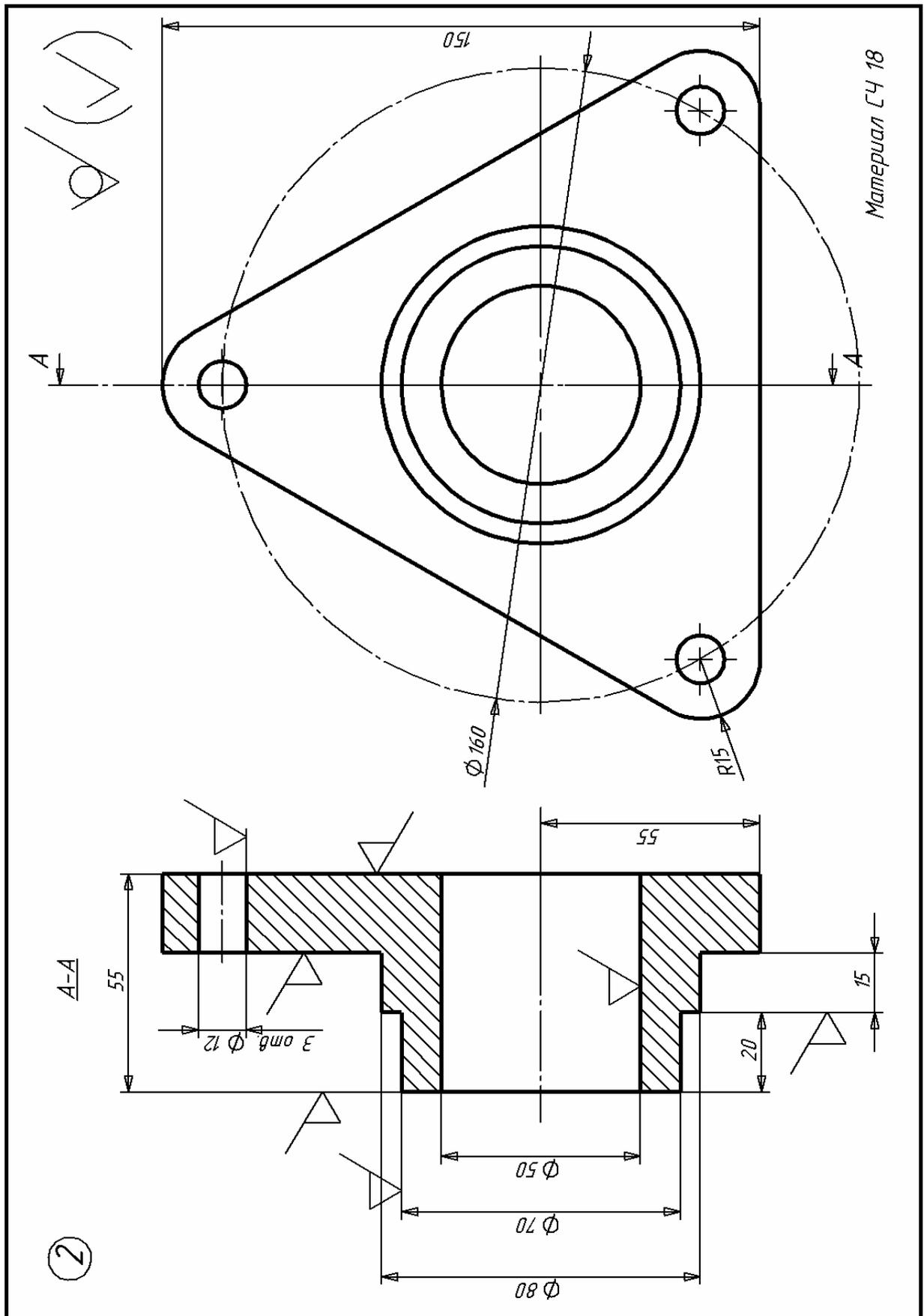
5. Провести настройку и наладку станка под руководством учебного мастера.

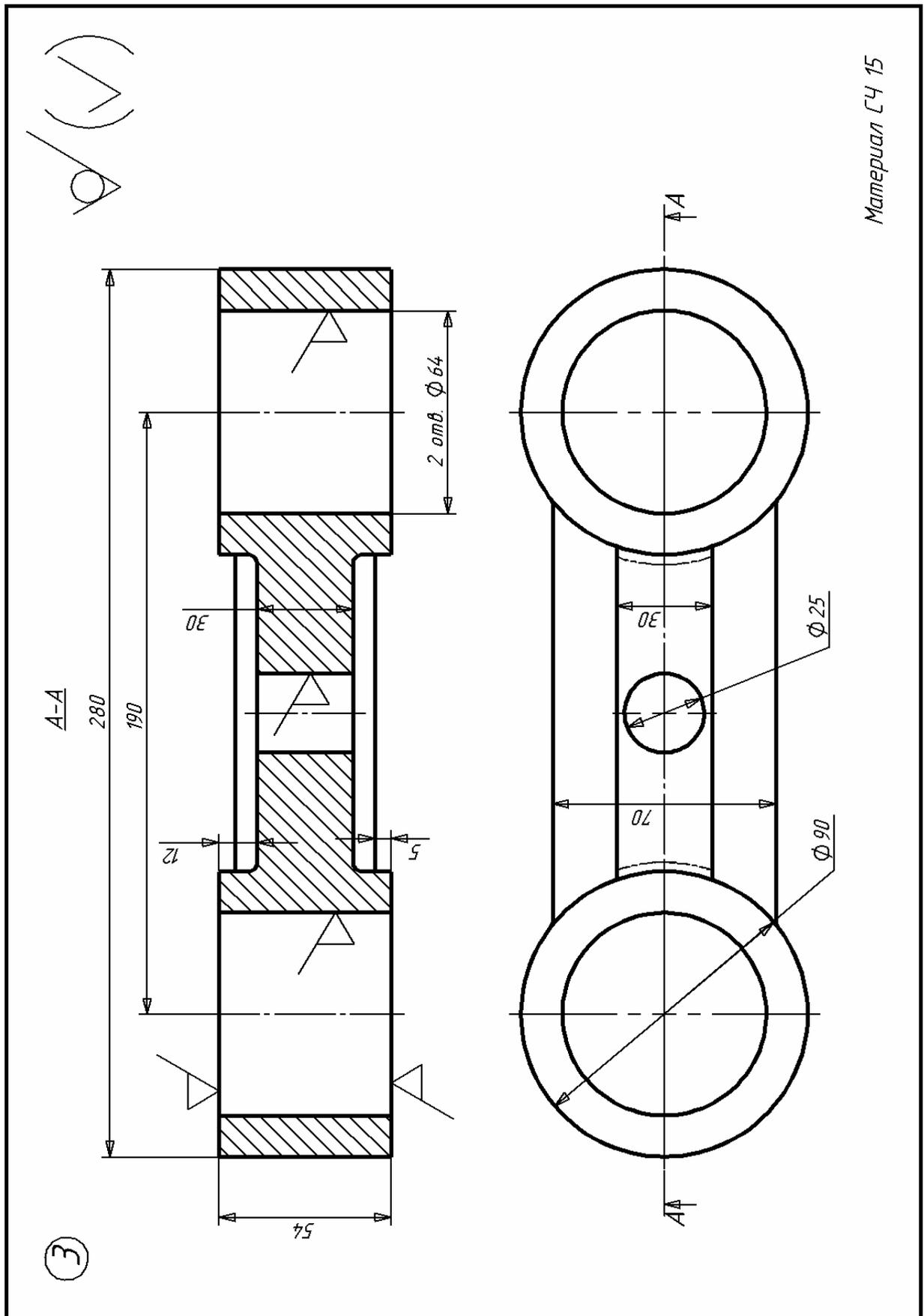
## Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятий «подача» и «скорость резания» при фрезеровании.
2. Назовите основные типы инструментов при фрезеровании и приведите их назначение.
3. Объясните принципы устройства и работы вертикально-фрезерного станка.
4. Перечислите виды работ, выполняемых на фрезерных станках.
5. Укажите приспособления, применяемые для закрепления инструмента и заготовки на фрезерных станках.

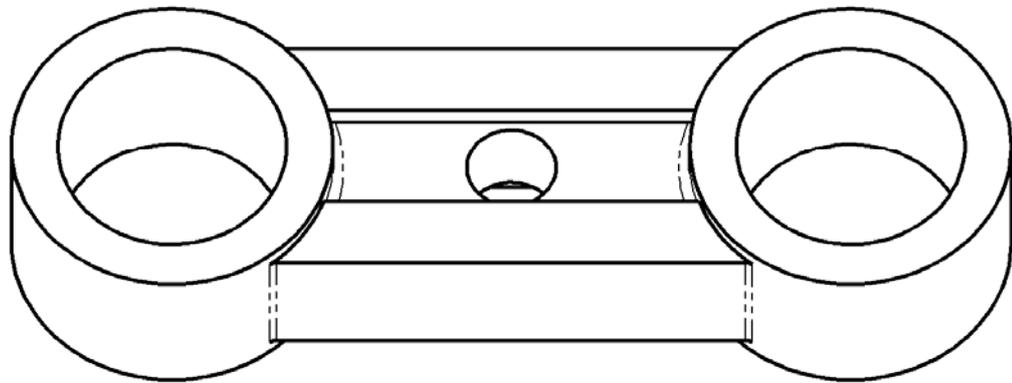




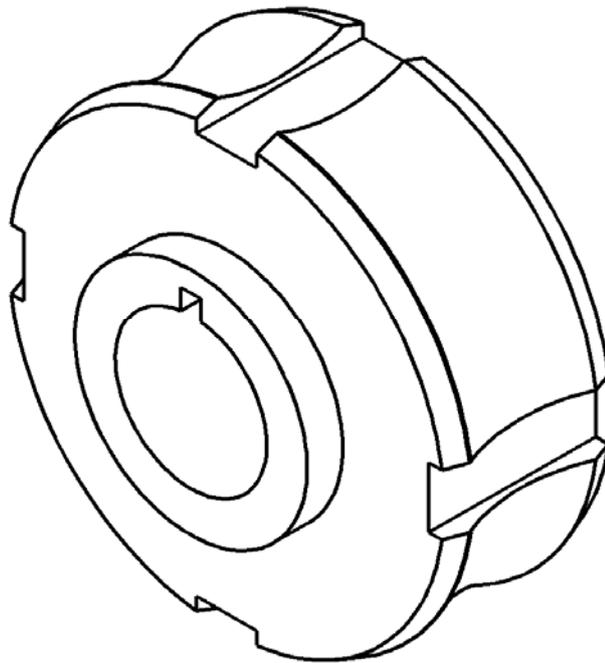




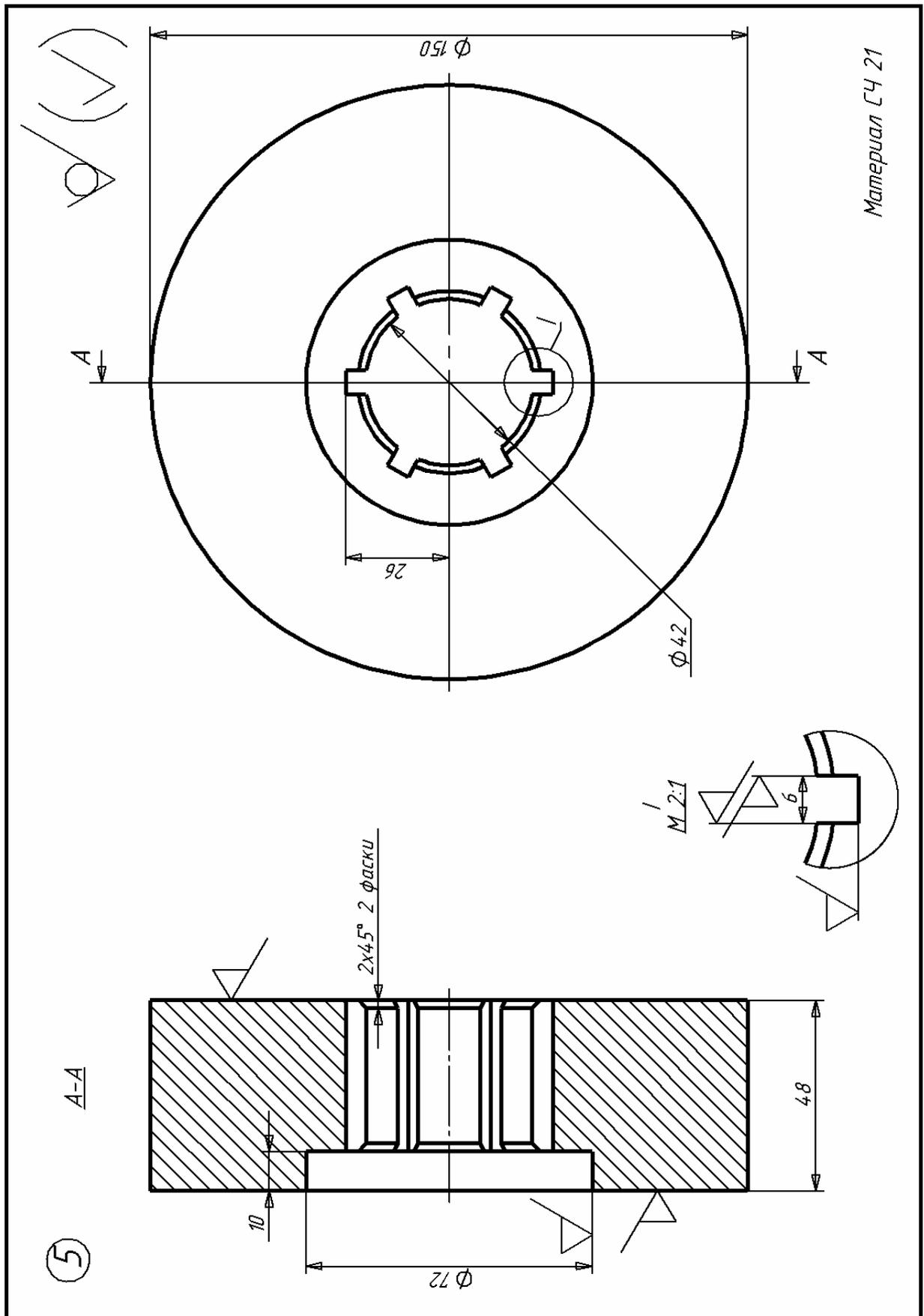
3



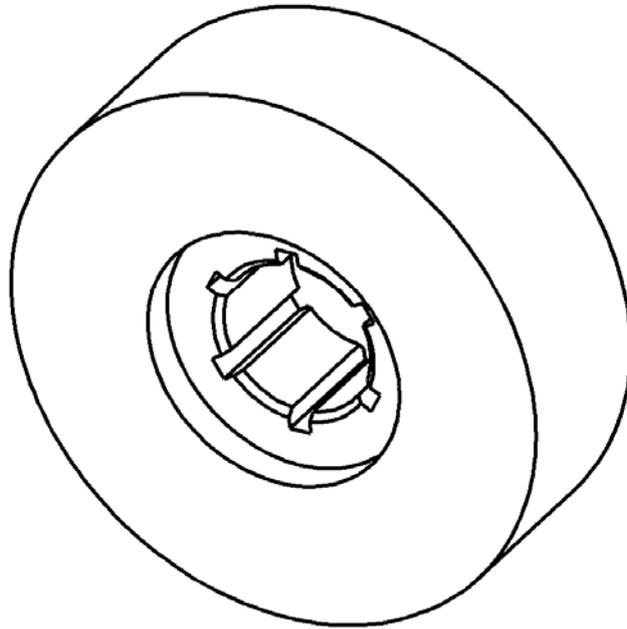
4



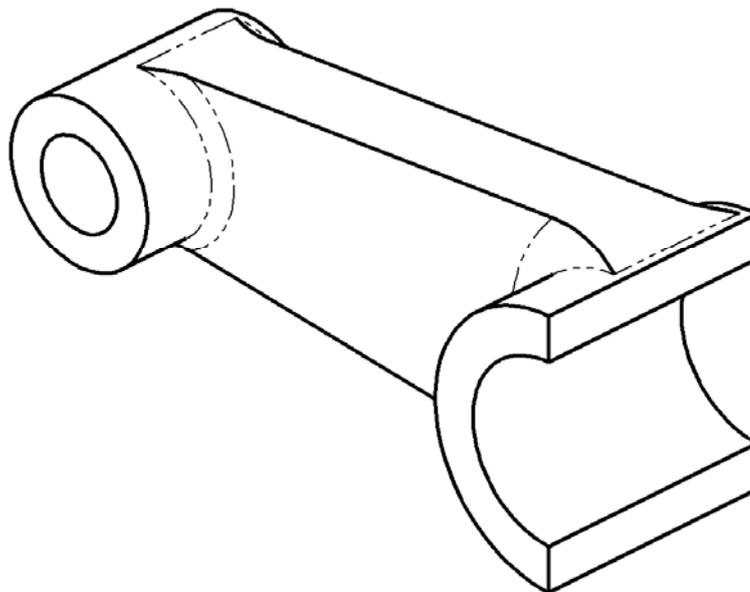


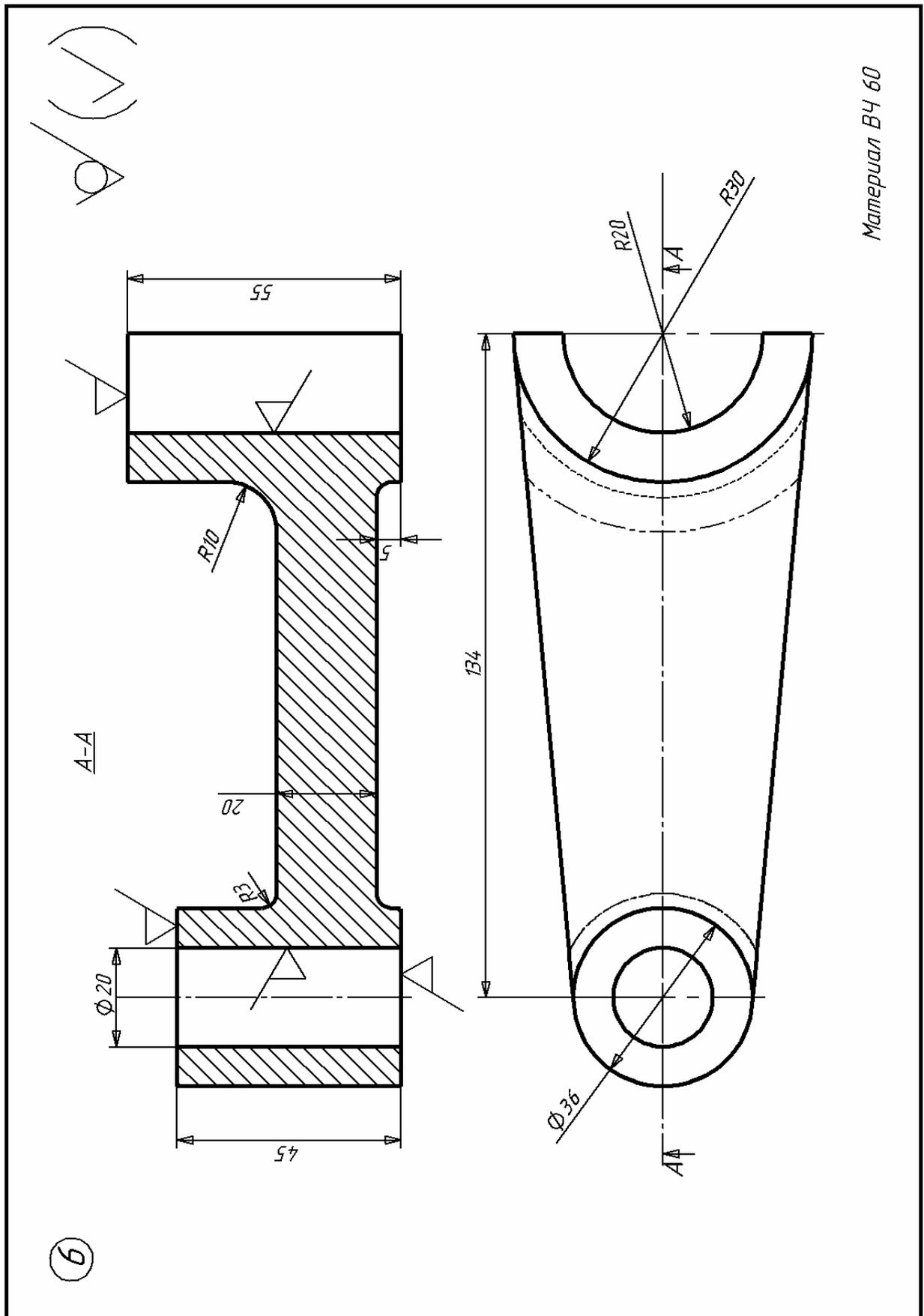


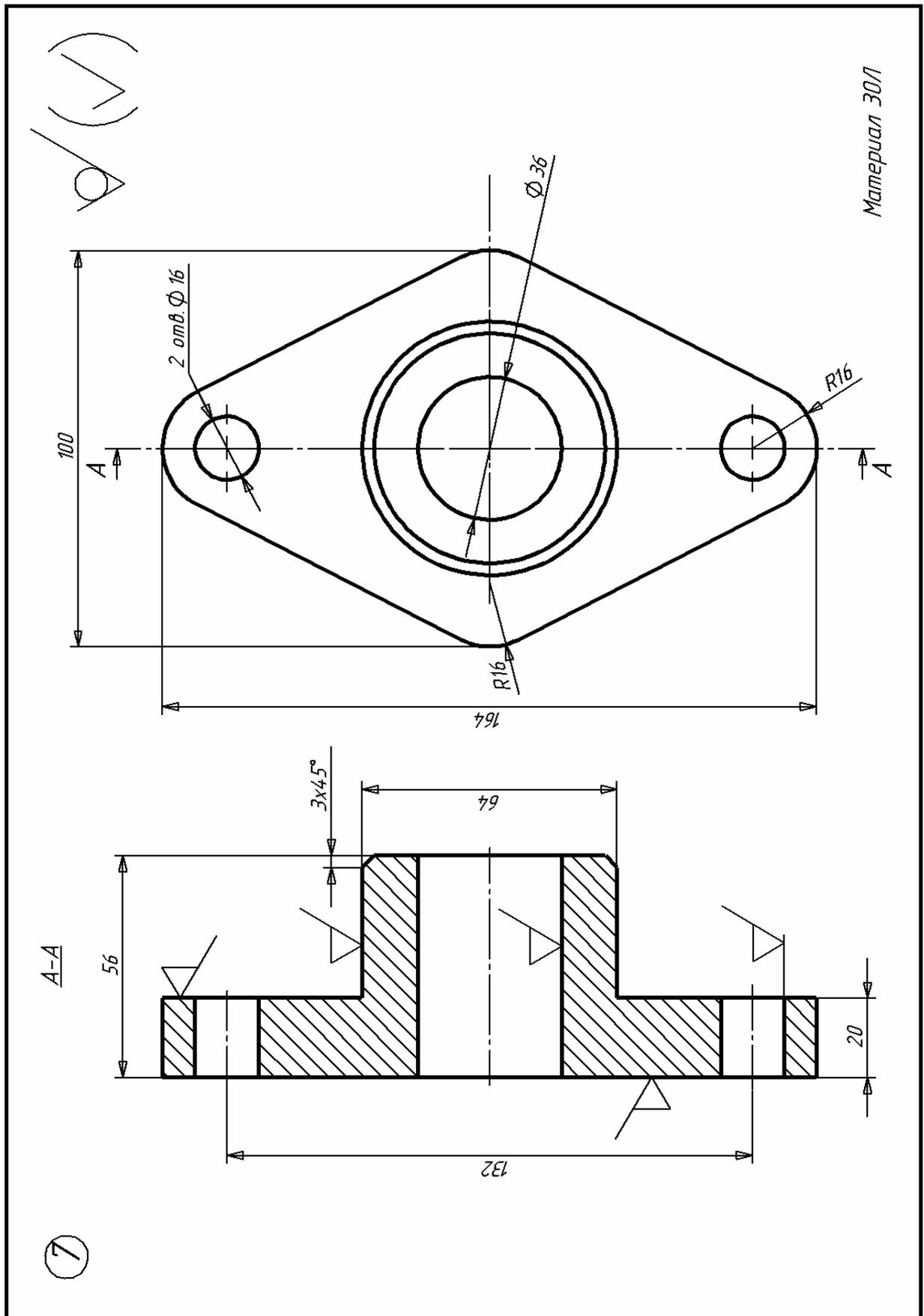
5



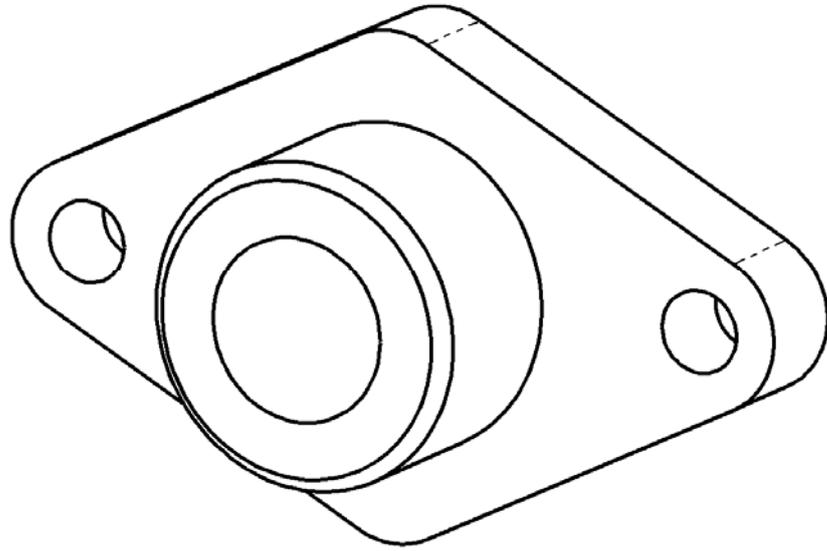
6



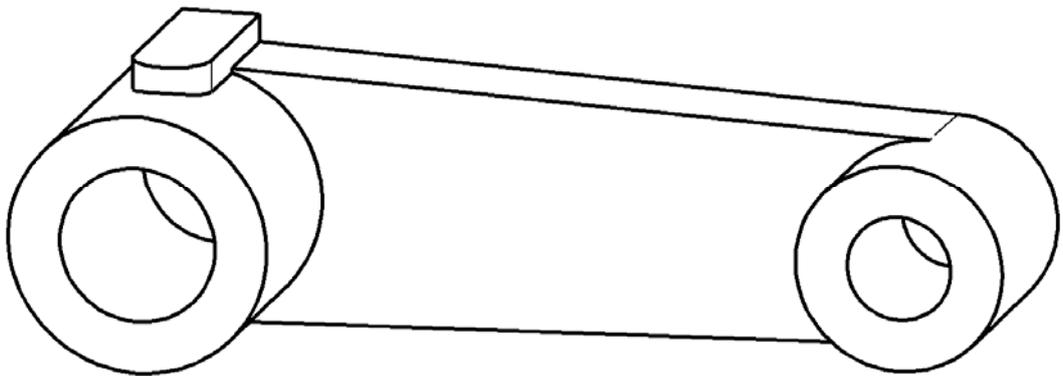


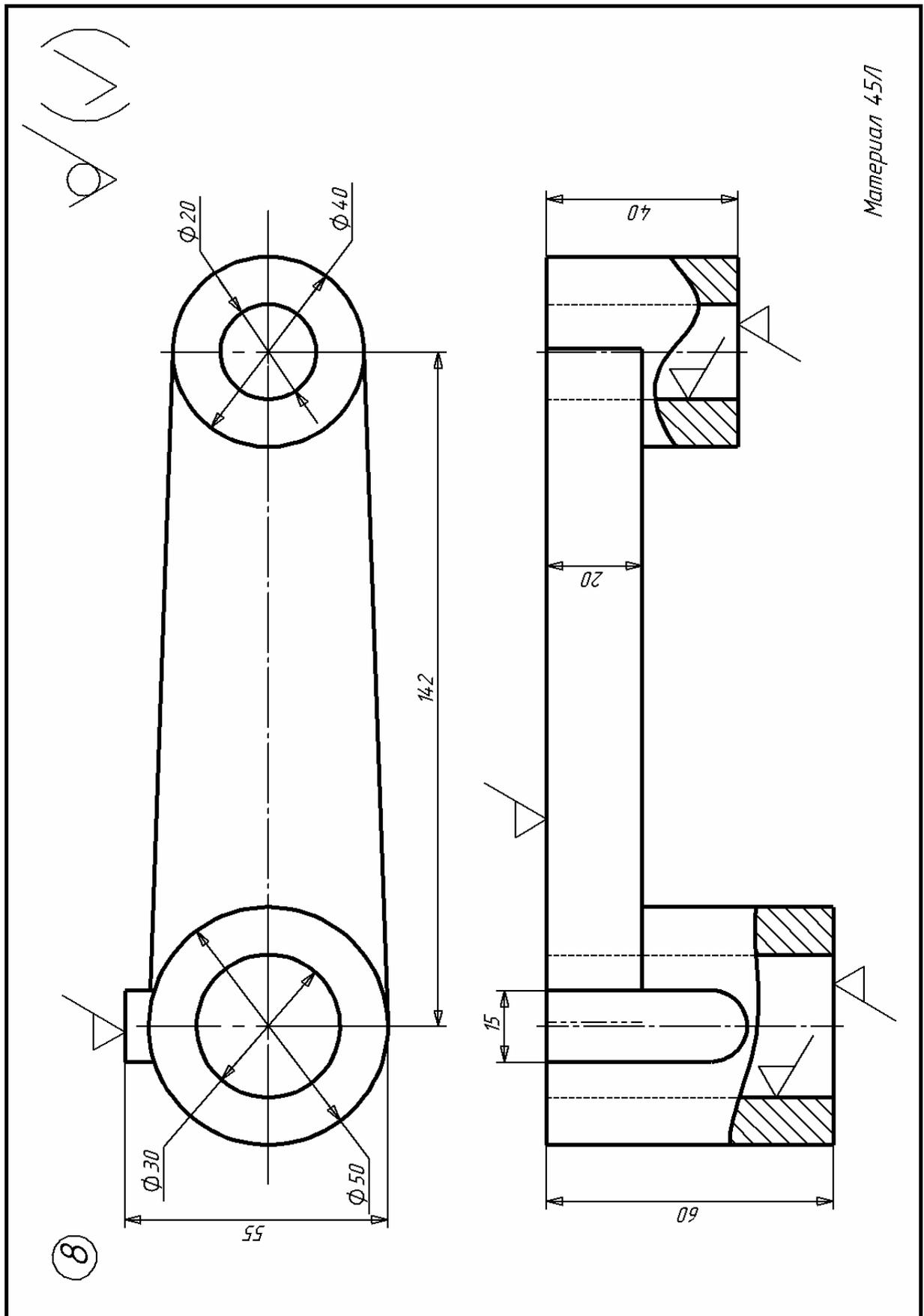


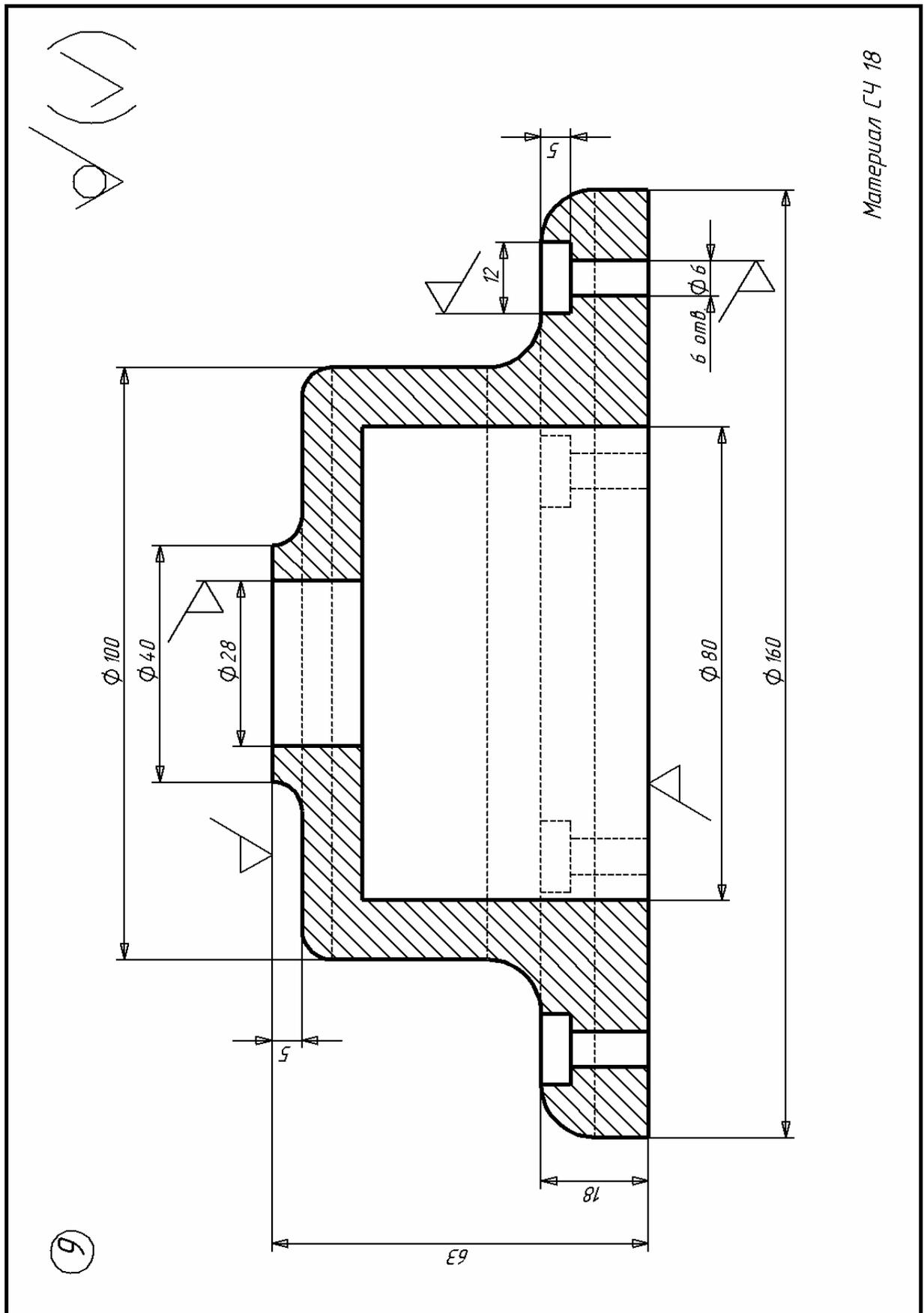
7



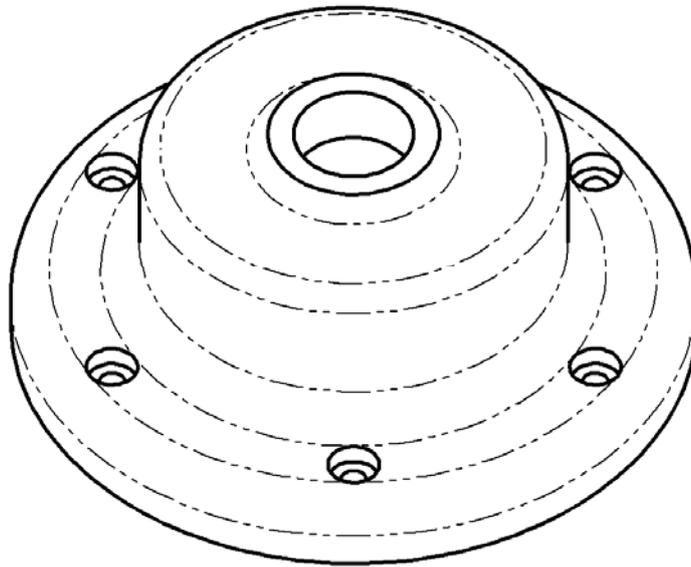
8



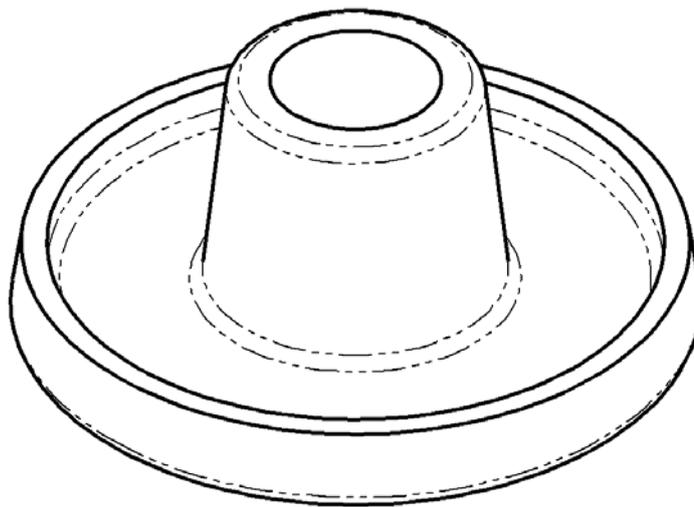


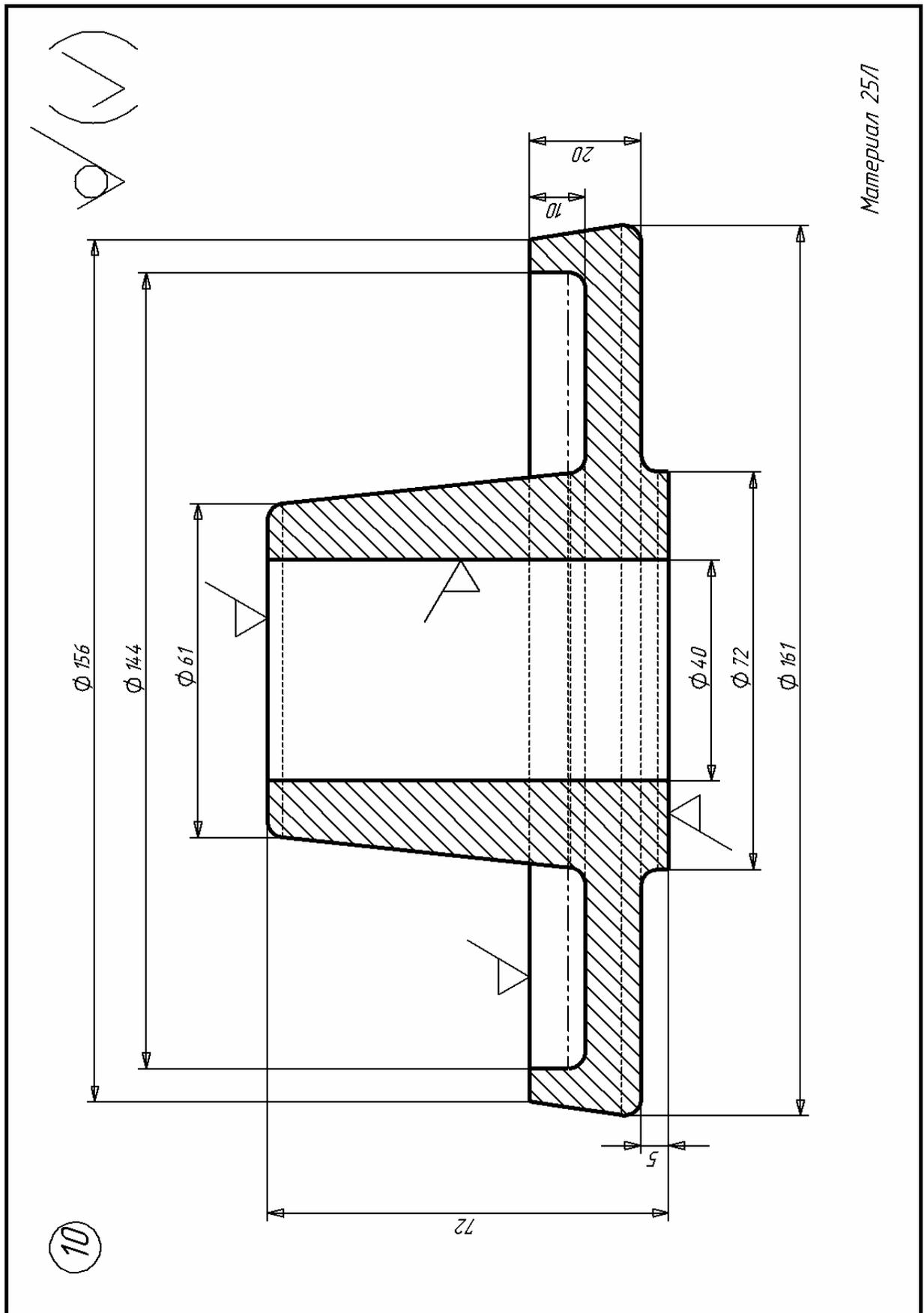


9



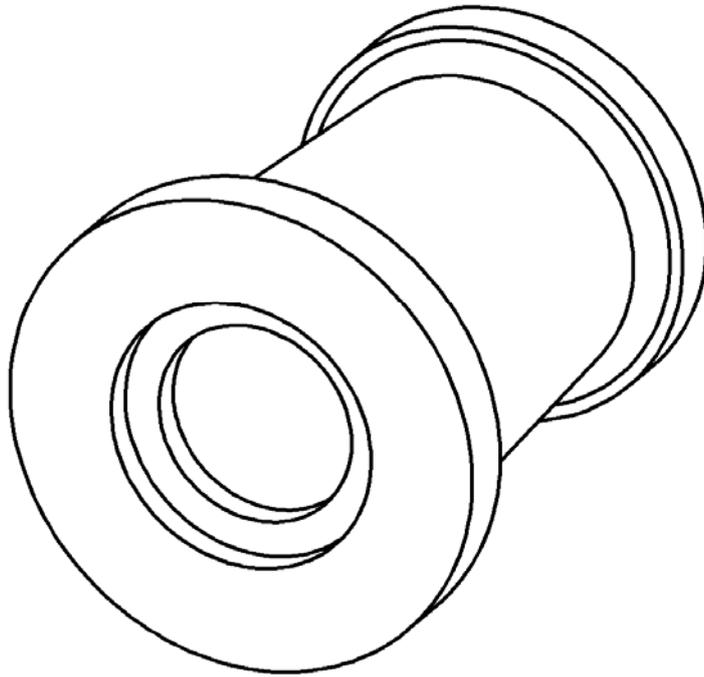
10



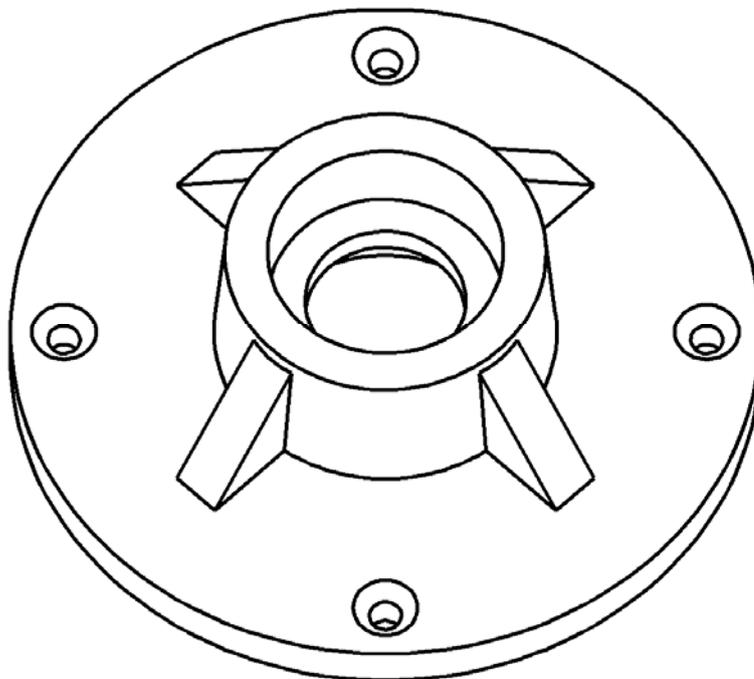


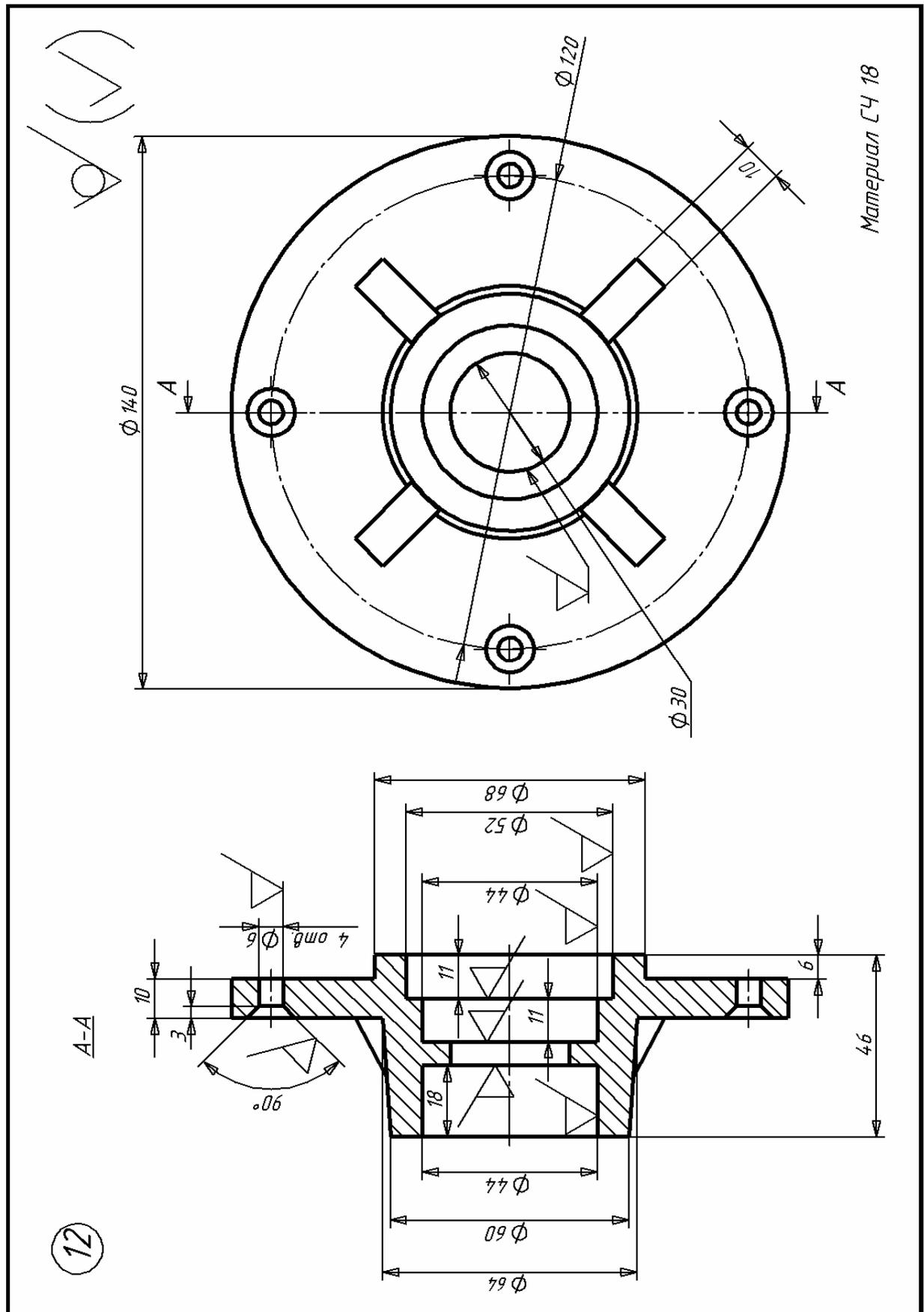


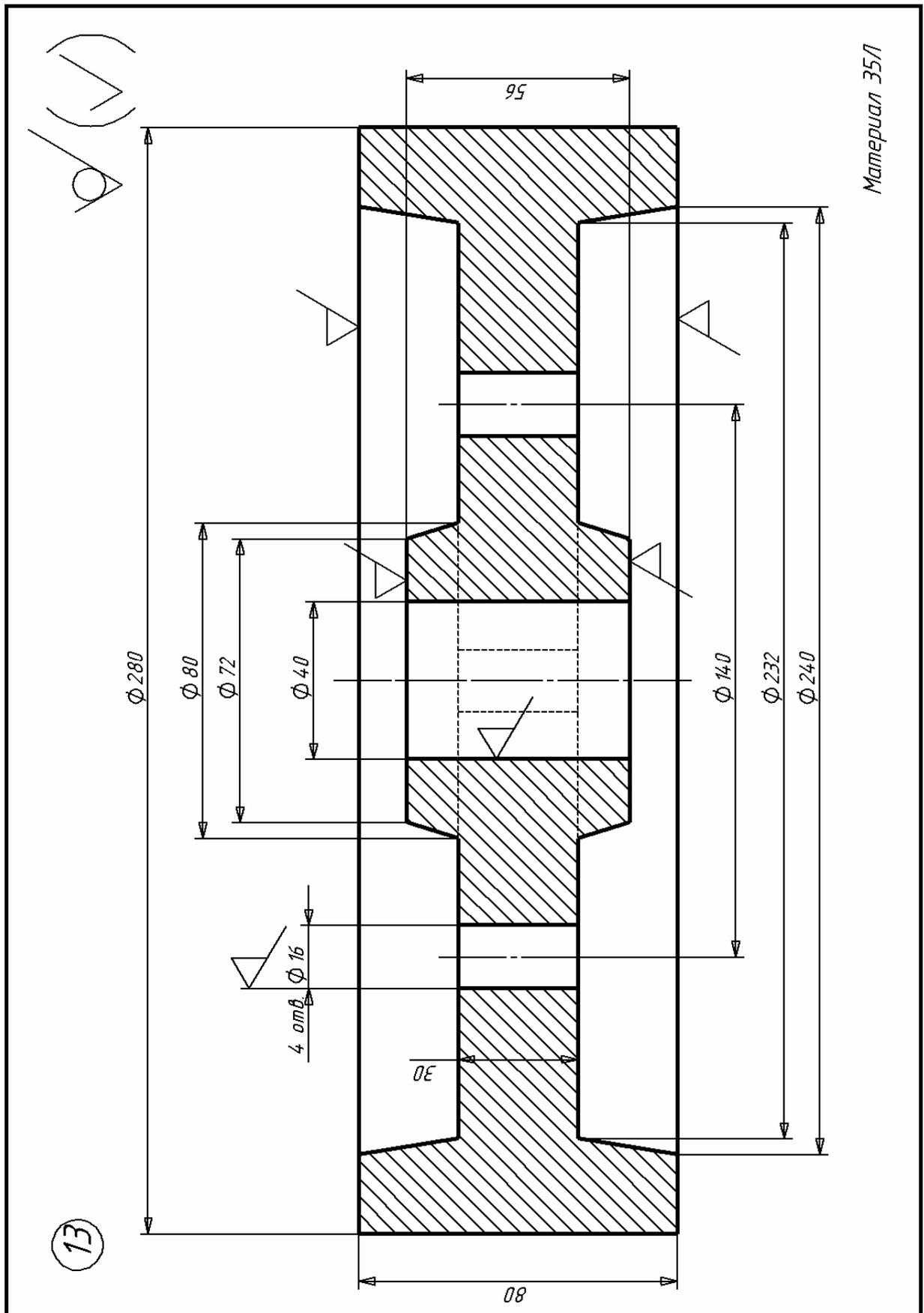
11



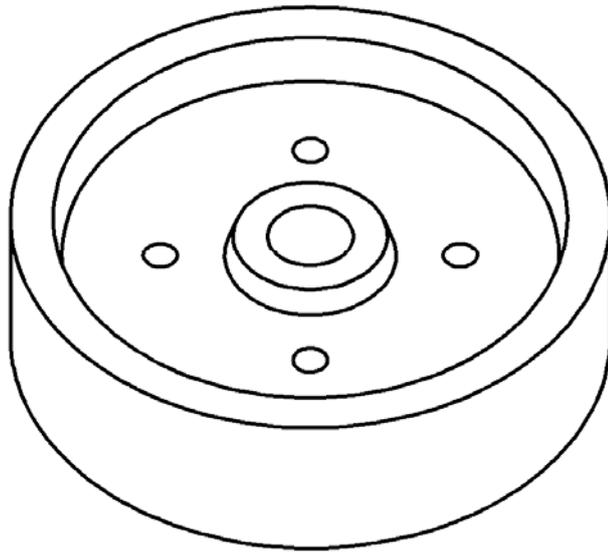
12



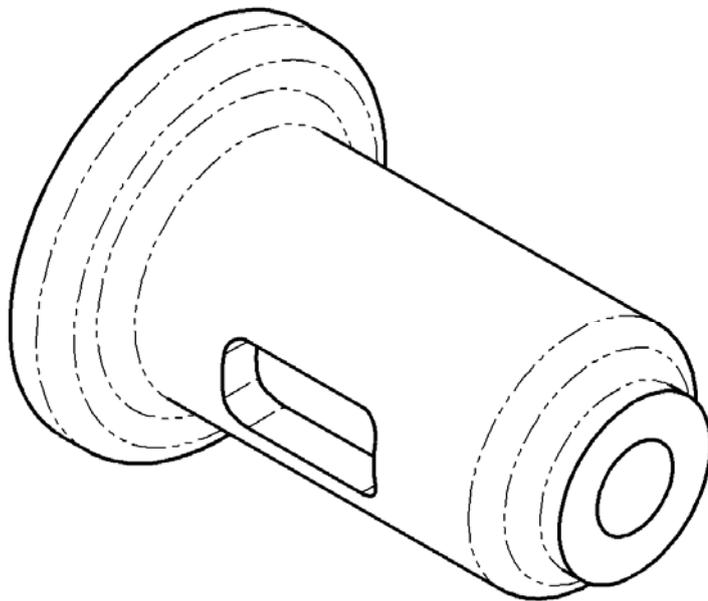




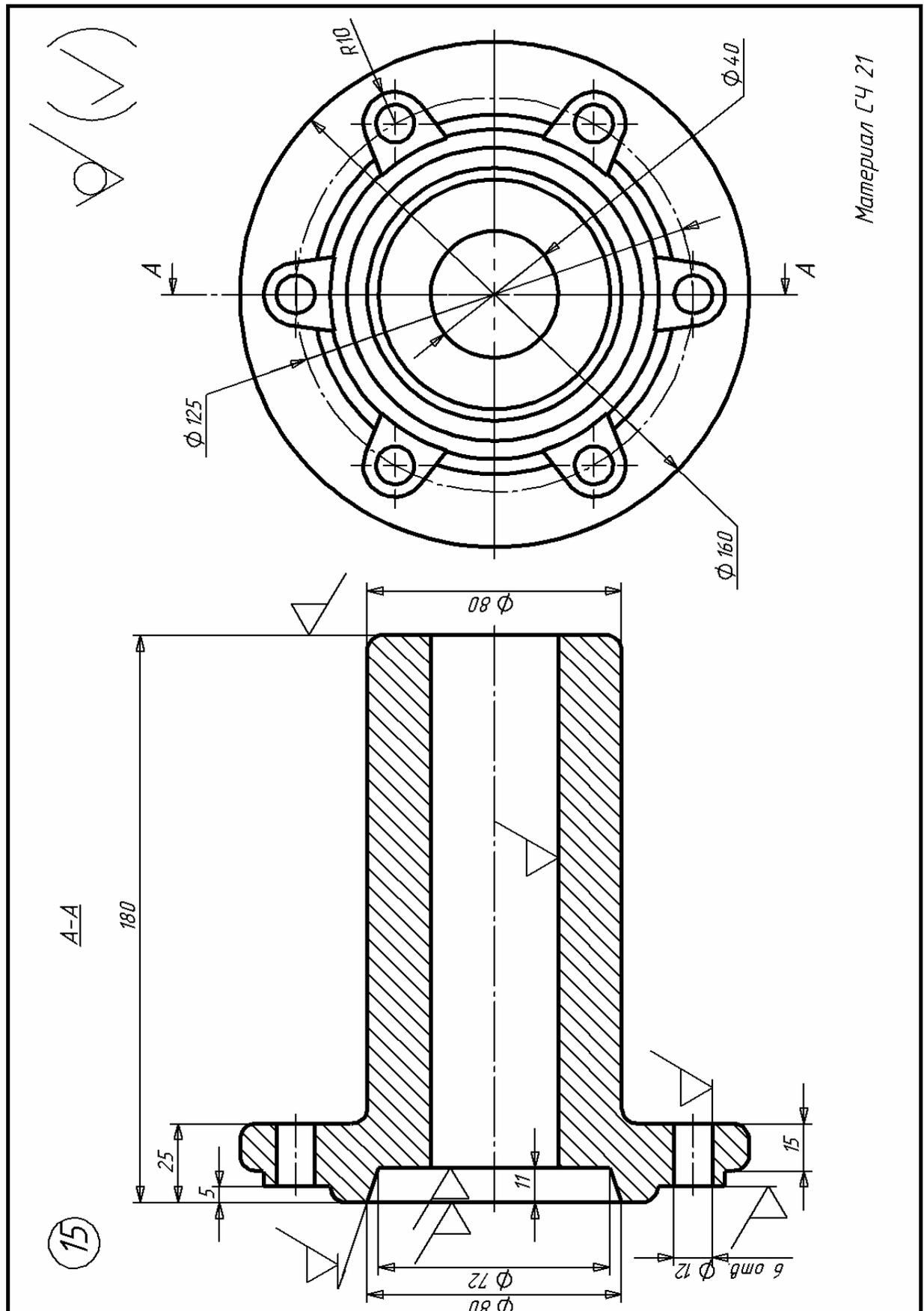
13



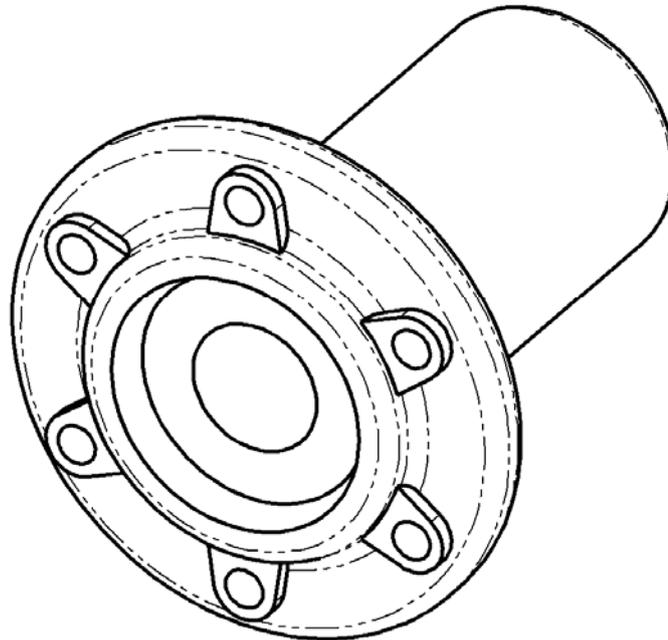
14



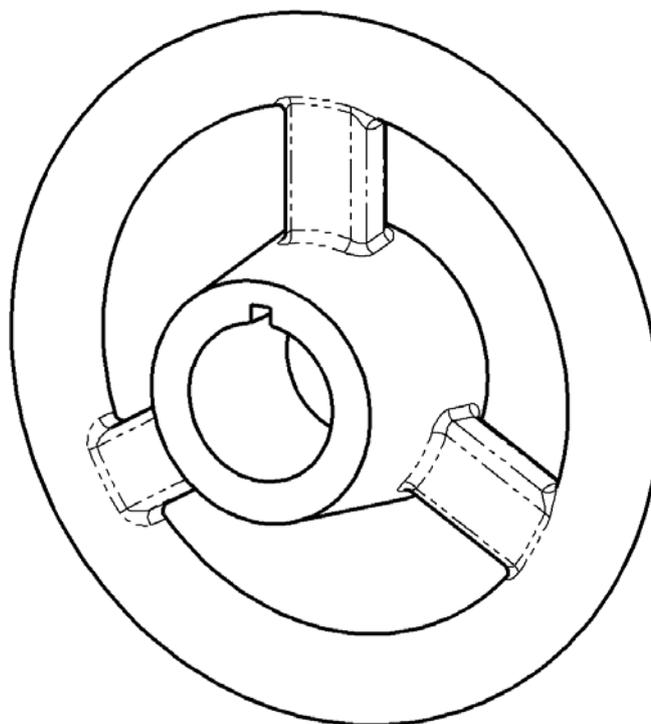


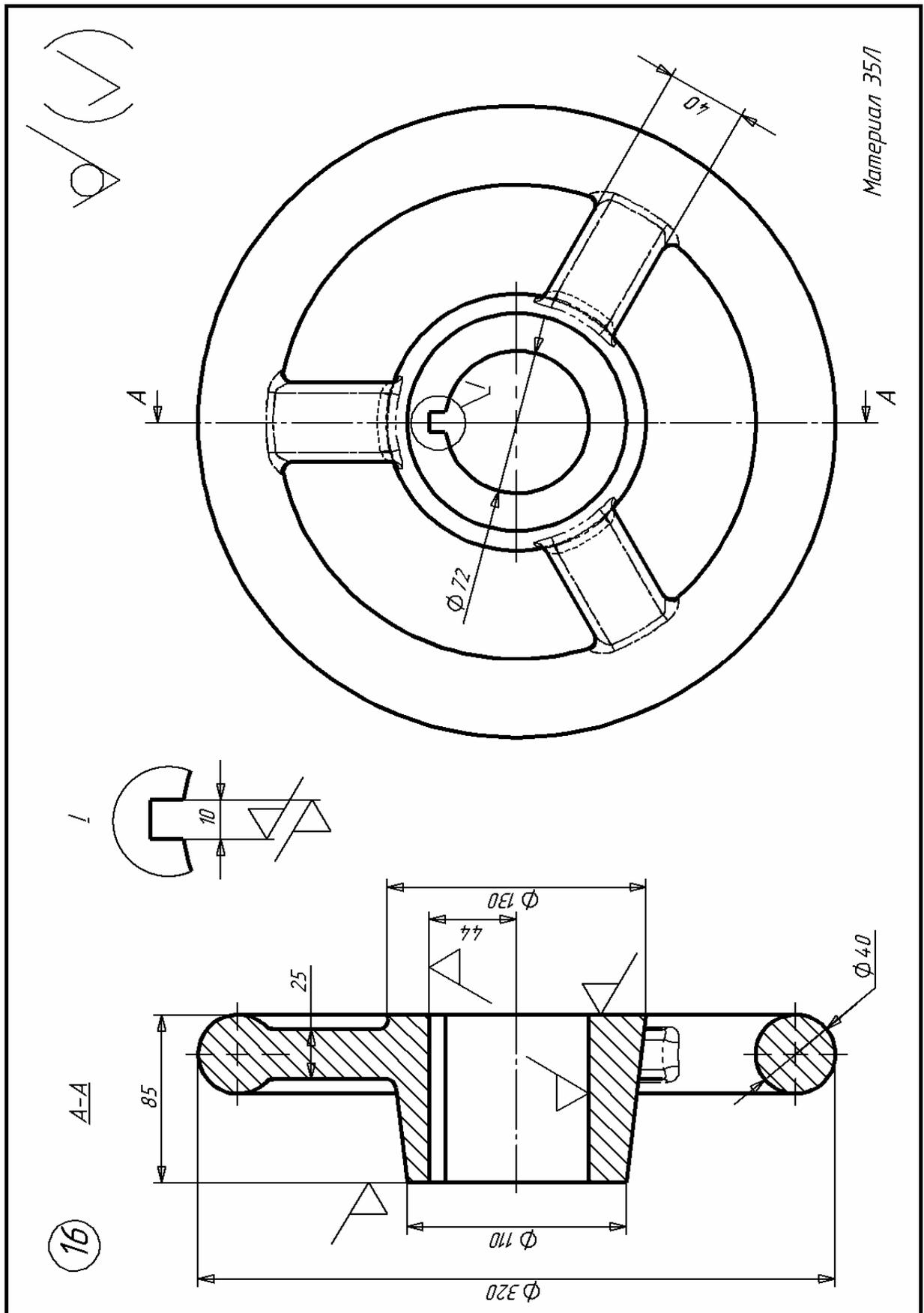


15



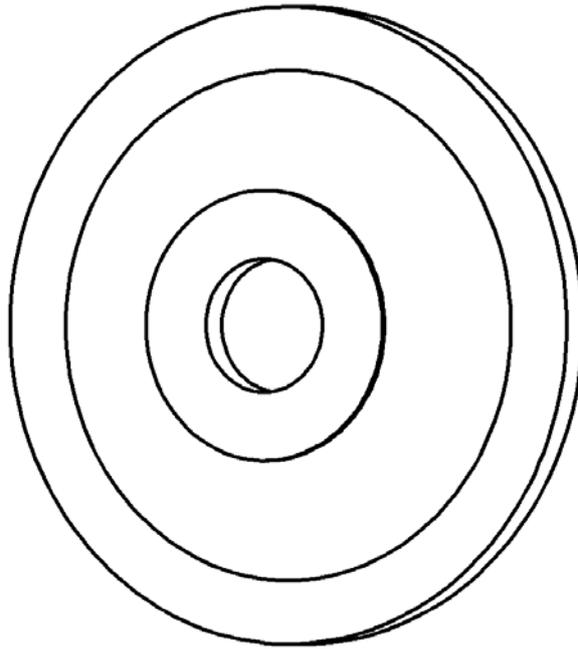
16



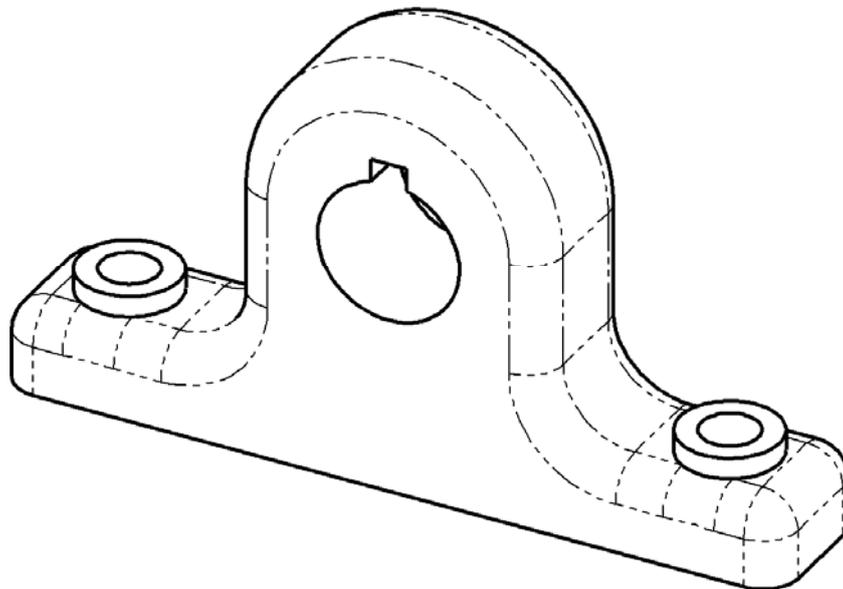




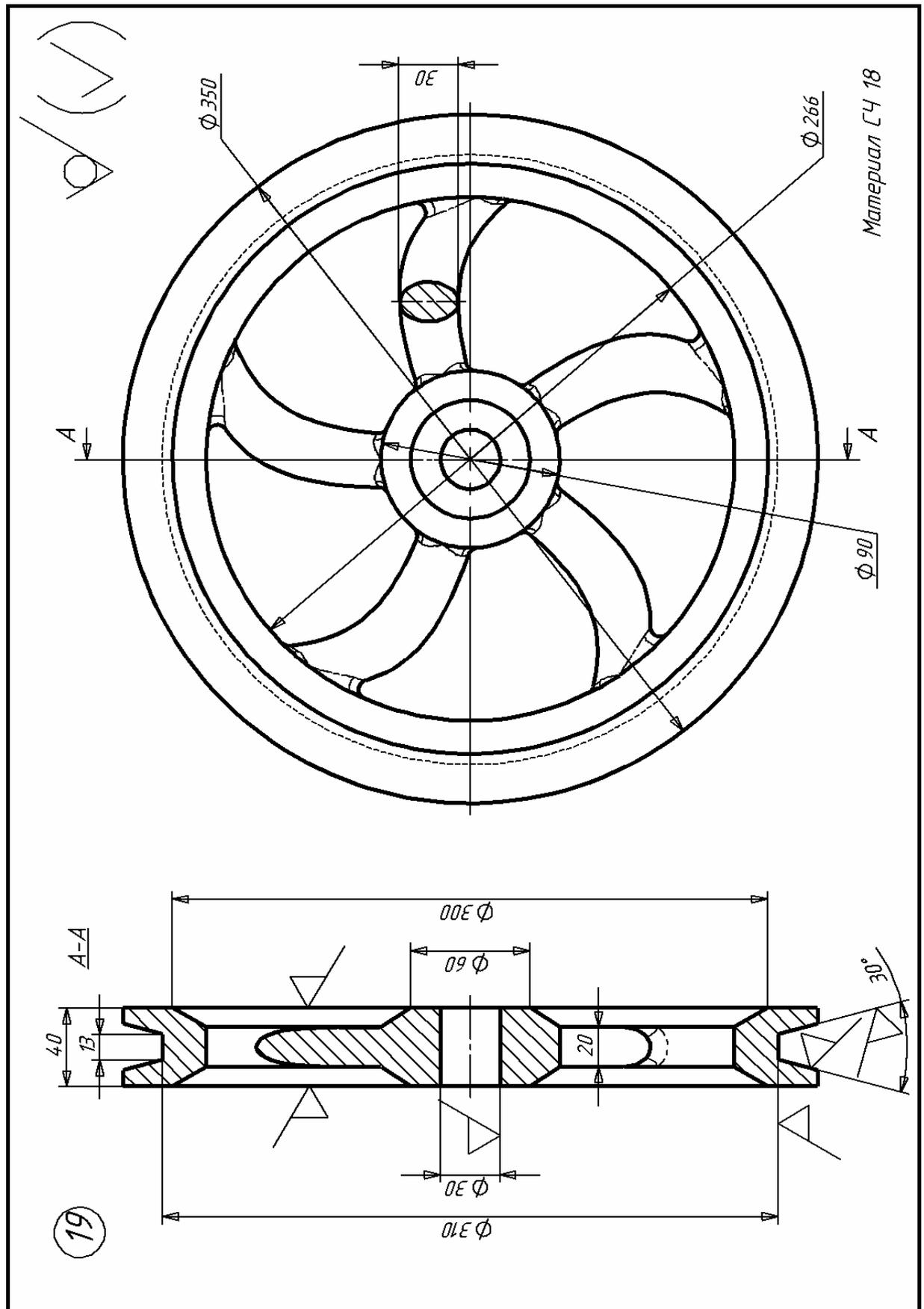
17



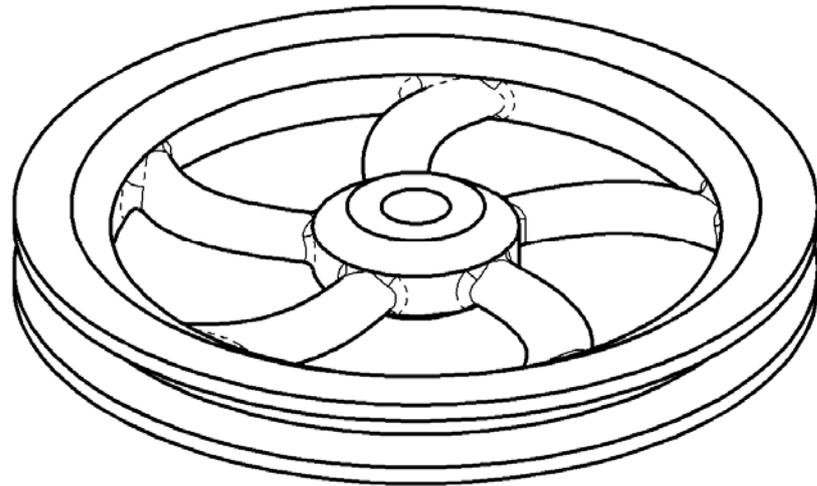
18



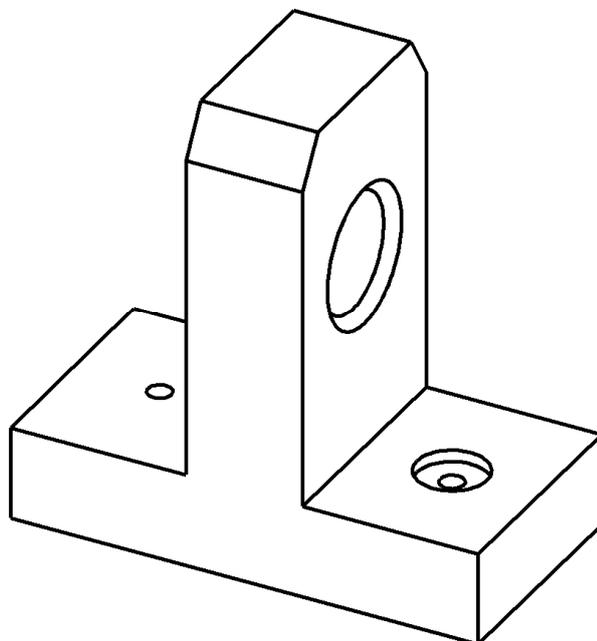




19



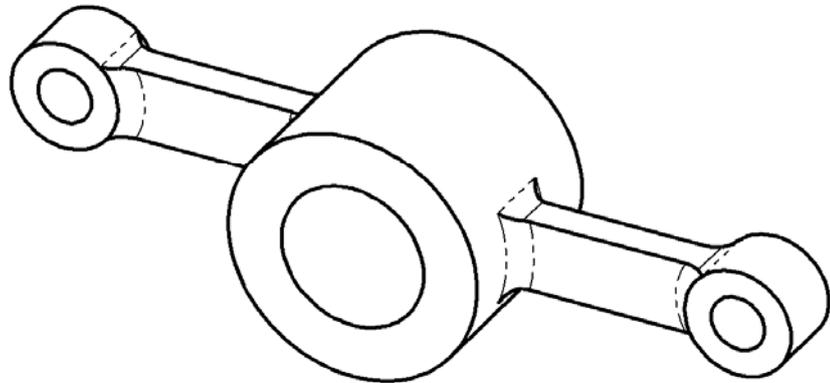
20



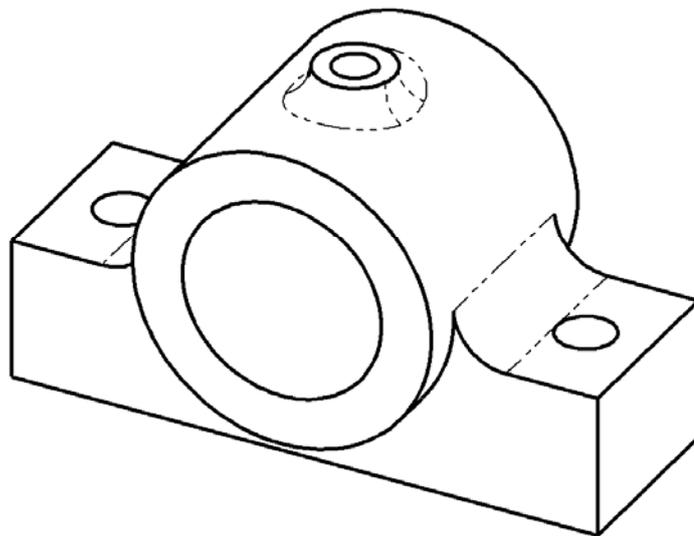




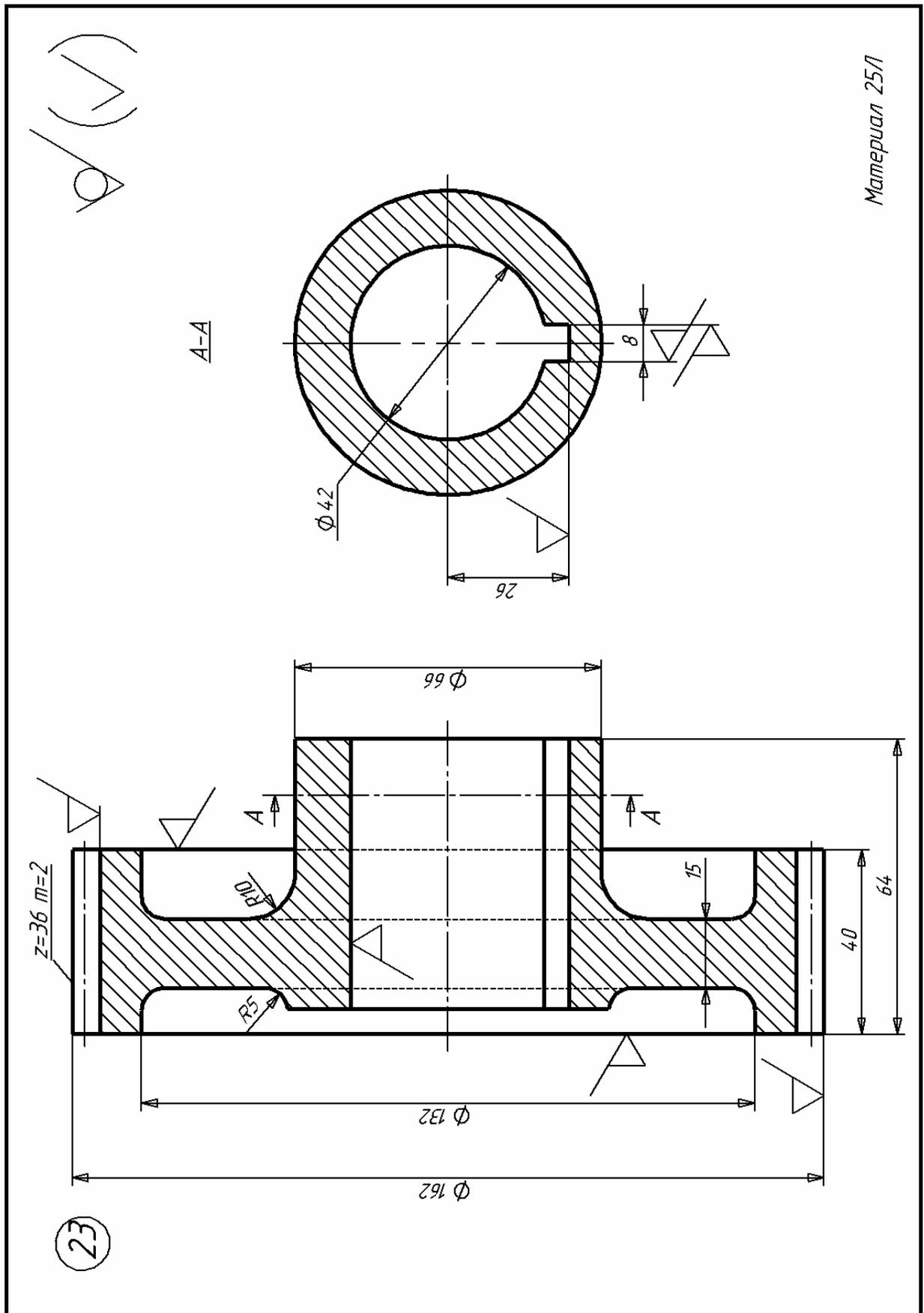
21



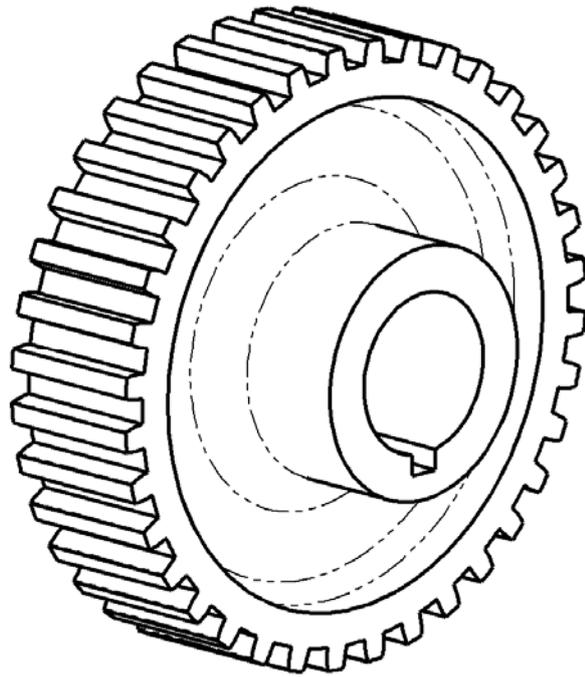
22



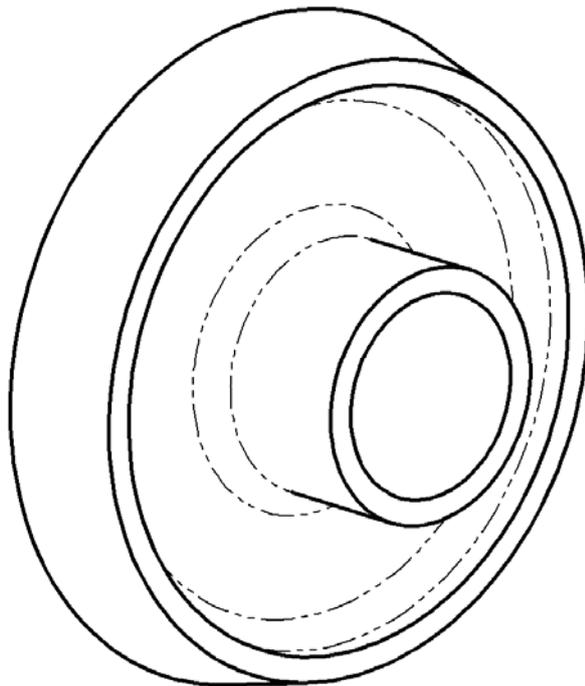


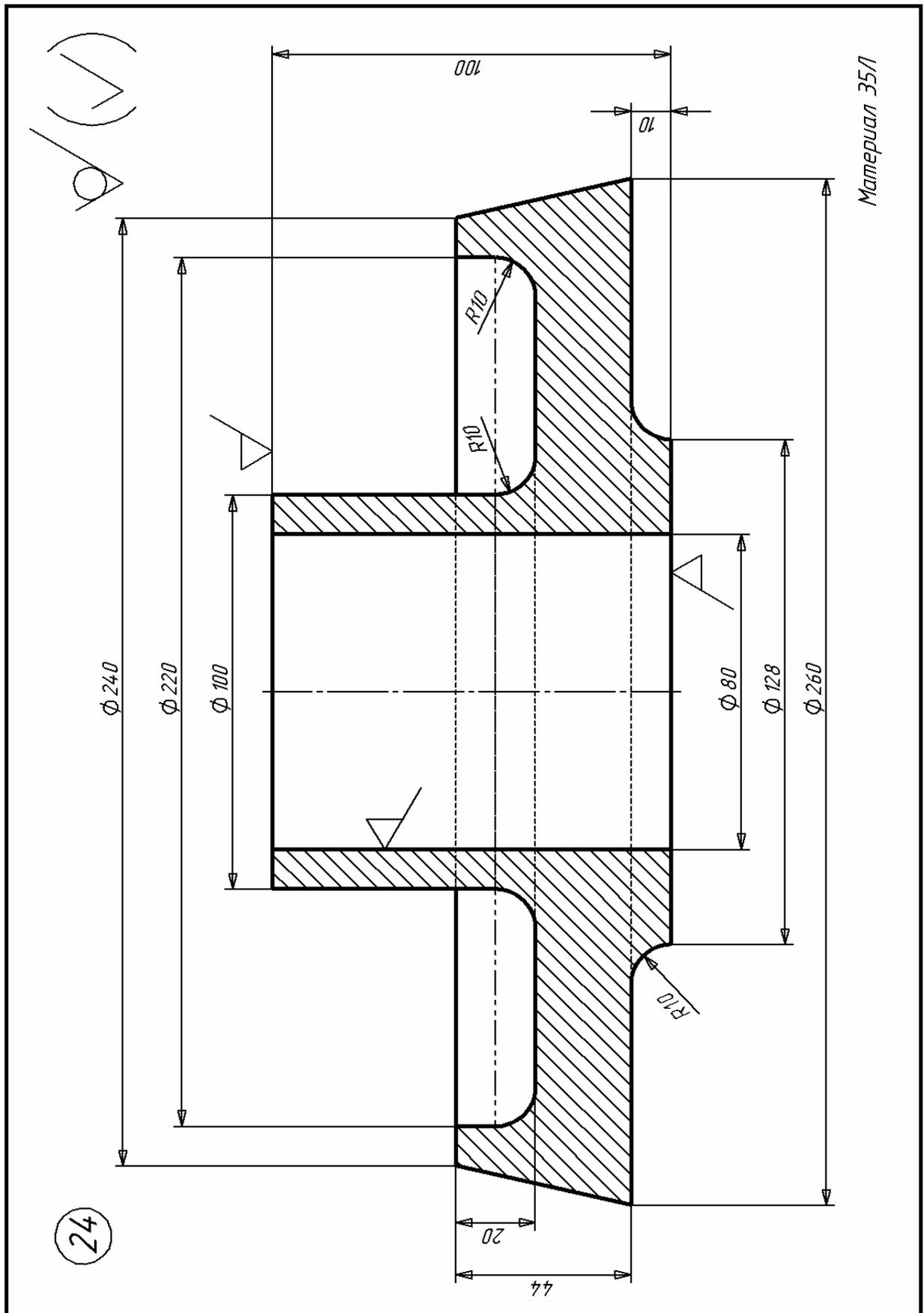


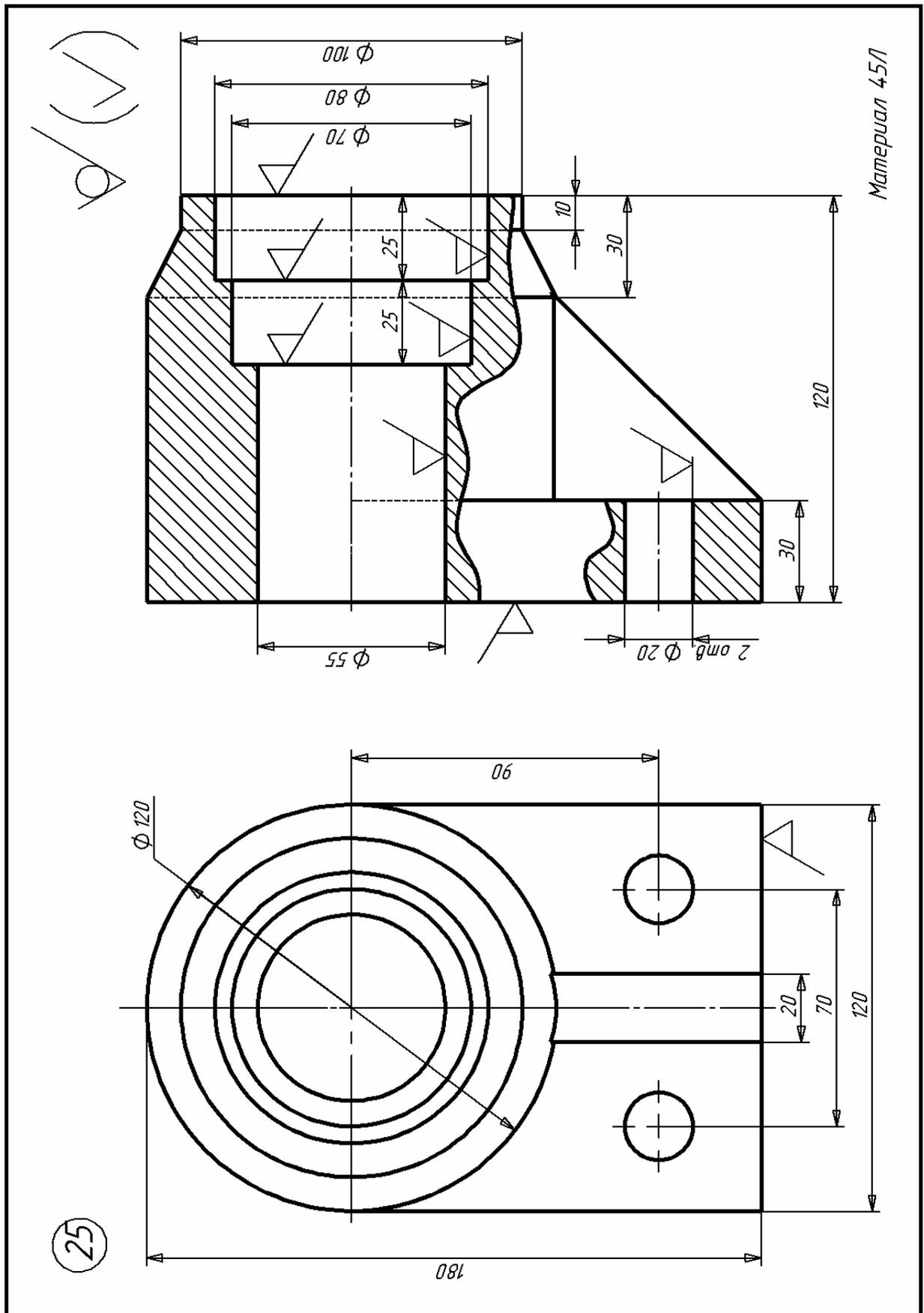
23



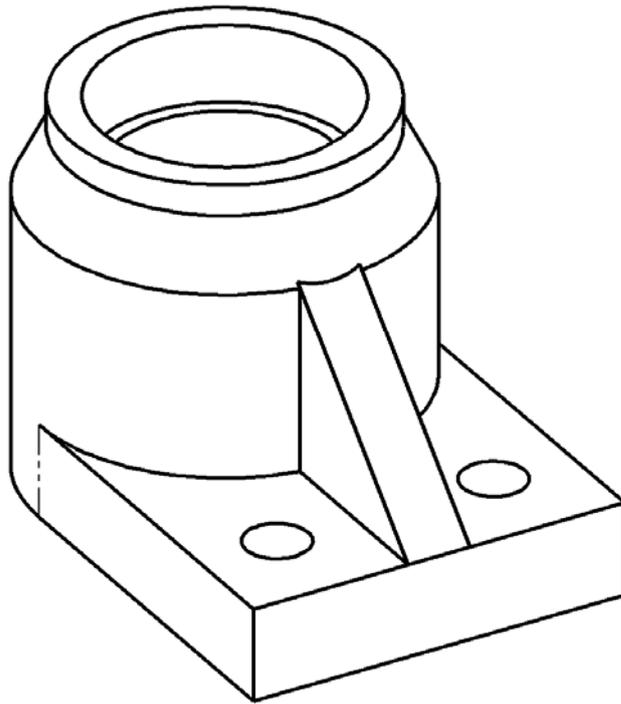
24



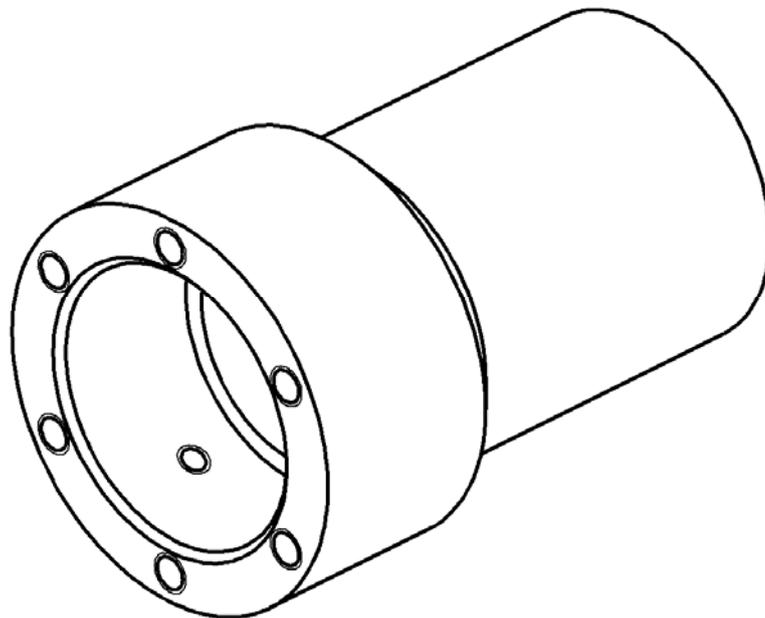


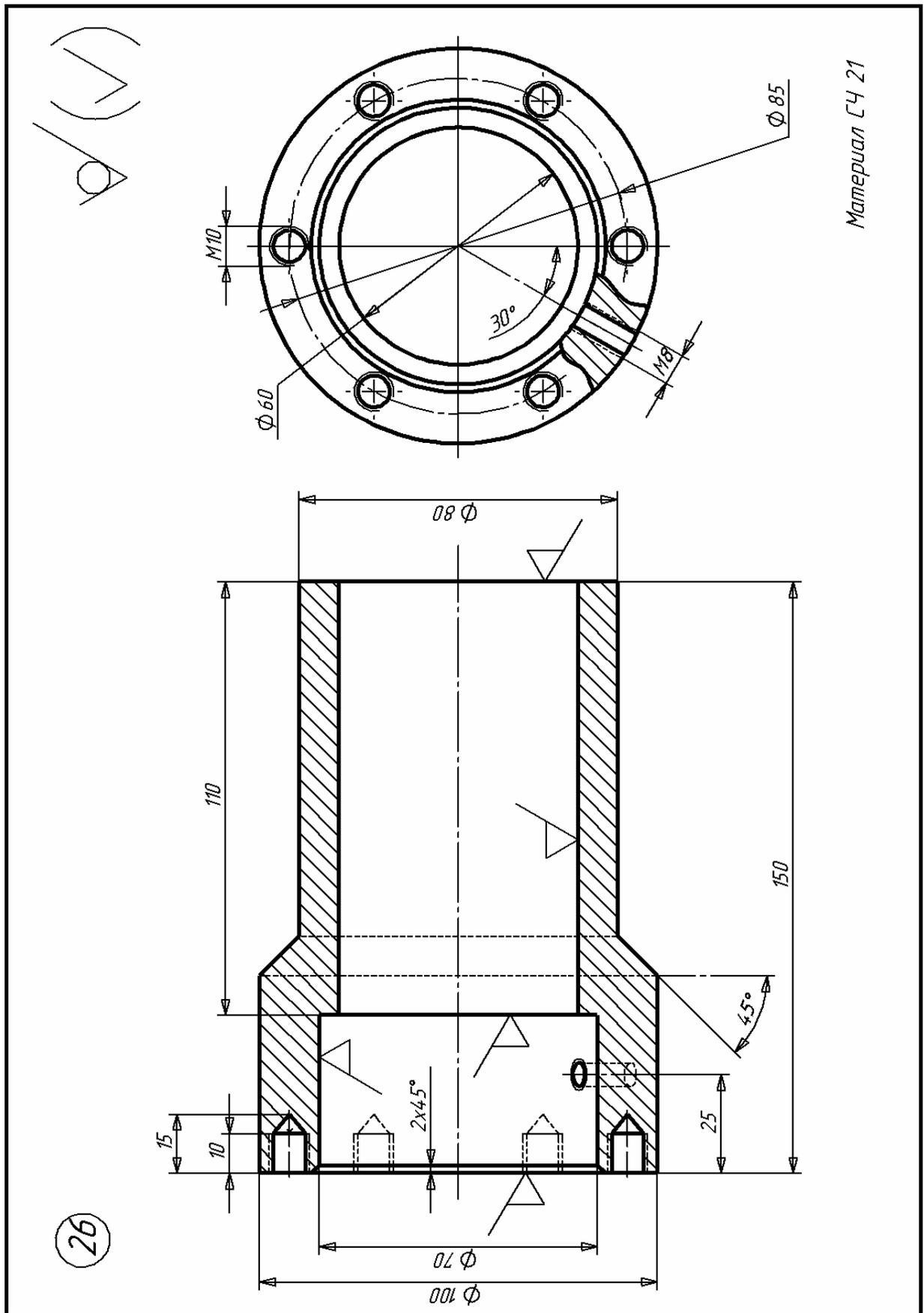


25



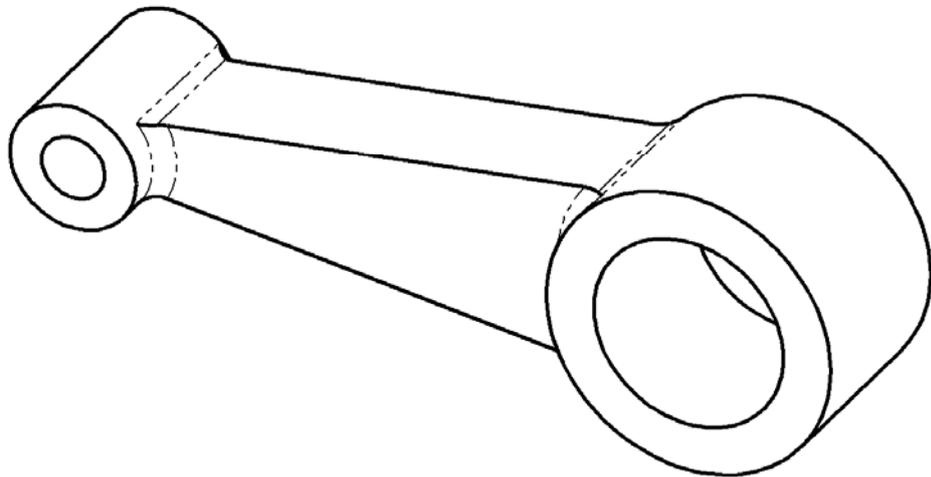
26



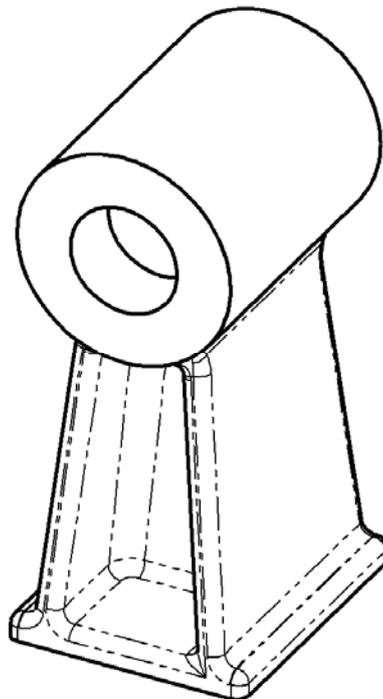


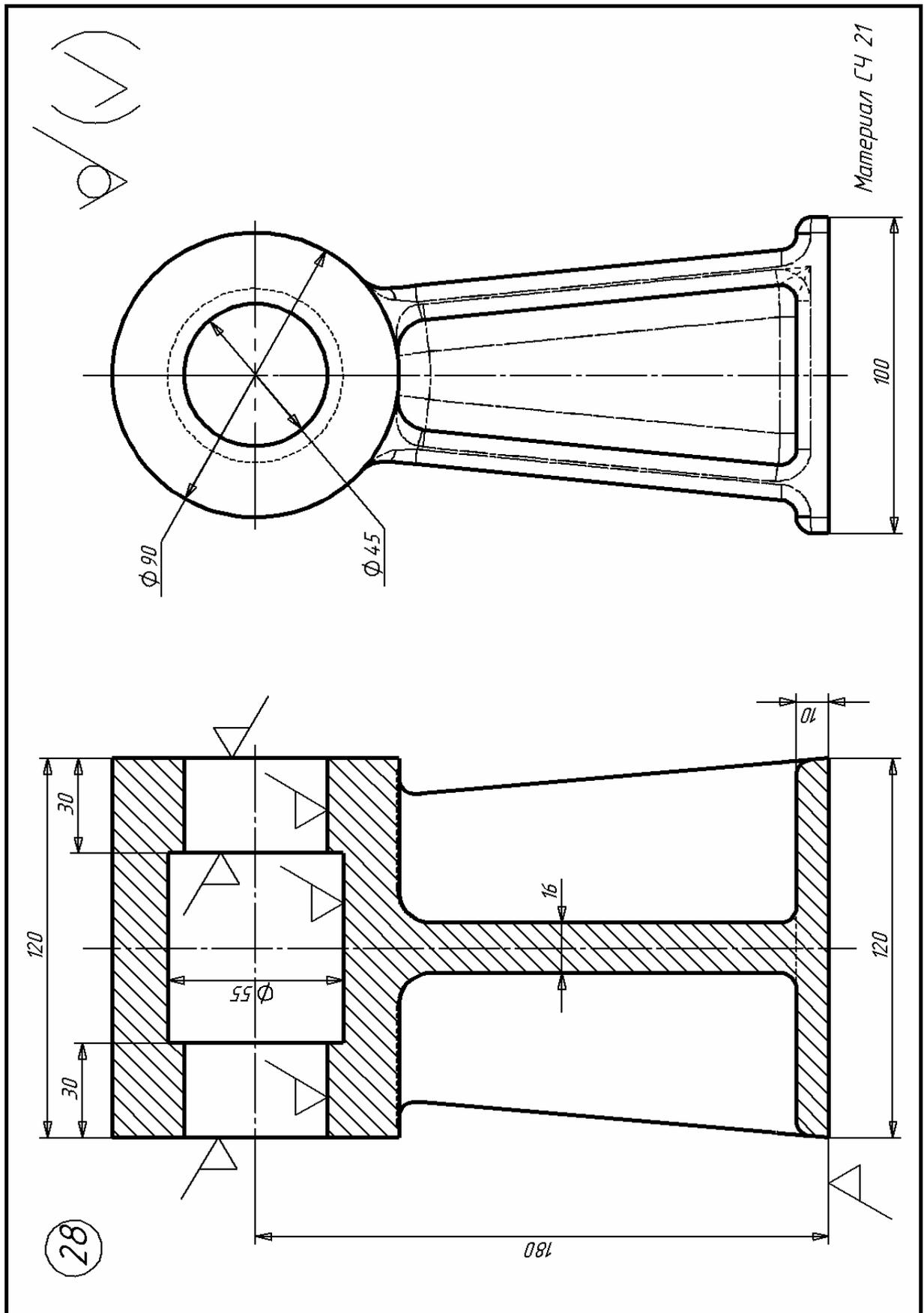


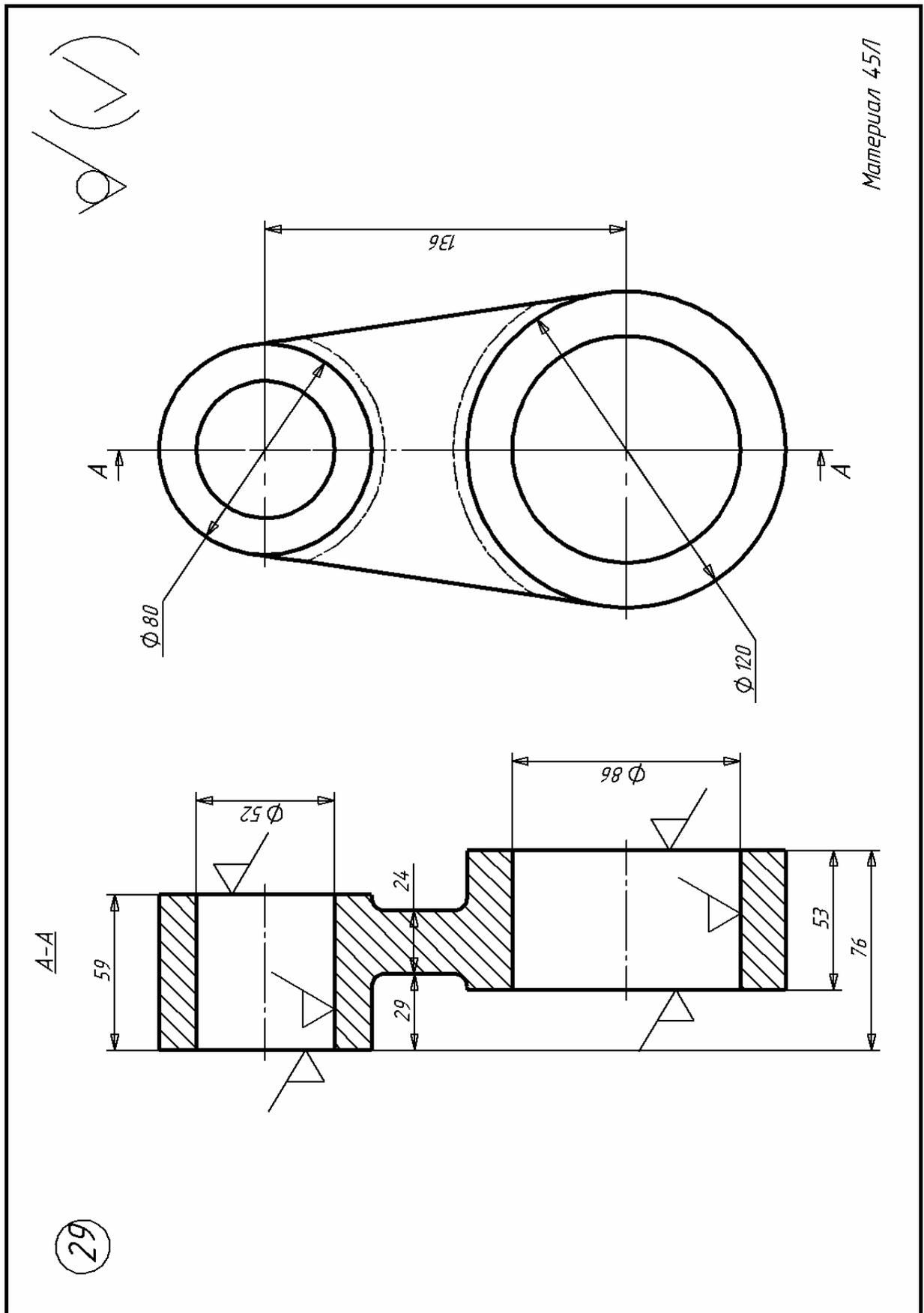
27



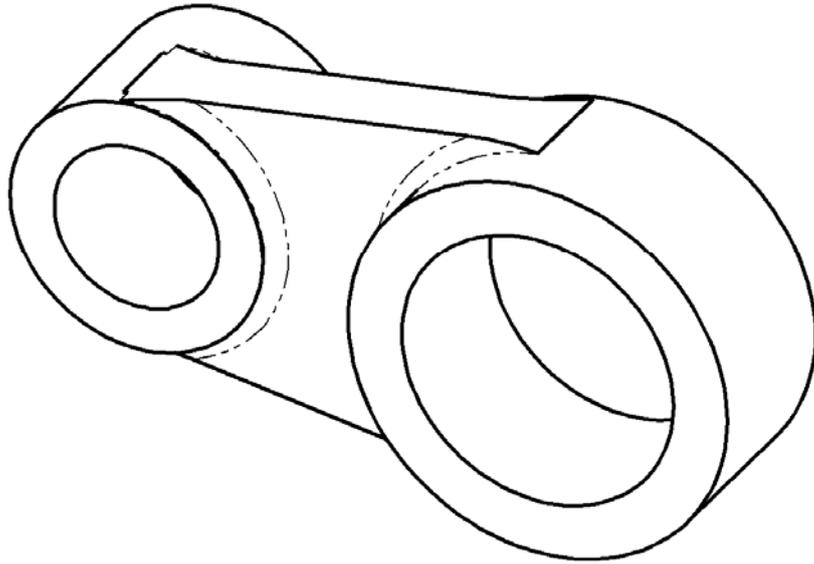
28



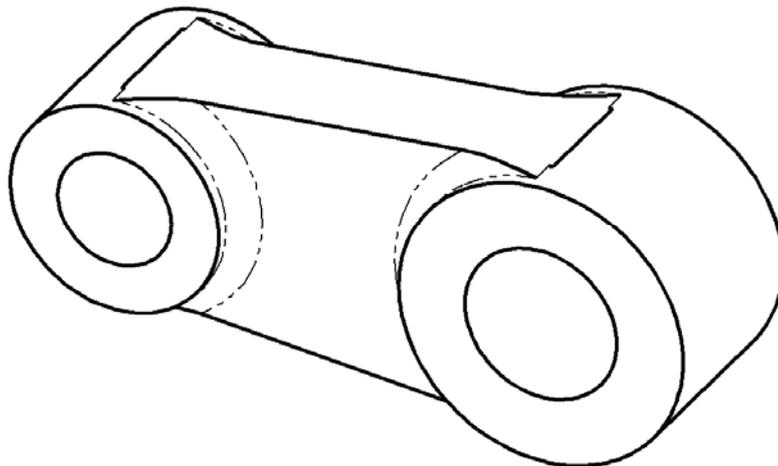


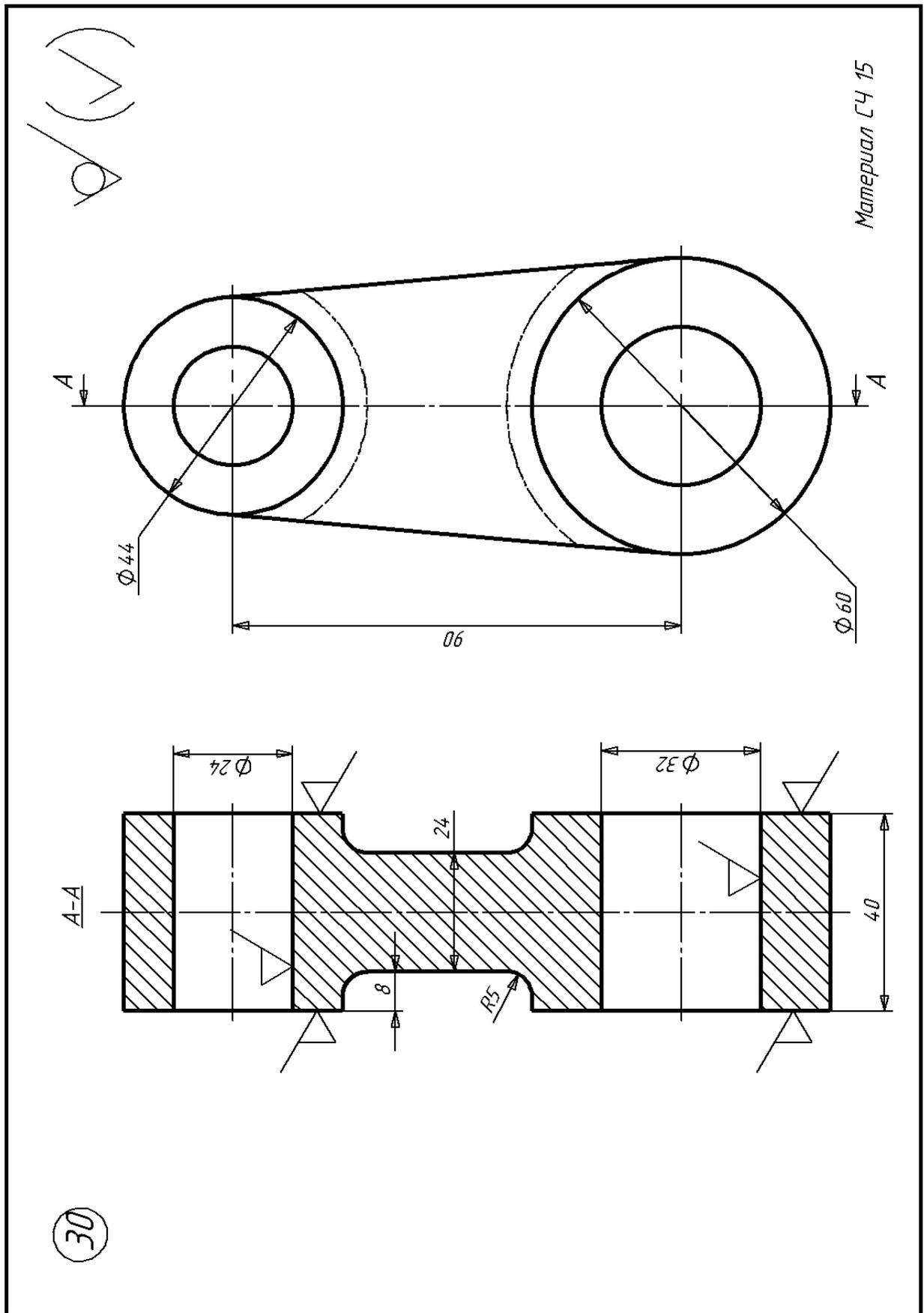


29



30





## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

# ВЫДЕЛЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ЕЕ ОБОЗНАЧЕНИЕ НА ЧЕРТЕЖАХ

*Шероховатость поверхности* – совокупность микронеровностей поверхности с относительно малыми шагами, рассматриваемых на базовой длине.

Чем меньше шероховатость поверхности, тем меньше трение и износ трущихся поверхностей деталей, тем выше коэффициент полезного действия механизмов и машин, тем выше прочность и коррозионная стойкость деталей машин. Шероховатость поверхностей деталей машин влияет на выбор посадок сопряженных деталей, на герметичность их соединений и внешний вид.

Вместе с тем необходимо иметь в виду, что стоимость обработки деталей растет с повышением точности их изготовления, поэтому в каждом конкретном случае шероховатость поверхностей деталей машин должна быть выбрана в соответствии с назначением этих деталей.

В соответствии с ГОСТ 2789–73 для оценки шероховатости поверхности рекомендуется шесть параметров шероховатости, основными из них являются  $Ra$ ,  $Rz$ .

*Параметр  $Ra$*  есть среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины:

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx,$$

где  $l$  – базовая длина;  $y$  – отклонение профиля.

*Параметр  $Rz$*  есть сумма средних арифметических абсолютных отклонений точек пяти наибольших минимумов и пяти наибольших максимумов профиля в пределах базовой длины:

$$Rz = \frac{1}{5} \left( \sum_{i=1}^5 [H_{i \max}] + \sum_{i=1}^5 [H_{i \min}] \right),$$

где  $H_{i \max}$  – отклонения пяти наибольших максимумов профиля;  $H_{i \min}$  – отклонения пяти наибольших минимумов профиля.

Нормирование по классам шероховатости по ГОСТ 2789–59 и нормирование шероховатости поверхностей с помощью параметров  $Ra$  и  $Rz$  по ГОСТ 2789–73 может осуществляться по [табл. П.2.1](#).

Предусматривается различное обозначение шероховатости поверхности. Знак  $\checkmark$  применяется в случаях, когда вид обработки шероховатости поверхности не оговорен. Если при изготовлении детали не допускается удаление поверхностного слоя материала, то в обозначении шероховатости следу-

ет применять знак  $\nabla$ . Если необходимо удалить поверхностный слой материала, то для обозначения шероховатости применяют знак  $\nabla$ .

Значение шероховатости указывают для параметров  $Ra$  без символа, например 0,5; для параметра  $Rz$  – после символа, например  $Rz20$ .



Рис. П.2.1. Графическое представление шероховатости обрабатываемой поверхности

Таблица П.2.1

Нормирование шероховатости

Базовая длина $l$ , мм	ГОСТ 2789–59	ГОСТ 2789–73	
	Обозначение классов	Среднее арифметическое отклонение профиля $Ra$ , мкм	Высота неровностей профиля по десяти точкам $Rz$ , мкм
8	$\nabla 1$	80–40	320–160
	$\nabla 2$	40–20	160–80
	$\nabla 3$	20–10	80–40
	$\nabla 4$	10–5	40–20
2,5	$\nabla 5$	5–2,5	20–10
	$\nabla 6$	2,5–1,25	10–6,3
0,8	$\nabla 7$	1,25–0,63	6,3–3,2
	$\nabla 8$	0,63–0,32	3,2–1,6
	$\nabla 9$	0,32–0,16	1,6–0,8
0,25	$\nabla 10$	0,16–0,08	0,8–0,4
	$\nabla 11$	0,08–0,04	0,4–0,2
	$\nabla 12$	0,04–0,02	0,2–0,1
0,08	$\nabla 13$	0,02–0,01	0,1–0,05
	$\nabla 14$	0,01–0,008	0,05–0,0025

Таблица П.2.2

**Шероховатость поверхностей при различных видах обработки деталей резанием**

Вид обработки		Значение параметра $Ra$ , мкм	Квалитеты		
			экономические	достижимые	
Отрезка	Приводной пилой	25–50	15–17	–	
	Резцом	25–100	14–17	–	
	Фрезой	25–50	14–17	–	
Строгание, долбление	Черновое	12,5–25	12–14	–	
	Чистовое	3,2–12,5	11–13	–	
	Тонкое	0,8–1,6	8–10	7	
Фрезерование	Цилиндрическое	Черновое	2,5–50	12–14	–
		Чистовое	3,2–6,3	10; 11	–
		Тонкое	1,6	8; 9	6; 7
	Торцевое	Черновое	6,3–12,5	12–14	–
		Чистовое	3,2–6,3	11	10
		Тонкое	0,8–1,6	8; 9	6; 7
	Скоростное	Черновое	3,2	12–14	11
		Чистовое	0,8–1,6	11–13	8; 9
	Обтачивание	Продольной подачей	Обдирочное	25–10	15–17
Получистовое			6,3–12,5	12–14	–
Чистовое			1,6–3,2	7–9	8
Тонкое			0,4–0,8	6	5
Поперечной подачей		Обдирочное	25–100	16; 17	–
		Получистовое	6,3–12,5	14; 15	–
		Чистовое	3,2	11–13	8; 9
		Тонкое	0,8–1,6	8–11	7
Рассверливание	Черновое	50–100	15–17	–	
	Получистовое	12,5–25	12–14	–	
	Чистовое	1,6–3,2	8; 9	7	
	Тонкое	0,4–0,8	7	6	
Сверление	До 15 мм	6,3–12,5	12–14	10; 11	
	Свыше 15 мм	12,5–25	12–14	10; 11	
Рассверливание	–	12,5–25	12–14	10; 11	
Зенкование	Плоское	6,3–12,5	–	–	
	Угловое	3,2–6,3	–	–	
Развертывание	Получистовое	6,2–12,5	9; 10	8	
	Чистовое	1,6–3,2	7; 8	–	
	Тонкое	0,4–0,8	7	6	

Знак  $\sqrt{\quad}$ , взятый в скобки, означает, что все остальные поверхности детали, кроме обозначенных на чертеже знаками шероховатости, имеют шероховатость, указанную перед скобкой.

Если шероховатость поверхности деталей на различных участках должна быть различной, то между этими участками проводится граница сплошной тонкой линией с нанесением соответствующего размера и указанием знака шероховатости ([рис. П.2.1](#)).

В [табл. П.2.2](#) приводится шероховатость поверхностей при различных видах обработки деталей резанием.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузьмин, Б. А. Технология металлов и конструкционные материалы / Б. А. Кузьмин. – М. : Машиностроение, 1989. – 263 с.
2. Дальский, А. М. Технология конструкционных материалов / А. М. Дальский. – М. : Машиностроение, 1977.
3. Титов, Н. Д. Технология литейного производства / Н. Д. Титов. – М. : Машиностроение, 1985.
4. Технология конструкционных материалов и материаловедение : метод. указания и контрольные задания для студентов-заочников машиностроительных специальностей вузов / сост. Л. Н. Бухаркин. – 4-е изд. – М., 1988. – 72 с.
5. Хвалов, А. Н. Неравномерность при деформации и усилие при прессовании : метод. указания / А. Н. Хвалов. – Красноярск, 1986.
6. Семенов, Е. И. Ковка и штамповка : справ. / Е. И. Семенов. – М. : Машиностроение, 1985.
7. Арзамасов, Б. Н. Конструкционные материалы : справ. / Б. Н. Арзамасов. – М. : Машиностроение, 1990.
8. Полухин, П. И. Технология металлов и сварка / П. И. Полухин. – М. : Высш. шк., 1977.
9. ГОСТ 9466–75. Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация, размеры и общие технические требования.
10. ГОСТ 9467–75. Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей. Типы.
11. ГОСТ 3.1125–88. Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок.
12. ГОСТ 3212–92. Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров.
13. Ручная электродуговая сварка : метод. указания / сост. Г. С. Примачев. – Красноярск, 1988.
14. Малов, М. Н. Справочник металлиста / М. Н. Малов. – М. : Машиностроение, 1977.
15. Фетисов, Г. П. материаловедение и технология металлов / Г. П. Фетисов. – М. : Высш. шк., 2000. – 638 с.
16. Арзамасов, Б. Н. материаловедение / Б. Н. Арзамасов. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 648 с.
17. материаловедение. Железоуглеродистые сплавы : практикум / В. С. Биронт, А. А. Ковалева, Т. А. Орелкина, Л. С. Цурган. – Красноярск, 2002. – 128 с.
18. Черепяхин, А. А. Технология обработки материалов : учеб. / А. А. Черепяхин. – М. : Издательский центр «Академия», 2004. – 272 с.
19. Технология конструкционных материалов и материаловедение: метод. указания и контрольные задания для студентов-заочников машиностроительных специальностей / ред. Л. Н. Бухаркин. – 4-е изд. – М. : Высш. шк., 1988. – 72 с.
20. Стеклов, О. И. Основы сварочного производства / О. И. Стеклов. – М. : Высш. шк., 1986.