

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра металлорежущих станков и инструментов

Составители  
Вячеслав Владиславович Драчев  
Константин Петрович Петренко

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

### **ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Методические материалы для обучающихся  
технических направлений заочной формы обучения**

Рекомендованы учебно-методической комиссией направления  
15.03.01 Машиностроение в качестве электронного издания  
для использования в учебном процессе

Кемерово 2025

Рецензенты:

Коротков А. Н. – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой металлорежущих станков и инструментов

Абабков Н. В. – кандидат технических наук, доцент, зав кафедрой технологии машиностроения

Драчев Вячеслав Владиславович

Петренко Константин Петрович

**Технологические процессы в машиностроении. Технология конструкционных материалов** : методические материалы для обучающихся технических направлений подготовки заочной формы обучения / Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева ; кафедра металлорежущих станков и инструментов ; составители В. В. Драчев, К. П. Петренко. – Кемерово : КузГТУ, 2025. – 1 файл (3326 Кб). – Текст : электронный.

Представлены цели и задачи дисциплин «Технологические процессы в машиностроении», «Технология конструкционных материалов», программа по данным дисциплинам с перечнем литературы по каждому разделу. Даны подробные методические рекомендации со схемами и рисунками и 50 вариантов для выполнения индивидуального задания по основным разделам указанных дисциплин.

© Кузбасский государственный  
технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева, 2025  
© Драчев В. В., Петренко К. П.,  
составление, 2025

## **1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

Цель дисциплины – приобретение и знаний о способах получения машиностроительных материалов и методах их переработки с целью придания им свойств и конфигураций, необходимых в машиностроительном производстве.

Задачи дисциплины:

- изучение физической сущности и механических основ технологических методов получения заготовок литьем, обработкой давлением, сваркой, их механической обработки резанием и другими методами;
- изучение технологических возможностей методов, их назначения, достоинств и недостатков, областей применения;
- изучение принципиальных схем средств технологического оснащения (оборудования, приспособлений, инструментов, средств механизации и автоматизации);
- ознакомление с технологичностью конструкций изделий на разных этапах их формообразования.

Изучение дисциплины базируется на знании основ физики, машиностроительного черчения, материаловедения.

## **2. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **2.1. Введение**

Определение технологических процессов в машиностроении, технологии конструкционных материалов (ТКМ) как научных дисциплин. Цель, задачи и содержание курса, его значение в технологической подготовке инженеров. Структура металлургического и машиностроительного производств. Роль отечественных ученых в развитии науки о технологических методах получения заготовок и их обработки.

### **2.2. Основные свойства конструкционных материалов**

Классификация конструкционных материалов. Физические, химические, технологические и эксплуатационные свойства материалов. Маркировка сталей, чугунов и сплавов цветных металлов. Неметаллические материалы: классификация, свойства, применение. Стандартизация конструкционных материалов.

### 2.3. Основы металлургического производства

Современное металлургическое производство и его продукция. Материалы для производства металлов и сплавов. Производство чугуна. Материалы, применяемые в доменном производстве, и их подготовка к плавке. Устройство и работа доменной печи. Физико-химические процессы получения чугуна. Продукция доменного производства.

Прямое восстановление железа из руд.

Производство стали. Основные физико-химические процессы получения стали. Производство стали в мартеновских печах, кислородных конвертерах и электропечах. Техничко-экономические характеристики производства стали в различных агрегатах. Разливка стали. Способы разливки стали в изложницы, непрерывная разливка стали. Кристаллизация и строение стальных слитков.

Способы повышения качества стали.

Производство цветных металлов. Производство меди, алюминия, магния, титана.

Порошковая металлургия. Виды, свойства и методы получения порошков. Технология порошковой металлургии.

Экологические аспекты производства конструкционных материалов.

### 2.4. Технология литейного производства

Современное состояние и продукция литейного производства. Классификация способов изготовления отливок. Свойства литейных сплавов. Стандартизация в области литейного производства.

Структура современного технологического процесса литейного производства.

Современные способы плавки и их применение.

Изготовление отливок в песчаных формах. Модельный комплект. Разработка чертежа отливки. Виды и назначение литниковых систем. Формовочные и стержневые смеси. Виды песчаных форм: сырые, сухие, подсушенные, химически твердеющие, самотвердеющие. Ручная формовка. Уплотнение форм на машинах: верхнее и нижнее прессование, прессование профильной и многоплунжерной головкой, резиновой мембраной, встряхивание,

пескочетный способ. Способы извлечения моделей из форм. Другие способы изготовления форм: в трех опоках, по шаблону, в кассонах, в стержнях, без опок, пленочно-вакуумным способом.

Технология изготовления стержней. Виды стержней, основные элементы стержня. Изготовление стержней вручную, на машинах, из смесей с особыми свойствами.

Сборка форм и их заливка. Охлаждение, выбивка, обрубка и очистка отливок. Основные дефекты и контроль качества отливок.

Совершенствование технологии литья в песчаные формы.

Специальные виды литья: достоинства и область применения.

Литье в оболочковые формы. Структура технологического процесса, свойства смесей, средства технологического оснащения. Техничко-экономические характеристики способа.

Литье по выплавляемым моделям. Основные материалы и этапы технологии: изготовление моделей, сборка моделей, в блоки. Выплавление моделей, прокаливание и заливка форм. Преимущества и область применения процесса.

Литье в металлические формы (кокили). Виды и стойкость кокилей. Подготовка кокиля к работе, заливка, охлаждение и выбивка отливок. Преимущества и недостатки литья в кокиль.

Литье под давлением. Схемы машин с холодной и горячей камерами прессования. Применяемые сплавы и виды получаемых отливок.

Центробежное литье. Схемы машин с вертикальной, горизонтальной и наклонной осями вращения. Область применения процесса.

Перспективы совершенствования специальных видов литья.

Особенности изготовления отливок из чугунов, сталей и сплавов цветных металлов. Способы плавки и литья. Области применения отливок.

Технологичность конструкций отливок. Конструирование отливок с позиций простоты геометрии, заливки расплава, условий затвердевания и уменьшения напряжений, изготовления литейных форм (выбора поверхности разъема, назначения припусков, допусков и технологических припусков, крепления стержней, удобства извлечения моделей), уменьшения расхода металла

и упрощения последующей механической обработки.

Автоматизация производства отливок. Направления совершенствования технологии литейного производства.

Техника безопасности и охрана окружающей среды в литейном производстве.

## 2.5. Технология обработки металлов давлением

Классификация видов обработки давлением. Пластичность конструкционных материалов. Влияние химического состава, температуры, скорости деформации и схемы напряженного состояния на пластичность металлов и их сопротивление деформированию. Роль сил трения в процессах обработки металлов давлением.

Нагрев заготовок перед обработкой давлением. Способы нагрева и типы нагревательных устройств. Пути уменьшения окалины при нагреве заготовок.

Технология прокатного производства. Основные виды прокатки. Условие захвата металла валками. Профили и сортамент прокатных изделий. Продукция прокатного производства. Экономичные профили проката: гнутые, периодические, фасонные и др. Структура технологического процесса прокатного производства. Средства технологического оснащения прокатного производства. Классификация валков и прокатных станов. Производство сортового проката. Производство горяче- и холоднокатаного листового проката. Схемы производства трубного проката.

Производство заготовок на деталяпрокатных станах. Технико-экономические характеристики основных видов проката.

Прессование: сущность процесса, исходные материалы, основные схемы, виды получаемых изделий. Прямое и обратное прессование. Основные параметры прессования (давление, показатели деформации, скорость) для различных схем и материалов.

Волочение: сущность процесса, схема напряженного состояния, основные виды получаемых заготовок, материалы исходных заготовок. Основные операции волочения. Средства технологического оснащения волочильного производства. Схемы волочения труб.

Технологияковки: сущность процесса, исходные заготовки, основные операции. Средства технологического оснащения ков-

ки. Технологичность конструкции и типовая технология изготовления поковки ступенчатого вала и кольца.

Технология горячей объемной штамповки: сущность процесса, исходные заготовки, виды процессов.

Штамповка в открытых и закрытых штампах.

Прогрессивные малоотходные процессы объемной штамповки: выдавливанием, в разъемных матрицах, вальцовкой, радиальным обжатием.

Структура технологического процесса горячей объемной штамповки. Разделка исходного проката. Фасонирование заготовок. Многоручьевая штамповка на молотах. Штамповка на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП). Штамповка на горизонтально-ковочных машинах (ГКМ). Заключительные операции штамповки: обрезание заусенцев, пробивка перемычки, очистка от окалины, правка и калибровка поковок. Технологичность конструкций штампованных поковок. Правила разработки чертежа поковки. Типовые технологические процессы штамповки рычага и зубчатого колеса.

Автоматизация кузнечно-прессового производства. Перспективы развития методов горячей объемной штамповки.

Технология холодной объемной штамповки. Требования, предъявляемые к материалам, область применения процесса. Сущность и схемы процесса. Исходные заготовки, подготовка поверхностей, основные операции. Типовая технология холодной объемной штамповки болта (гайки).

Технология листовой штамповки. Достоинства и область применения процесса. Разделительные операции: основные схемы, расчет исходной заготовки, расчет усилий, средства технологического оснащения. Раскрой материала: задачи и правила раскроя, виды раскроя, назначение перемычек, расчет коэффициента использования металла, технологичность листоштампованных изделий. Типовой технологический процесс листовой штамповки. Автоматизация листовой штамповки.

Штамповка листовых изделий в мелкосерийном и опытном производствах: резиной, полиуретаном, жидкостью, электроимпульсная (магнитно-импульсная, магнитно-эластоимпульсная) штамповка, давилые работы.

## 2.6. Технология сварочного производства

Общая характеристика сварочного производства. Определение сварки. Краткие сведения из истории развития сварки. Современное состояние и перспективы развития сварочного производства.

Классификация методов сварки. Свариваемость материалов. Виды сварных соединений и швов, виды швов по положению в пространстве, непрерывности, направлению действующих на них сил. Строение сварного шва.

Термический класс сварки. Дуговая сварка. Свойства электрической дуги. Статическая характеристика дуги. Источники сварочного тока, условие саморегулирования дуги. Источники постоянного и переменного тока: основные схемы, область применения.

Ручная дуговая сварка. Схема процесса. Виды и обозначения электродов. Основные металлургические процессы в сварочной ванне, защита, раскисление, легирование металла сварочной ванны. Расчет режимов ручной дуговой сварки.

Автоматическая сварка под флюсом. Сущность процесса, достоинства и область применения. Назначение и состав флюсов, регулирование режима горения дуги. Способы удержания сварочной ванны. Средства технологического оснащения. Особенности полуавтоматической сварки под флюсом. Расчет автоматической сварки под флюсом.

Сварка в атмосфере защитных газов. Схемы процесса: плавящимся и неплавящимся электродом, ручная, полуавтоматическая и автоматическая сварка. Особенности сварки в углекислом газе и среде аргона. Достоинства и область применения метода.

Электрошлаковая сварка. Сущность, виды электродов, область применения процесса.

Плазменно-лучевая сварка. Сущность и схема процесса. Типы плазменной струи. Особенности сварки.

Электронно-лучевая сварка. Сущность и схема процесса. Технологические особенности и область применения.

Световая сварка (лазером). Сущность и схема процесса.

Другие способы сварки термического класса (газовая, термитная и др.).

Термомеханический класс сварки. Электрическая контакт-



ная сварка. Сущность процесса, классификация способов, достоинства и область применения. Стыковая сварка сопротивлением и оплавлением: схемы, циклограммы, режимы сварки. Точечная сварка: схемы, циклограммы, область применения. Особенности шовной и рельефной сварки. Технология контактной сварки: подготовка заготовок, сборка, назначение режимов.

Другие виды термомеханического класса сварки (диффузионная, в вакууме и др.).

Механический класс сварки: ультразвуковая, взрывом, трением, холодная. Сущность и схемы процессов.

Сопоставление способов сварки по мощности источников, плотности энергии, проплавляющей способности, свариваемым материалам, областям применения.

Нанесение износостойких и жаростойких покрытий. Назначение процесса для новых и изношенных деталей машин. Классификация и технико-экономические показатели методов нанесения покрытий. Сущность процессов наплавки (дуговой, токами высокой частоты, плазмой, лазером и др.). Получение покрытий методом осаждения. Газотермическое напыление: свойства покрытий, аппаратура, технологический процесс нанесения покрытий.

Особенности сварки различных металлов и сплавов. Свариваемость сталей, цветных и тугоплавких металлов и сплавов. Структура и свойства сварного соединения. Напряженно-деформированное состояние сварного соединения и образование трещин.

Сварка конструкционных углеродистых и легированных сталей. Рекомендуемые способы и режимы сварки. Методы борьбы с образованием холодных и горячих трещин.

Сварка меди и ее сплавов. Сопутствующие процессы: окисление, образование трещин и газовой пористости. Способы и режимы сварки.

Сварка алюминия и его сплавов. Сопутствующие процессы: интенсивное окисление, укрупнение зерна, образование газовых пор и горячих трещин. Рекомендуемые способы и режимы сварки.

Сварка тугоплавких металлов и сплавов. Активное взаимодействие с газами в нагретом состоянии. Рекомендуемые способы

и режимы сварки.

Методы контроля сварных соединений.

Технологичность сварных изделий. Оценка свариваемости материалов. Рациональное конструирование сварных соединений с учетом способа сварки. Унификация и стандартизация сварных соединений в пределах одного изделия. Обеспечение жесткости и прочности сварного соединения.

Технологический процесс сварки в условиях автоматизированного производства.

Техника безопасности и экологические проблемы сварного производства.

## 2.7. Пути совершенствования заготовительного производства

Целесообразность и рациональность использования принципов интеграции при конструировании заготовок. Совмещенная и комбинированная технология получения заготовок. Пути снижения припусков, допусков и технологических припусков, приближение формы и размеров заготовки к форме и размерам готовой детали. Рациональное использование технологических свойств материала заготовки. Унификация и стандартизация конструкторских и технологических решений. Автоматизация процессов конструирования и производства заготовок.

## 3. УКАЗАНИЯ ПО ВЫБОРУ ВАРИАНТА И ОФОРМЛЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Каждое индивидуальное задание состоит из 50 вариантов. Номер варианта определяется по двум последним цифрам зачетной книжки. Например, при номере зачетной книжки 304217 студент выполняет 17 вариант. В случае если две последние цифры превышают 50, для определения номера варианта от двух последних цифр отнимается число 50. Например, при номере зачетной книжки 303084 студент выполняет  $84 - 50 = 34$  вариант. Если две последние цифры два нуля 00, студент выполняет 50 вариант.

Индивидуальное задание выполняется в отдельной тетради. Титульный лист оформляют в соответствии с прилагаемым образцом:

Индивидуальное задание  
по технологическим процессам машиностроительного про-  
изводства (технологии конструкционных материалов)

Выполнил(а) студент(ка) \_\_\_\_\_

шифр \_\_\_\_\_

Адрес: \_\_\_\_\_, г. \_\_\_\_\_

ул. \_\_\_\_\_ дом \_\_, кв. \_\_\_\_

/индекс/

Индивидуальное задание должно быть зарегистрировано в дирекции ИИТМиА с проставлением регистрационного номера и печати на титульном листе.

Вначале следует поместить эскиз и текст задания. Ответы на поставленные в задании вопросы должны быть краткими, точными и не повторять текст учебника или учебных пособий. Изложение ответов в виде текста, формулы расчетов, графиков, схем и таблиц следует выполнить в соответствии с ГОСТ 2.105–95 «Общие требования к текстовым документам».

В конце выполненного индивидуального задания необходимо привести список используемой литературы, дату выполнения, шифр и подпись.

На страницах оставляют поля для замечаний рецензента. После рецензирования работы изучают замечания рецензента и приводят ответ в конце тетради. Исправления в тексте по замечаниям не допускаются. Если работа не зачтена, то после ответа на замечания она посылается на повторное рецензирование. Выполнять задания рекомендуется после изучения теории соответствующего раздела по литературе.

#### **4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАДАНИЯ**

Каждый вариант индивидуального задания состоит из трех вопросов. Первый вопрос относится к области *технологии изготовления отливок в разовой песчано-глинистой форме*. Второй вопрос относится к области *технологии изготовления заготовок методом горячей объемной штамповки (ГОШ) или листовой штамповки*. Третий вопрос посвящен *технологии изготовления сварной конструкции*.

#### **4.1. Методические указания по выполнению первого вопроса**

Основой для разработки технологического процесса изготовления отливки является эскиз детали. На эскизе детали в соответствии с ГОСТ 3.1125–88 наносят технологические указания, необходимые для изготовления модельного комплекта, формы и стержня, и получают эскиз отливки с модельно-литейными указаниями.

При разработке чертежа отливки и элементов литейной формы определяют:

- положение отливки в форме при заливке;
- поверхность разъема модели и формы;
- припуски на механическую обработку и допуски на размеры отливки;
- технологические припуски (формовочные уклоны, радиусы закруглений);
- конструкцию и размеры стержневых знаков;
- место подвода металла и конструкцию литниковой системы.

##### **Выбор положения отливки в форме**

Положение отливки при заливке определяют исходя из следующего:

- наиболее ответственные части отливок следует располагать внизу, так как в этих местах металл получается наиболее плотный;
- обрабатываемые части отливки при заливке и затвердевании металла должны быть расположены внизу, вертикально или наклонно. Вверху концентрируются шлаковые, песочные, газовые раковины, пористость и другие дефекты;
- отливка должна быть расположена в форме так, чтобы обеспечивалось ее направленное затвердевание и питание. При этом кристаллизация металла происходит снизу вверх от тонких сечений к более толстым;
- отливки в форме тел вращения, у которых обрабатываются и наружные, и внутренние поверхности (шпиндели, шкивы, барабаны), желательно заливать в вертикальном поло-

жении. При этом посторонние включения поднимаются вверх и могут быть легко удалены.

### **Выбор поверхности разъема**

При выборе поверхности разъема руководствуются следующими правилами:

- по возможности форма и модель должны иметь только одну (желательно плоскую) поверхность разъема. В противном случае значительно повышается трудоемкость изготовления формы;
- обрабатываемые поверхности и части ответственного назначения должны располагаться внизу для получения качественной поверхности;
- по возможности отливку следует располагать в одной (желательно нижней) полуформе для повышения размерной точности и предотвращения возможности возникновения брака по перекосам и смещениям;
- использовать минимально допустимое число стержней или не применять их для повышения точности отливки и снижения трудоемкости изготовления;
- по возможности располагать стержни в нижней полуформе для снижения вероятности брака и повышения размерной точности отливки;
- поверхность разъема должна обеспечивать свободное извлечение модели из формы. Применение отъемных частей, подрезки и других приемов усложняет процесс формовки.

Одновременное выполнение указанных условий часто является невозможным. В этих случаях выполняют основные условия, обеспечивающие получение отливки заданного качества, и подчиняют им все остальные.

### **Определение припусков, допусков, технологических припусков**

Припуск – слой металла (на сторону), удаляемый в процессе механической обработки отливки для обеспечения требуемой точности размеров и качества поверхности. Припуски назначают

на обрабатываемые поверхности отливки. Величина припуска зависит от размеров детали, качества поверхности, материала отливки. Припуски и допуски определяются по ГОСТ 26645–85.

При расчете размеров отливки рекомендуется все размеры, допуски и припуски заносить в таблицу (табл. 1). При простановке размеров отливки общий допуск обычно принимается симметричным (верхнее предельное отклонение равняется нижнему предельному отклонению).

Таблица 1

Расчет размеров отливки

Номинальный размер детали	Допуски			Общий припуск на обра- ботку	Размер отливки
	размера	формы и рас- положения	общий		

Технологические припуски упрощают и облегчают изготовление отливки. К ним относят:

- формовочные уклоны;
- радиусы закруглений наружных и внутренних углов отливки.

Формовочные уклоны предназначены для облегчения извлечения модели из формы. Их назначают на поверхности, перпендикулярные поверхности разъема, не имеющие конструктивных уклонов. Величина уклонов регламентирована ГОСТ 3212–92 и зависит от высоты поверхности, на которую назначается уклон и материала модели.

Радиусы закруглений обеспечивают спокойное заполнение формы расплавом, исключают осыпание формовочной смеси при извлечении модели из формы, снижают напряжения в местах переходов от одних сечений к другим. В то же время излишне большие радиусы способствуют появлению усадочной пористости и рыхлости.

Отверстия диаметром менее 30 мм в отливках, как правило, не выполняются, так как стержень такого диаметра обладает низкой прочностью и может разрушиться струей расплавленного ме-

талла при заливке. Такие отверстия получают механической обработкой.

На рис. 1 в качестве примера приведены эскизы стальной (а) и чугуновой (б) деталей. Следует обратить внимание на поверхности деталей, подвергающиеся механической обработке. Условно они обозначены знаком  $\sqrt{Ra}$ . Остальные поверхности механической обработке не подлежат, на что указывает знак  $\checkmark$  ( $\checkmark$ ) в правом верхнем углу эскиза.

При разработке эскиза отливки с литейно-модельными указаниями на эскиз детали условно наносят (рис. 1, в):

- плоскость разъема модели и формы (1), обозначают отрезком штрихпунктирной линии, заканчивающейся знаком  $\times$  —  $\times$ , над которой указывается буквенное обозначение разъема — МФ, и двумя стрелками с буквами В (верх) и Н (низ);
- припуски на механическую обработку (2), обозначают тонкими линиями у поверхностей, где указан знак обработки  $\sqrt{Ra}$ ; отверстия, не получаемые при литье, зачеркивают тонкими линиями (5);
- контуры стержня со стержневыми знаками (3), обозначают тонкими линиями и штриховкой у контура;
- формовочные уклоны (4) на вертикальных стенках, обозначают тонкими линиями.

Помимо этих обозначений указывают процент усадки сплава, из которого изготавливают отливку. Кроме того, на технологический эскиз отливки наносят литниковую систему, прибыли, выпоры, которые на рассматриваемом эскизе для простоты не указаны.

На рис. 1, г дан эскиз чугуновой отливки с литейно-модельными указаниями. Для этой отливки используется горизонтальный стержень. Необходимо обратить внимание на различие в конструкции стержневых знаков (конусные знаки у вертикального стержня, рис. 1, в, и цилиндрические — у горизонтального).

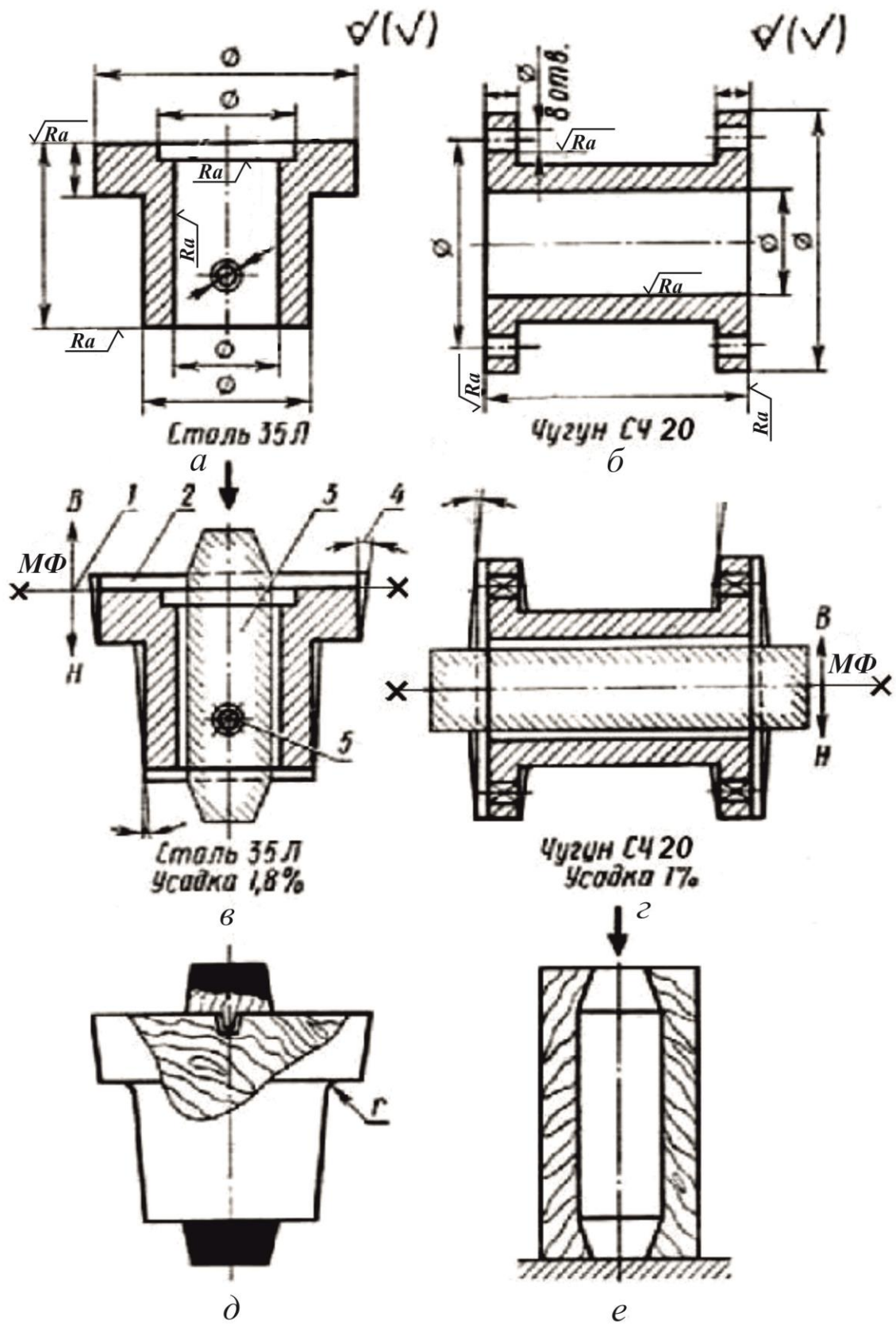


Рис. 1. Примеры выполнения чертежей



Конструкция и размеры стержневых знаков регламентируются ГОСТ 3212–92.

На рис. 1, *д* приведен эскиз деревянной модели для ручной формовки. Модель имеет стержневые знаки (они закрашены черным цветом), причем верхний знак – отъемный, формовочные уклоны и радиусы закруглений в местах перехода стенок ( $r$ ). Размеры модели выполняют с учетом припусков на механическую обработку и усадки сплава.

Деревянный разъемный ящик для ручной набивки стержня (направление набивки указано стрелкой) показан на рис. 1, *е*.

Эскизы собранных форм для чугуновой и стальной отливок изображены на рис. 2. Следует обратить внимание на различие литниковых систем: в форме для чугунового литья (рис. 2, *а*) имеются шлакоуловитель и выпоры; в форме для стального литья (рис. 2, *б*) шлакоуловитель отсутствует, а для компенсации большой усадки стали и предупреждения усадочных раковин предусмотрены прибыли.

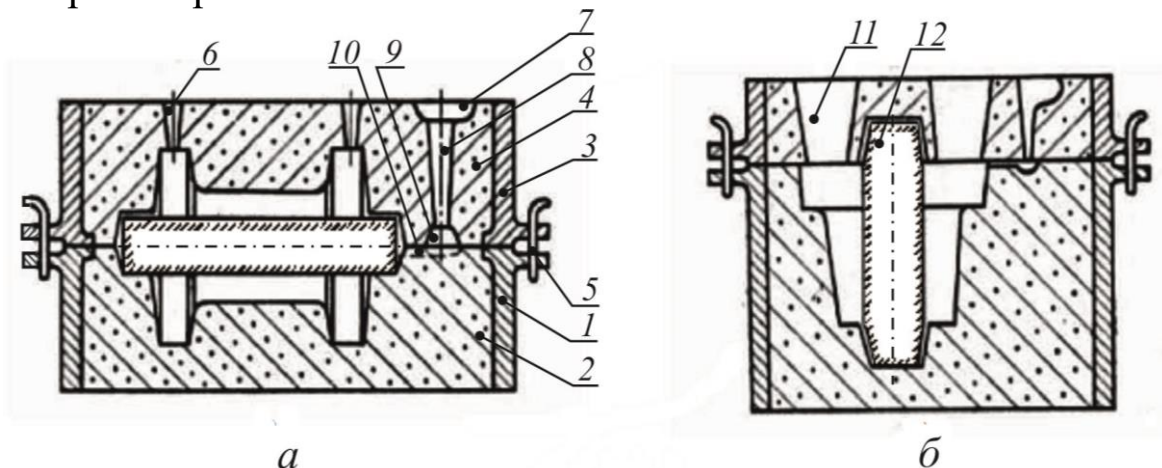


Рис. 2. Литейные формы в сборе: 1 – нижняя опока; 2 – нижняя полуформа; 3 – верхняя опока; 4 – верхняя полуформа; 5 – центрирующие штыри; 6 – выпор; 7 – литниковая чаша; 8 – стояк; 9 – шлакоуловитель; 10 – питатель; 11 – прибыль; 12 – стержень

Для создания условий направленного затвердевания в форме стальной отливки часто применяют холодильники (металлические вставки). Необходимо обратить внимание на графическое изображение каждого элемента формы. Эскизы готовых отливок

с литниковой системой приведены на рис. 3: на рис. 3, *а* – отливки из чугуна, на рис. 3, *б* – из стали.

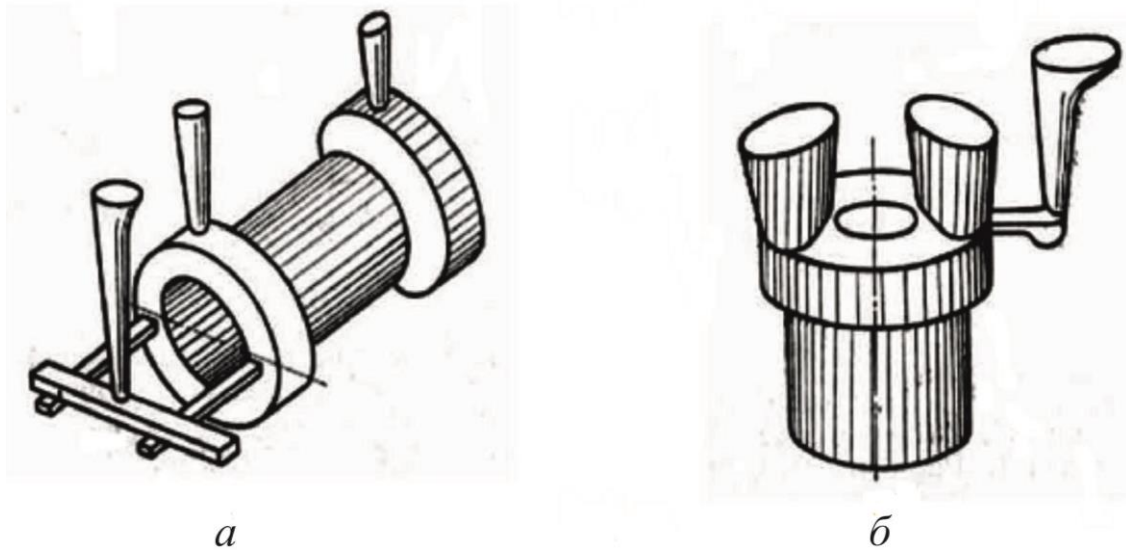


Рис. 3. Эскизы готовых отливок

Подробно методика проектирования отливки и технология изготовления формы приведены в методических указаниях «Технология ручной формовки» [11].

#### 4.2. Методические указания по выполнению второго вопроса

Проектирование поковки методом ГОШ осуществляется в несколько этапов:

- выбор положения поковки в штампе;
- выбор поверхности разъема штампа;
- определение припусков, допусков, технологических припусков;
- выполнение чертежа поковки;
- расчет размеров исходной заготовки.

##### Выбор положения поковки в штампе

При выборе положения поковки в штампе руководствуются следующими соображениями:

- удлиненные поковки типа валов штампуются поперек оси. Технологические припуски от штамповочных уклонов в этом случае будут только у торцов;

- поковки типа тел вращения с центральным отверстием по возможности следует штамповать вдоль оси, так как в этом случае удастся сделать наметку отверстия, что дает значительную экономию металла и упрощает последующую механическую обработку;
- для поволоков типа шестерен предпочтительнее торцовая штамповка. В этом случае макроструктура поковки получится одинаковой у всех зубьев шестерни и обеспечит их высокую прочность.

### **Выбор поверхности разъема штампа**

Выбор поверхности разъема штампа осуществляется по следующим правилам:

- поверхность разъема должна обеспечивать свободное извлечение поковки из штампа;
- поверхность разъема по возможности должна быть плоской;
- поверхность разъема должна обеспечивать легкий контроль сдвига половинок штампа относительно друг друга;
- поверхность разъема должна располагаться так, чтобы ручки штампа имели наименьшую глубину (в плоскости одного или двух наибольших размеров поковки);
- рекомендуется симметричное расположение поковки относительно поверхности разъема.

### **Назначение припусков, допусков, технологических припусков**

Все указанные величины назначаются по ГОСТ 7505–89.

Припуски назначают на обрабатываемые поверхности детали в зависимости от размеров, качества поверхности и исходного индекса. Допускается округлять линейные размеры поковки с точностью до 0,5 мм.

Допуск на размер поковки назначают в зависимости от величины этого размера и исходного индекса. Допускаемые отклонения внутренних размеров поволоков должны устанавливаться с

обратными знаками.

Расчет размеров поковки удобно представить в виде табл. 2.

Таблица 2

Расчет размеров поковки

Размер детали	Припуск	Размер с припуском	Допуск	Размер поковки

К технологическим припускам при ГОШ относят:

- штамповочные уклоны;
- радиусы закруглений в местах пересечения поверхностей поковки;
- перемычки в отверстиях.

Штамповочные уклоны служат для облегчения извлечения поковки из штампа. Их назначают на поверхности, параллельные направлению движения инструмента. Уклоны на внутренних поверхностях вследствие температурной усадки назначают больше.

Радиусы закруглений служат для плавного заполнения металлом ручья штампа, предотвращения появления складок и ужимин в теле поковки, повышения стойкости и срока службы штампа. Радиусы закруглений бывают наружными и внутренними.

При штамповке поковок на молотах и прессах нельзя получить сквозные отверстия, поэтому выполняют одно- или двустороннюю наметку с перемычкой, которую затем удаляют на обрезном штампе (часто совместно с заусенцем).

### Оформление чертежа поковки

Чертеж поковки оформляют на основании чертежа детали, как правило, в масштабе 1:1. При этом следует руководствоваться ГОСТ 3.1126–88, а также ГОСТ 7505–89. На чертеже поковки допускается наносить контур детали, выполняя его тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками. На чертеже поковки допускается наносить под размерами поковки размеры детали в

круглых скобках.

Поверхность разъема штампа изображается тонкой штрихпунктирной линией, обозначенной на концах знаком  $\times$ --- -- $\times$ .

Для детали втулка (рис. 4, а) показаны примеры оформления эскизов поковок, полученных горячей объемной штамповкой на кривошипном горячештамповочном прессе (рис. 4, б) и на молоте (рис. 4, в).

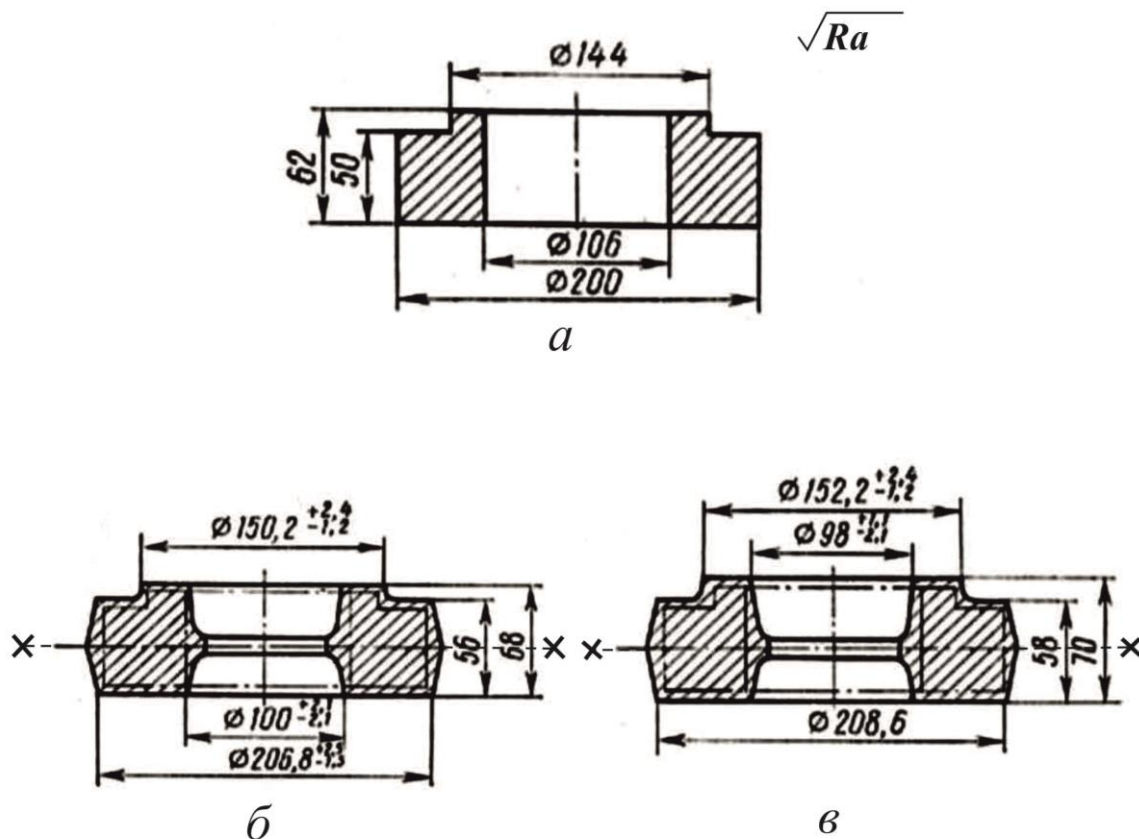


Рис. 4. Деталь и поковки втулки

### Расчет размеров исходной заготовки

Объем исходной заготовки вычисляется по формуле

$$V_{\text{и.заг}} = V_{\text{пок}} + V_{\text{пер}} + V_{\text{з}} + V_{\text{уг}}, \text{ мм}^3, \quad (1)$$

где  $V_{\text{и.заг}}$  – объем исходной заготовки;

$V_{\text{пок}}$  – объем поковки;

$V_{\text{пер}}$  – объем перемычки;

$V_{\text{з}}$  – объем заусенца;

$V_{\text{уг}}$  – объем угара.

Для поковок, штампуемых осадкой в торец (продольная штамповка), диаметр исходной заготовки определяется по формуле:

$$d_{\text{и.заг}} = 3 \sqrt{\frac{4V_{\text{и.заг}}}{2,5\pi}}, \text{ мм.} \quad (2)$$

Для поковок, выполняемых поперечной штамповкой (плашмя), диаметр исходной заготовки определяется по формуле:

$$d_{\text{и.заг}} = \sqrt{\frac{(4,08...5,2)V_{\text{и.заг}}}{\pi \cdot l_{\text{п}}}}, \text{ мм,} \quad (3)$$

где  $l_{\text{п}}$  – длина поковки, мм.

Полученное значение округляют до ближайшего большего по ГОСТ 2590–88 и производят уточнение длины исходной заготовки по формуле

$$l_{\text{и.заг}} = \frac{4V_{\text{и.заг}}}{\pi \cdot d_{\text{с}}^2}, \text{ мм,} \quad (4)$$

где  $d_{\text{с}}$  – диаметр выбранного по ГОСТ 2590–88 сортамента проката, мм.

Подробно проектирование поковки методом ГОШ изложено в методических указаниях «Горячая объемная штамповка» [26].

Проектирование технологии изготовления детали методом листовой штамповки осуществляется в такой последовательности:

- определение состава и последовательности операций листовой штамповки;
- определение размеров исходной заготовки;
- расчёт усилий каждой операции;
- определение способа раскроя листового материала с расчетом коэффициента использования материала.

### **Определение состава и последовательности операций**

По внешнему виду детали определяют вид основной формоизменяющей операции (гибка, вытяжка, вытяжка и обжим, вытяжка и раздача и т. д.). При определении последовательности

операций необходимо учитывать, что сначала исходная заготовка (лист) разрезается на полосы, затем из полос вырубается исходная заготовка, которая, в свою очередь, подвергается одной или несколькими формоизменяющим операциям. После операции вытяжки производится операция обрезки для получения ровного контура детали.

### Определение размеров исходной заготовки

При гибке определение размеров плоской исходной заготовки сводится к определению положения и длины нейтрального слоя, длина которого равна первоначальной длине заготовки.

Длина нейтрального слоя в изогнутом участке определяется по формуле

$$l_n = \frac{\pi \cdot \varphi}{180} \cdot (R + x \cdot S) \text{ , мм,} \quad (5)$$

где  $\varphi$  – угол изгиба, град;

$R$  – внутренний радиус изгиба, мм;

$x$  – коэффициент, определяющий положение нейтрального слоя, выбирается по табл. 3.

$S$  – толщина материала, мм.

Полная длина заготовки определяется по формуле:

$$L = \sum l + \sum l_n \text{ , мм,} \quad (6)$$

где  $\sum l$  – сумма длин прямолинейных участков, мм.

Таблица 3

Значения коэффициентов  $X$  и  $K_2$

$R/S$	0,5	1	1,5	2	3	4	5
$X$	0,38	0,42	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48
$K_2$	0,18	0,15	0,14	0,125	0,10	0,09	0,08

Размеры исходных заготовок для вытяжки круглых деталей простой формы определяют исходя из равенства площадей поверхности заготовки и готовой детали с учетом припуска на об-

резку неровного края детали, получающегося при вытяжке из-за неравномерности толщины, механических свойств материала и ряда других причин. В приведенных вариантах заданий исходная заготовка будет иметь форму круга, диаметр которого рассчитывается по формуле

$$D_3 = 1,13\sqrt{F} = 1,13\sqrt{\sum f}, \text{ мм} \quad (7)$$

где  $F$  – площадь поверхности готовой детали,  $\text{мм}^2$ ;

$\sum f$  – сумма площадей простых геометрических элементов, составляющих поверхность детали,  $\text{мм}^2$ .

Расчеты ведутся по средней линии, принимая расчетный диаметр вытягиваемой детали:

$$d_c = d_b - S, \text{ мм}, \quad (8)$$

$$d_c = d_b + S, \text{ мм}, \quad (9)$$

где  $d_n$  – наружный диаметр детали, мм;

$d_b$  – внутренний диаметр детали, мм;

$S$  – толщина материала, мм.

Расчетный радиус закруглений:

$$r_c = r + 0,5S, \text{ мм} \quad (10)$$

### Расчет усилий операций

Усилие одноугловой гибки с прижимом определяется по формуле:

$$P = 1,25 \cdot B \cdot S \cdot \sigma_b \cdot K_2, \text{ Н}, \quad (11)$$

где  $B$  – ширина полосы (длина линии изгиба), мм;

$S$  – толщина материала, мм;

$\sigma_b$  – предел прочности материала при растяжении, МПа (выбирается по справочнику [18, 20]);

$K_2$  – коэффициент, определяемый по табл. 3.

Вытяжка может осуществляться за одну или несколько операций. Число операций, необходимых для вытяжки, определяется путем последовательного подсчета диаметров детали после каж-



дой операции вытяжки до получения диаметра, равного (или меньшего) данному диаметру детали.

Диаметр детали после первой вытяжки рассчитывается по формуле

$$d_1 = m_1 \cdot D_3, \text{ мм}, \quad (12)$$

где  $m_1$  – допускаемый коэффициент вытяжки на первой операции, определяемый по табл. 4;

$D_3$  – диаметр заготовки, мм.

Таблица 4

Допускаемые коэффициенты вытяжки

Коэф- фициент вытяжки	Значения коэффициентов при относительной толщине заготовки $100 S/D_3$					
	0,1–0,3	0,3–0,6	0,6–1,0	1,0–1,5	1,5–2	Свыше 2
$m_1$	0,58–0,60	0,56–0,58	0,54–0,56	0,52–0,54	0,50–0,52	0,48–0,50
$m_2$	0,81–0,82	0,80–0,81	0,79–0,80	0,78–0,79	0,77–0,78	0,76–0,77
$m_3$	0,82–0,83	0,81–0,82	0,80–0,81	0,79–0,80	0,78–0,79	0,77–0,78
$m_4$	0,84–0,85	0,83–0,84	0,82–0,83	0,81–0,82	0,80–0,81	0,79–0,80
$m_5, m_6$	0,86–0,87	0,85–0,86	0,84–0,85	0,83–0,84	0,82–0,83	0,81–0,82

Диаметр деталей после последующих вытяжек:

$$d_n = m_n d_{n-1}, \text{ мм} \quad (13)$$

где  $n$  – номер операции вытяжки;

$m_n$  – допускаемый коэффициент вытяжки на  $n$ -й операции (табл. 3);

$d_{n-1}$  – диаметр детали, полученный на предыдущей операции вытяжки, мм.

Коэффициент вытяжки на последней операции, как правило, больше предельного допускаемого и должен быть уточнен по формуле

$$m_k = \frac{d}{d_{k-1}}, \quad (14)$$

где  $k$  – номер последней операции вытяжки;

$d$  – диаметр готовой детали, мм;

$d_{k-1}$  – диаметр детали перед последней вытяжкой, мм.

В качестве расчетных диаметров принимают диаметры по средней линии.

Полное усилие прессы на  $n$ -й операции вытяжки определяется по формуле

$$P_n = P_{вн} + Q_n, \text{ Н} \quad (15)$$

где  $P_{вн}$  – усилие  $n$ -й операции вытяжки, Н;

$Q_n$  – усилие прижима  $n$ -й операции вытяжки, Н.

Усилие  $n$ -й операции вытяжки:

$$P_{вн} = \pi \cdot d_n \cdot S \cdot \sigma_b \cdot K_n, \text{ Н} \quad (16)$$

где  $d_n$  – диаметр детали после  $n$ -й вытяжки, мм;

$S$  – толщина материала, мм;

$\sigma_b$  – предел прочности материала при растяжении, МПа;

$K_n$  – коэффициент, зависящий от коэффициента вытяжки и определяемый по табл. 5 ( $K_1$  – для первой вытяжки,  $K_2$  – для второй и последующих).

Таблица 5

Значения коэффициентов  $K_1$  и  $K_2$

$m$	0,5	0,52	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,78	0,80	0,82	0,85	0,88	0,9
$K_1$	1,1	1,00	0,90	0,75	0,60	0,50	0,40	–	–	–	–	–	–
$K_2$	–	–	–	–	–	–	1,00	0,82	0,70	0,57	0,46	0,35	0,27

Усилие прижима  $n$ -й операций вытяжки:

$$Q_n = F_n \cdot q, \text{ Н} \quad (17)$$

где  $F_n$  – площадь заготовки под прижим на  $n$ -й операции вытяжки, мм<sup>2</sup>;

$q$  – удельное усилие прижима, МПа.

Для стали при  $S < 0,5$  мм  $q = 2\text{--}3$  МПа, при  $S > 0,5$  мм  $q = 1,5\text{--}2,5$  МПа.

Площадь заготовки под прижим на первой операции вытяжки:

$$F_1 = \frac{\pi}{4}(D_3^2 - d_1^2), \text{ мм}^2. \quad (18)$$

На последующих:

$$F_n = \frac{\pi}{4}(d_{n-1}^2 - d_n^2), \text{ мм}^2, \quad (19)$$

где  $D_3$  – диаметр заготовки, мм;

$d_1 \dots d_n$  – диаметры деталей после первой и  $n$ -й операции вытяжки, мм.

### **Раскрой листового материала с определением коэффициента использования материала**

В качестве исходного материала используют ленту или лист, которые предварительно раскраивают на полосы. Ширина полосы или ленты определяется в зависимости от способа раскладки деталей на полосе (ленте).

Ширина полосы (ленты) при однорядной раскладке (рис. 5, а):

$$B = D + 2b. \quad (20)$$

При многорядной параллельной раскладке (рис. 5, б):

$$B = nD + (n - 1)a + 2b. \quad (21)$$

При многорядной шахматной раскладке (рис. 5, в):

$$B = D + 2b + 0,866(n - 1)(D + a), \quad (22)$$

где  $D$  – размер детали поперек полосы, мм;

$n$  – число рядов деталей по ширине полосы;

$a$  – величина перемычки между вырубаемыми деталями, мм;

$b$  – величина перемычки между краем листа и деталью, мм.

Минимальные величины перемычек для небольших деталей простой формы приведены в табл. 6.

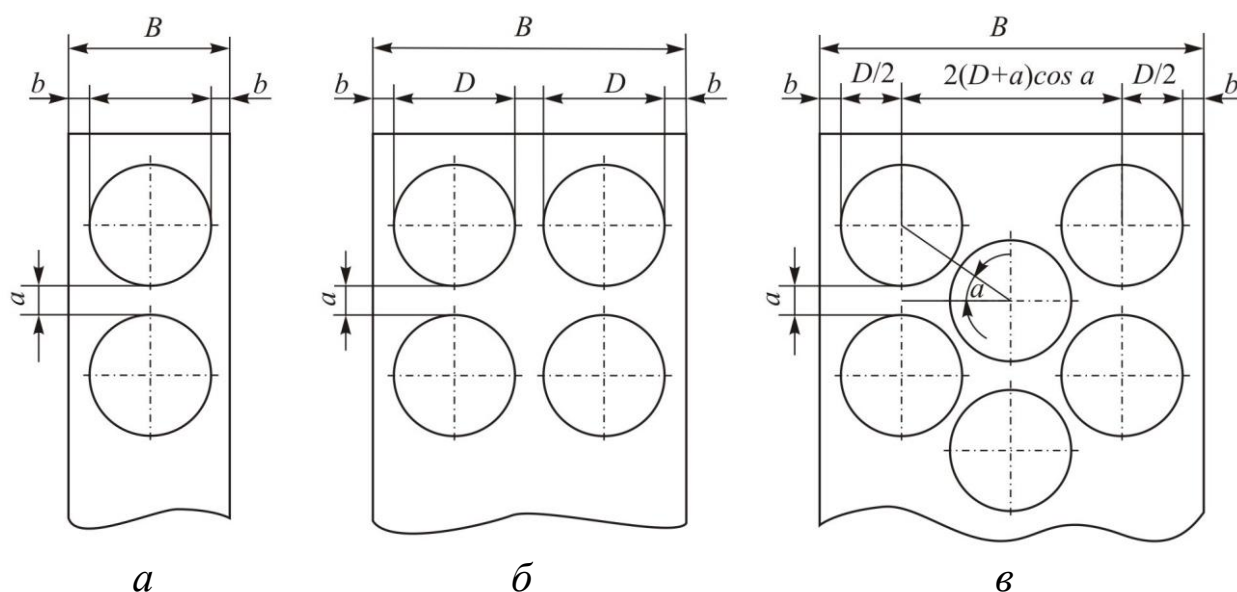


Рис. 5. Схемы расположения деталей на полосе (ленте) при однорядной (а), многорядной параллельной (б), многорядной шахматной (в) раскладке

Таблица 6  
Минимальные величины перемычек

Толщина материала	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>a</i>	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
<i>b</i>	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0

Подробно проектирование технологии изготовления детали методом листовой штамповки изложено в методических указаниях «Технология листовой штамповки» [27].

### 4.3. Методические указания по выполнению третьего вопроса

При выполнении третьего вопроса необходимо выполнить расчет основных технологических параметров ручной дуговой

сварки, автоматической сварки под слоем флюса, дуговой сварки в среде углекислого газа.

К основным технологическим параметрам ручной дуговой сварки относят: диаметр электрода, сварочный ток и напряжение на дуге, скорость и время сварки, расход электродов и электроэнергии.

Последовательность расчета:

1. Используя ГОСТ 5264–80, с учетом типа соединения, выполнить эскиз сечения шва с указанием его размеров.

2. В зависимости от толщины свариваемого металла  $S$ , мм, выбрать диаметр электрода  $d_э$ , мм, по табл. 7.

Таблица 7

Значения диаметра электрода  $d_э$

$S$ , мм	1–2	3–5	6–10	11–24	25–60
$d_э$ , мм	2–3	3–4	4–5	5–6	6–8

3. Определить величину сварочного тока:

$$I_{св} = K \cdot d_э, \text{ А}, \quad (23)$$

где  $K$  – коэффициент, А/мм, определяемый по табл. 8.

Таблица 8

Значения коэффициента  $K$

$d_э$ , мм	1–2	3–4	5–6
$K$ , А/мм	25–30	30–45	45–60

4. Определить скорость сварки:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n I_{св}}{\rho F_{п}}, \text{ м/ч}, \quad (24)$$

где  $\alpha_n$  – коэффициент наплавки, г/А·ч. При ручной дуговой сварке в зависимости от марки электрода  $\alpha_n = 9–11$  г/А·ч;

$\rho$  – плотность наплавленного металла, г/см<sup>3</sup>. Для стали  $\rho = 7,8$  г/см<sup>3</sup>;

$F_{\Pi}$  – площадь поперечного сечения наплавленного металла шва,  $\text{мм}^2$  (рассчитывается как сумма площадей элементарных геометрических фигур, составляющих сечение шва).

*Пример.* Рассчитать площадь поперечного сечения наплавленного металла шва, изображенного на рис. 6 (все размеры – по ГОСТ 5264–80).

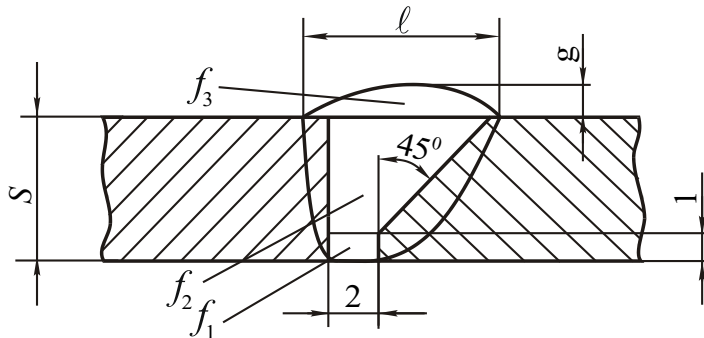


Рис. 6. Схема расчета площади поперечного сечения наплавленного металла шва

$F_{\Pi} = f_1 + f_2 + f_3$ ,  
где  $f_1$  – площадь прямоугольника;  
 $f_2$  – площадь трапеции;  
 $f_3$  – площадь сегмента.

При  $S = 10 \text{ мм}$ ;  
 $l = 16 \text{ мм}$  и  $g = 0,5 \text{ мм}$ ;

тогда  $f_1 = 2 \cdot 1 = 2 \text{ мм}^2$ ;

$$f_2 = \frac{2 + ((10 - 1) \operatorname{tg} 45^\circ + 2)}{2} \cdot (10 - 1) = 58,5 \text{ мм}^2.$$

Площадь сегмента можно приближенно посчитать по формуле

$$f_3 \approx 0,75 l g = 0,75 \cdot 16 \cdot 0,5 = 6 \text{ мм}^2;$$

$$F_{\Pi} = 2 + 58,5 + 6 = 66,5 \text{ мм}^2.$$

5. Рассчитать массу наплавленного металла:

$$G_{\Pi} = F_{\Pi} \cdot L \cdot \rho \cdot 10^{-3}, \text{ г} \quad (25)$$

где  $L$  – общая длина швов, мм (из исходных данных).

6. Определить расход электродов:

$$G_{\text{э}} = K_{\text{р}} \cdot G_{\Pi}, \text{ г} \quad (26)$$

где  $K_{\text{р}}$  – коэффициент расхода электродов, учитывающий потери на угар, разбрызгивание, огарки.  $K_{\text{р}} = 1,35 - 1,45$ .

7. Определить основное время сварки (время горения дуги):

$$t_0 = \frac{G_{\Pi}}{I_{\text{св}} \alpha_{\Pi}}, \text{ ч.} \quad (27)$$

8. Определить расход электроэнергии:

$$W = I_{\text{св}} \cdot U_{\text{д}} \cdot t_0 \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad (28)$$

где  $U_{\text{д}}$  – напряжение на дуге, В. Для наиболее широко применяемых электродов  $U_{\text{д}} = 25\text{--}28$  В.

К основным технологическим параметрам автоматической дуговой сварки под флюсом относят: диаметр электродной проволоки, сварочный ток, напряжение на дуге, скорость подачи электродной проволоки и скорость сварки, расход электродной проволоки и флюса, время сварки, расход электроэнергии.

Последовательность расчета:

1. Используя ГОСТ 8713–79, с учетом типа соединения, выполнить эскиз сечения шва с указанием его размеров.

2. Определить величину сварочного тока:

$$I_{\text{св}} = (80 - 100)h, \text{ А} \quad (29)$$

где  $h$  – расчетная глубина проплавления, мм.

При односторонней сварке без разделки кромок  $h = S$ , где  $S$  – толщина свариваемых деталей. При двусторонней сварке без разделки кромок  $h = (0,6\text{--}0,7)S$ . При сварке с разделкой кромок:

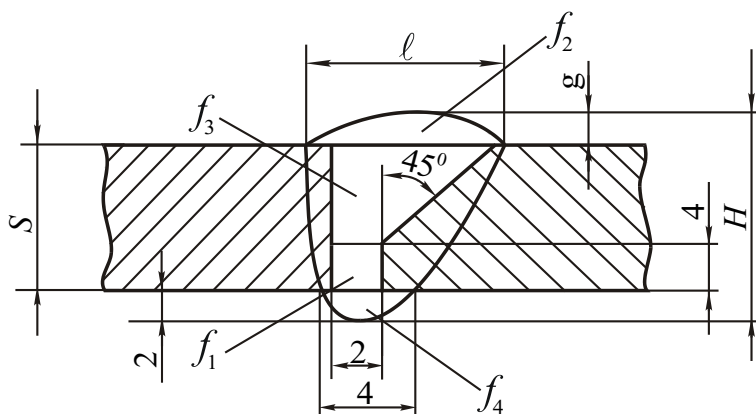
$$h = H - \frac{F_n}{0,73b}, \text{ мм} \quad (30)$$

где  $H$  – толщина шва, мм;

$b$  – ширина шва, мм;

$F_n$  – площадь поперечного сечения наплавленного металла шва, мм<sup>2</sup>.

*Пример.* Определить расчетную глубину проплавления шва, изображенного на рис. 7 (все размеры по ГОСТ 8713–79).



$$h = H - \frac{F_n}{0,73b};$$

$$H = 2 + S + g;$$

$$b = l;$$

Рис. 7. Схема определения расчетной глубины проплавления

$$F_n = f_1 + f_2 + f_3 + f_4 =$$

$$= 2 \cdot 4 + 0,75 \ell g + \frac{2 + ((S - 4) \operatorname{tg} 40^\circ + 2)}{2} \cdot (S - 4) + 0,75 \cdot 4 \cdot 2.$$

При  $S = 15$  мм,  $\ell = 24$  мм и  $g = 2,5$  мм,  
тогда  $H = 2 + 15 + 2,5 = 19,5$  мм;  $b = 24$  мм;

$$F_{\Pi} = 2 \cdot 4 + 0,75 \cdot 24 \cdot 2,5 + \frac{2 + ((15 - 4) \operatorname{tg} 40^\circ + 2)}{2} \cdot (15 - 4) + 0,75 \cdot 4 \cdot 2 =$$

$$= 131,76 \text{ мм}^2; h = 19,5 - \frac{131,76}{0,73 \cdot 24} = 12 \text{ мм}.$$

3. В зависимости от толщины свариваемого металла  $S$ , мм, выбрать диаметр электрода  $d_{\text{э}}$ , мм, по табл. 9.

Таблица 9

Значение диаметра электрода  $d_{\text{э}}$  и напряжения на дуге  $U_{\text{д}}$

$S$ , мм	2	3	4	5	6	7	8	10	12
$d_{\text{э}}$ , мм	1,6	1,6	2	2	2	4	4	5	5
$U_{\text{д}}$ , В	24 – 28	28 – 30	28 – 30	32 – 34	32 – 34	32 – 34	34 – 36	36 – 38	36 – 38

$S$ , мм	14	16	18	20	24	30	40	60
$d_{\text{э}}$ , мм	5	5	5	5	6	6	6	6
$U_{\text{д}}$ , В	38 – 40	38 – 40	38 – 40	38 – 40	38 – 40	40 – 42	40 – 42	42 – 44

4. Выбрать напряжение на дуге  $U_{\text{д}}$ , В (см. табл. 9).

5. Определить скорость сварки по формуле (24).

При автоматической сварке под флюсом коэффициент наплавки  $\alpha_{\text{н}} = 14 - 16$  г/А·ч, причем большие значения принимают для малых диаметров электродной проволоки.

6. Определить массу наплавленного металла по формуле (25).

7. Определить расход электродной проволоки по формуле (26).



Коэффициент расхода для автоматической дуговой сварки под флюсом  $K_p = 1,02-1,05$ .

8. Определить расход флюса:

$$G_{\phi} = K_{\phi} \cdot G_3, \text{ г} \quad (31)$$

где  $K_{\phi}$  – коэффициент, выражающий отношение массы флюса к массе сварочной проволоки.  $K_{\phi} = 1,1-1,4$ .

9. Определить скорость подачи электродной проволоки:

$$V_{\text{пр}} = \frac{4K_p I_{\text{св}} \alpha_{\text{н}}}{\pi d_3^2 \rho}, \text{ м/ч.} \quad (32)$$

10. Определить основное время сварки по формуле (27).

11. Определить расход электроэнергии по формуле (28).

К основным технологическим параметрам дуговой сварки в углекислом газе относят: диаметр электродной проволоки, сварочный ток, напряжение на дуге, скорость сварки и скорость подачи электродной проволоки, расход электродной проволоки и углекислого газа, вылет электрода, время сварки, расход электроэнергии.

Последовательность расчета:

1. Используя ГОСТ 14771–76, с учетом типа соединения, выполнить эскиз сечения шва с указанием его размеров.

2. В зависимости от толщины свариваемого металла  $S$ , мм, выбрать диаметр электрода  $d_3$ , мм, по табл. 10.

3. Выбрать сварочный ток  $I_{\text{св}}$ , А (см. табл. 10).

4. Выбрать напряжение на дуге  $U_{\text{д}}$ , В (см. табл. 10).

5. Определить скорость сварки по формуле (24).

Коэффициент наплавки  $\alpha_{\text{н}} = 18-20 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$ .

6. Определить массу наплавленного металла по формуле (25)

7. Определить расход электродной проволоки по формуле (26). Коэффициент расхода  $K_p = 1,07-1,15$ .

8. Определить скорость подачи электродной проволоки по формуле (32).

9. Выбрать вылет электрода  $L_3$ , мм, – длину электродной проволоки между ее концом и выходом из мундштука

горелки (см. табл. 10).

10. Определить основное время сварки по формуле (27).

11. Определить расход углекислого газа:

$$G_{\text{CO}_2} = g \cdot t_0, \text{ м}^3, \quad (33)$$

где  $g$  – удельный расход газа,  $\text{м}^3/\text{ч}$  (см. табл. 10).

12. Определить расход электроэнергии по формуле (28).

Таблица 10

Режимы дуговой сварки в углекислом газе

$S$ , мм	1	2	3	4	6	8	10	12	14	18	20	24
$d_э$ , мм	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
$I_{\text{св}}$ , А	50– 60	90– 100	170– 180	220– 240	300– 320	330– 350	360– 380	390– 410	430– 450	430– 450	430– 450	430– 450
$U_{\text{д}}$ , В	17– 18	19– 20	22– 23	25– 27	28– 30	28– 30	30– 32	30– 32	32– 34	32– 34	32– 34	32– 34
$L$ , мм	8– 10	10– 12	12– 15	15– 18	18– 20	18– 20	18– 20	18– 20	18– 20	18– 20	18– 20	18– 20
$g$ , $\text{м}^3/\text{ч}$	0,48 –0,6	0,48 –0,6	0,48 0,6	0,9– 0,96	0,9– 0,96	0,9– 0,96	1,08– 1,2	1,08– 1,2	1,44– 1,5	1,44– 1,5	1,44– 1,5	1,44 –1,5

## 5. ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

### 5.1. Содержание первого вопроса индивидуального задания

По эскизу детали (рис. 8–17) разработайте эскиз отливки с литейно-модельными указаниями. Выполните эскизы модели (рассчитав ее основные рабочие размеры) и стержневого ящика, эскиз собранной литейной формы в разрезе. Опишите последовательность изготовления этой формы ручной формовкой. Составьте перечень всех операций, необходимых для получения готовой отливки.

✓(✓)

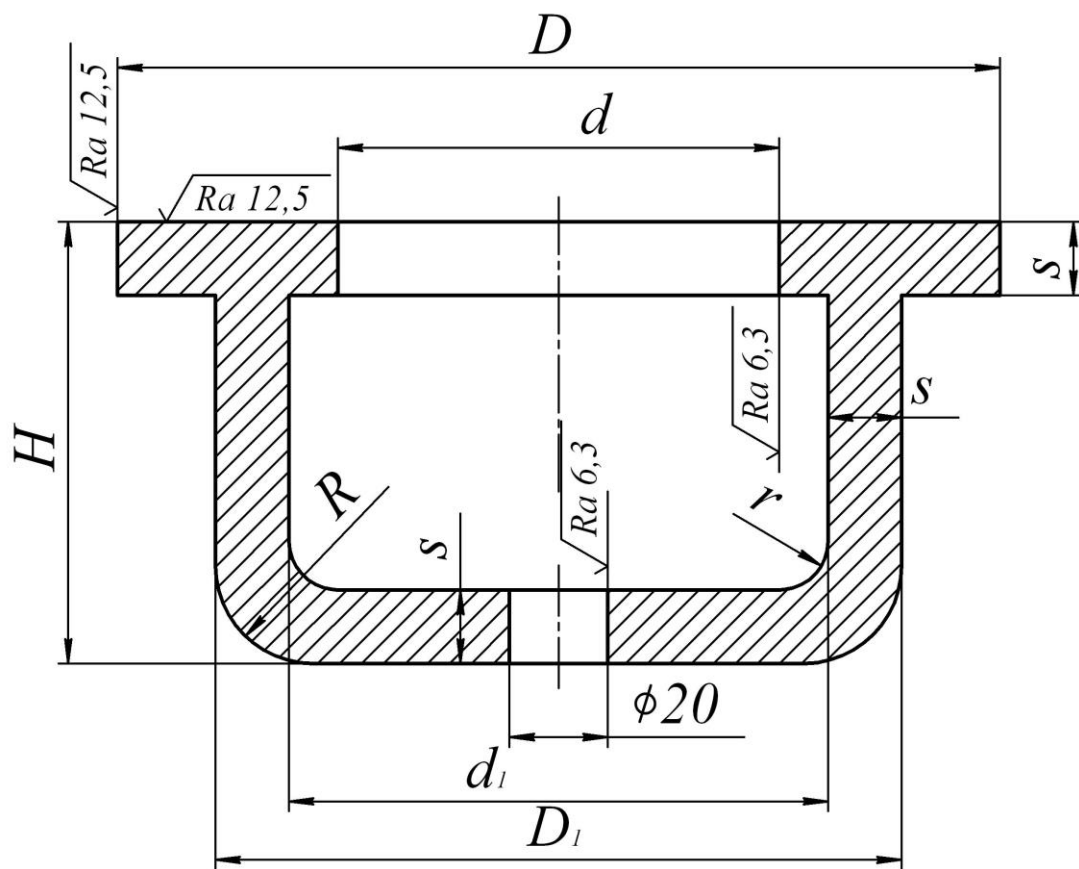


Рис. 8. Коробка  
Материал СЧ 20 ГОСТ 1412–85

№ вари- анта	$D$	$D_1$	$d$	$d_1$	$H$	$S$	$R$	$r$
1	100	80	40	60	90	10	15	5
2	110	90	50	70	95	10	18	8
3	120	100	60	80	100	10	20	10
4	140	120	80	100	110	10	22	12
5	150	130	100	110	130	10	25	15

√/√)

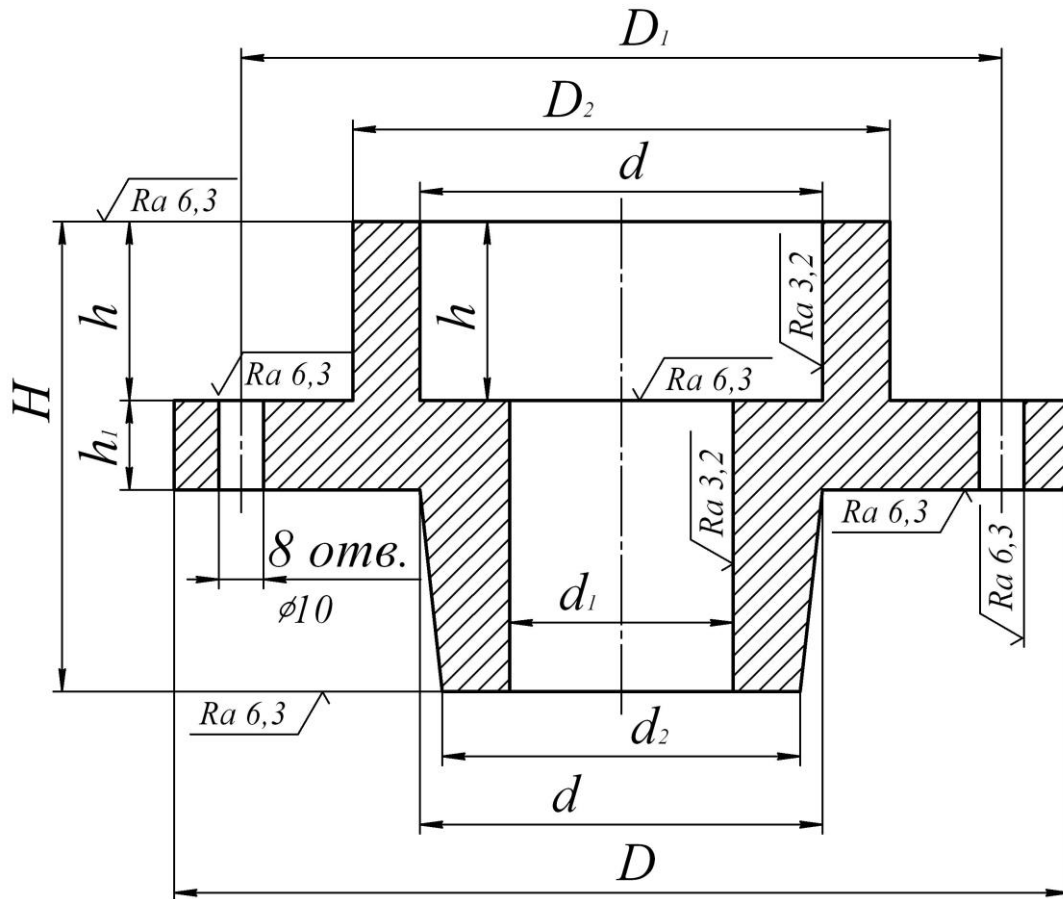


Рис. 9. Насадок  
Материал 20ХМЛ ГОСТ 977–88

№ варианта	$D$	$D_1$	$D_2$	$d$	$d_1$	$d_2$	$H$	$h$	$h_1$
6	150	130	90	60	40	55	100	40	20
7	160	140	100	70	50	65	110	50	20
8	170	150	110	80	60	75	120	50	25
9	180	160	120	90	70	85	130	55	25
10	200	180	130	100	80	90	140	55	30

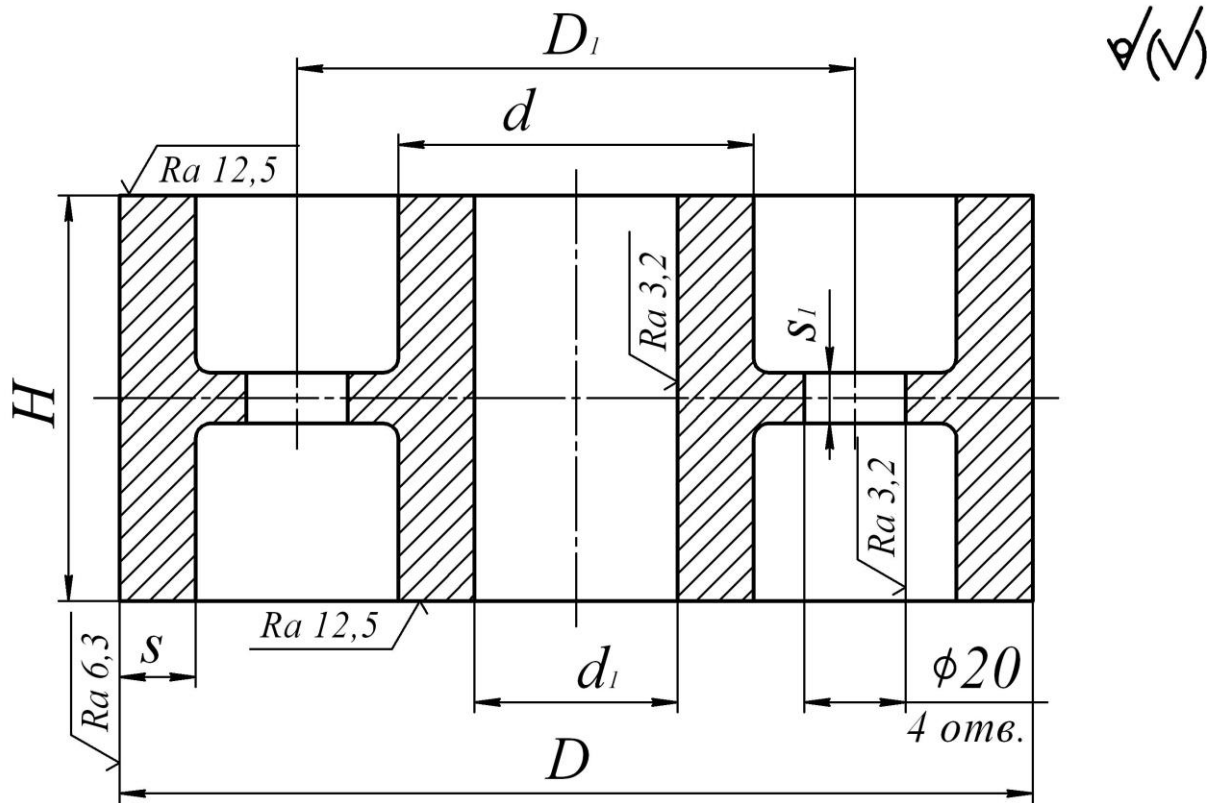


Рис. 10. Шкив  
Материал СЧ 30 ГОСТ 1412–85

№ варианта	$D$	$D_1$	$d$	$d_1$	$S$	$S_1$	$H$
11	200	120	80	40	20	12	90
12	250	150	90	45	25	15	100
13	300	180	100	50	25	15	120
14	350	200	120	60	30	18	130
15	400	230	150	80	35	20	150

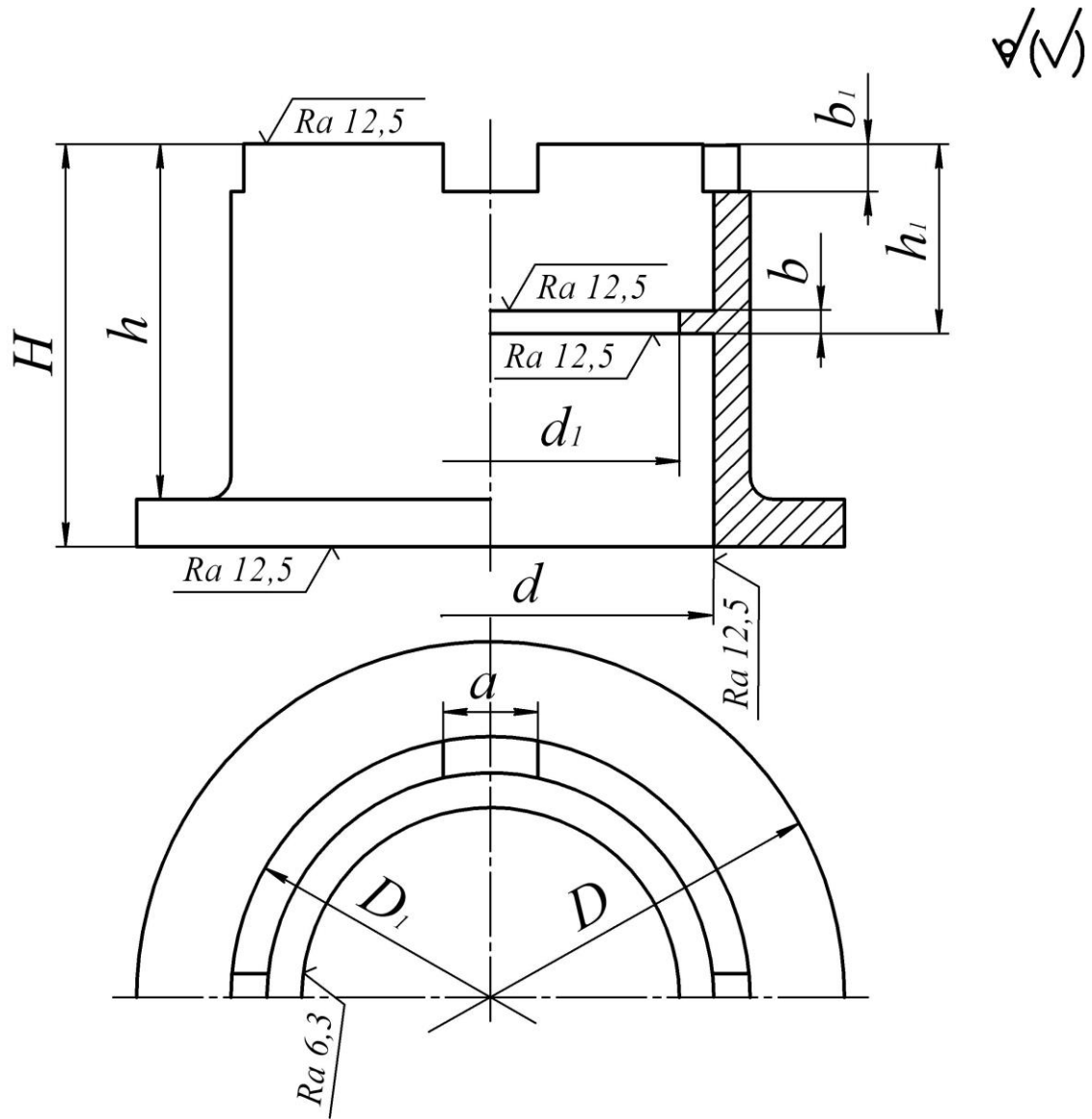


Рис. 11. Корпус люка  
Материал СЧ 25 ГОСТ 1412–85

№ варианта	$D$	$D_1$	$d$	$d_1$	$H$	$h$	$h_1$	$b$	$b_1$	$a$
16	150	100	80	70	120	110	50	5	10	15
17	160	110	90	80	130	120	55	5	10	15
18	180	120	100	90	150	130	60	8	12	20
19	200	140	120	100	160	140	65	8	12	20
20	220	150	130	110	180	160	70	10	15	25

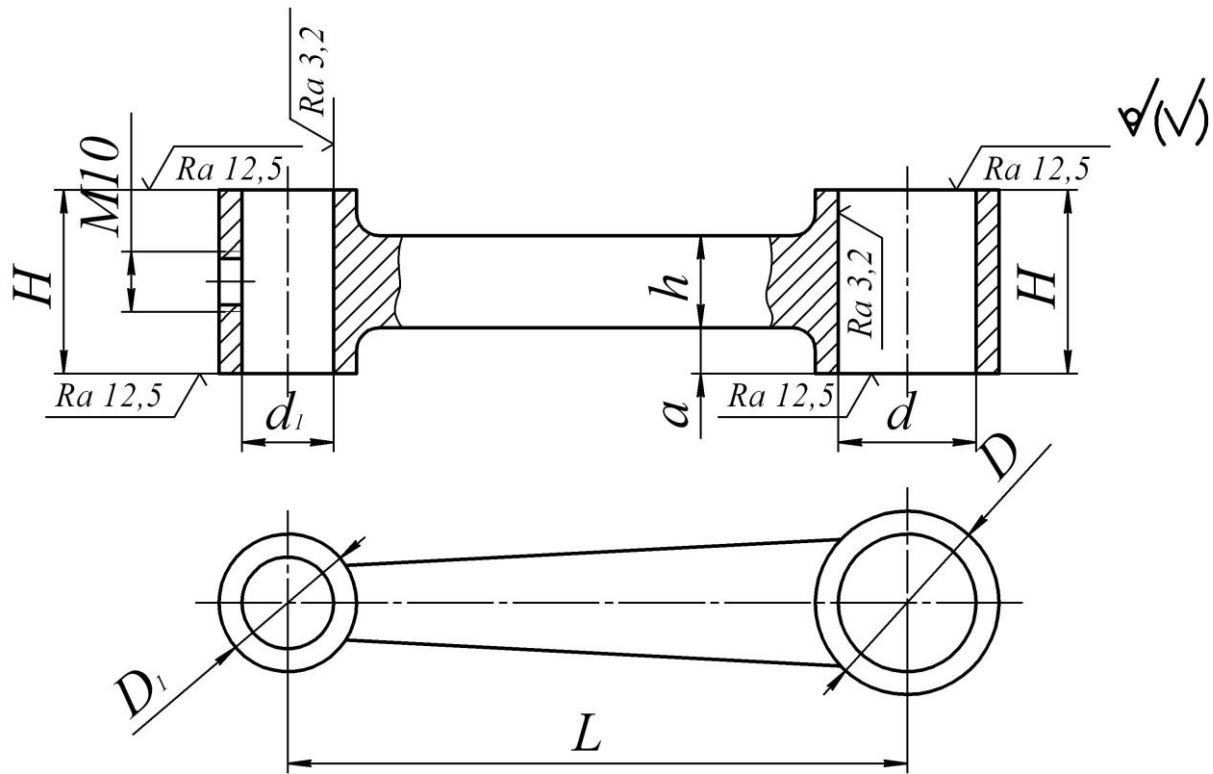


Рис. 12. Рычаг  
Материал 35Л ГОСТ 977–88

№ варианта	$L$	$D$	$d$	$D_1$	$d_1$	$H$	$h$	$a$
21	100	50	40	40	30	40	30	5
22	120	55	45	45	35	40	30	5
23	130	60	50	50	40	50	34	8
24	150	65	55	55	50	50	34	8
25	160	65	55	55	50	60	40	10

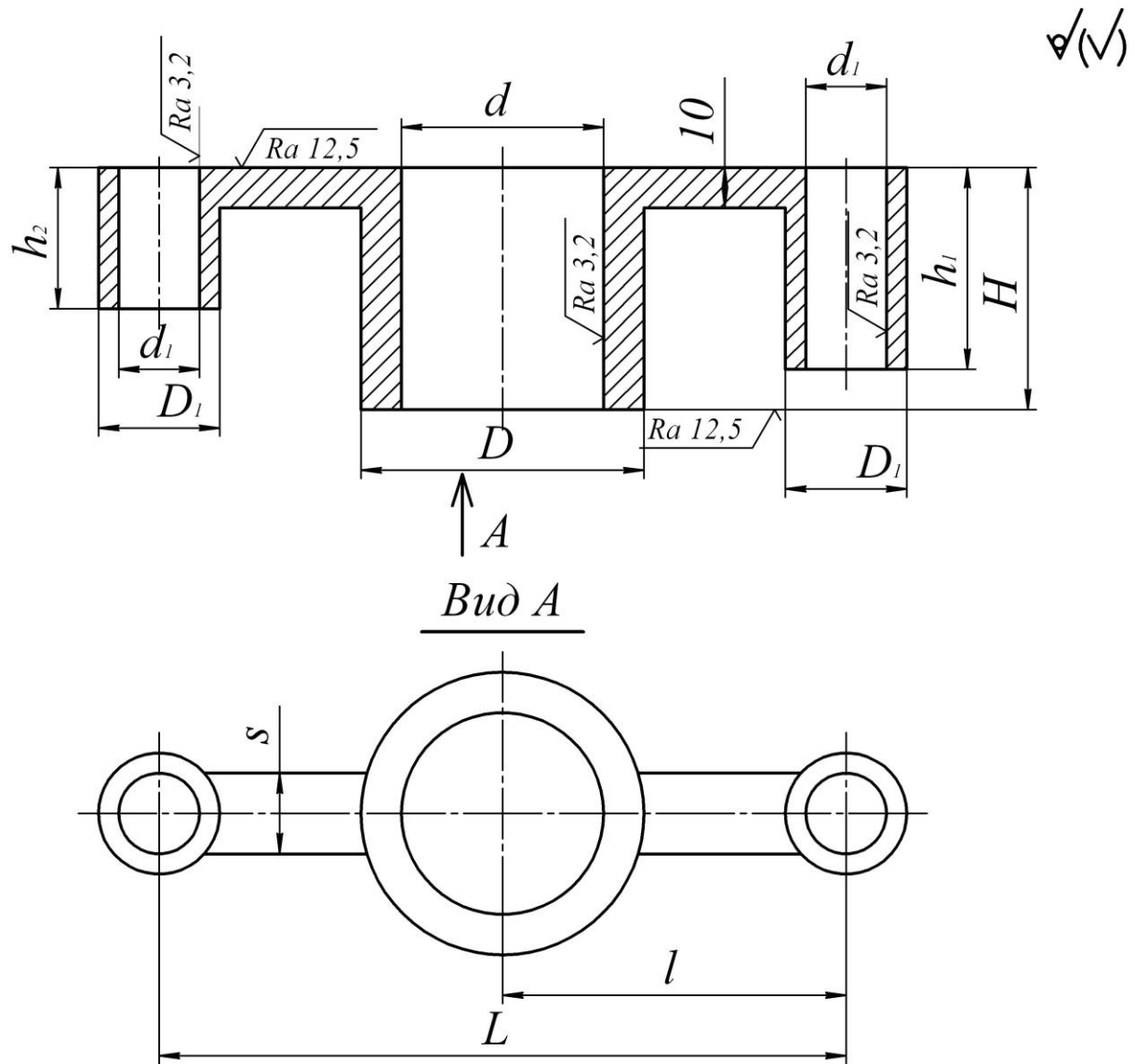


Рис. 13. Направляющая  
Материал СЧ 15 ГОСТ 1412–85

№ варианта	$L$	$l$	$D$	$d$	$D_1$	$d_1$	$H$	$h_1$	$h_2$	$S$
26	120	60	50	40	36	30	50	40	25	20
27	130	65	60	50	38	32	55	45	30	20
28	150	75	70	60	42	34	60	50	30	25
29	180	90	80	60	44	36	70	60	35	25
30	200	100	80	60	50	40	80	70	40	30



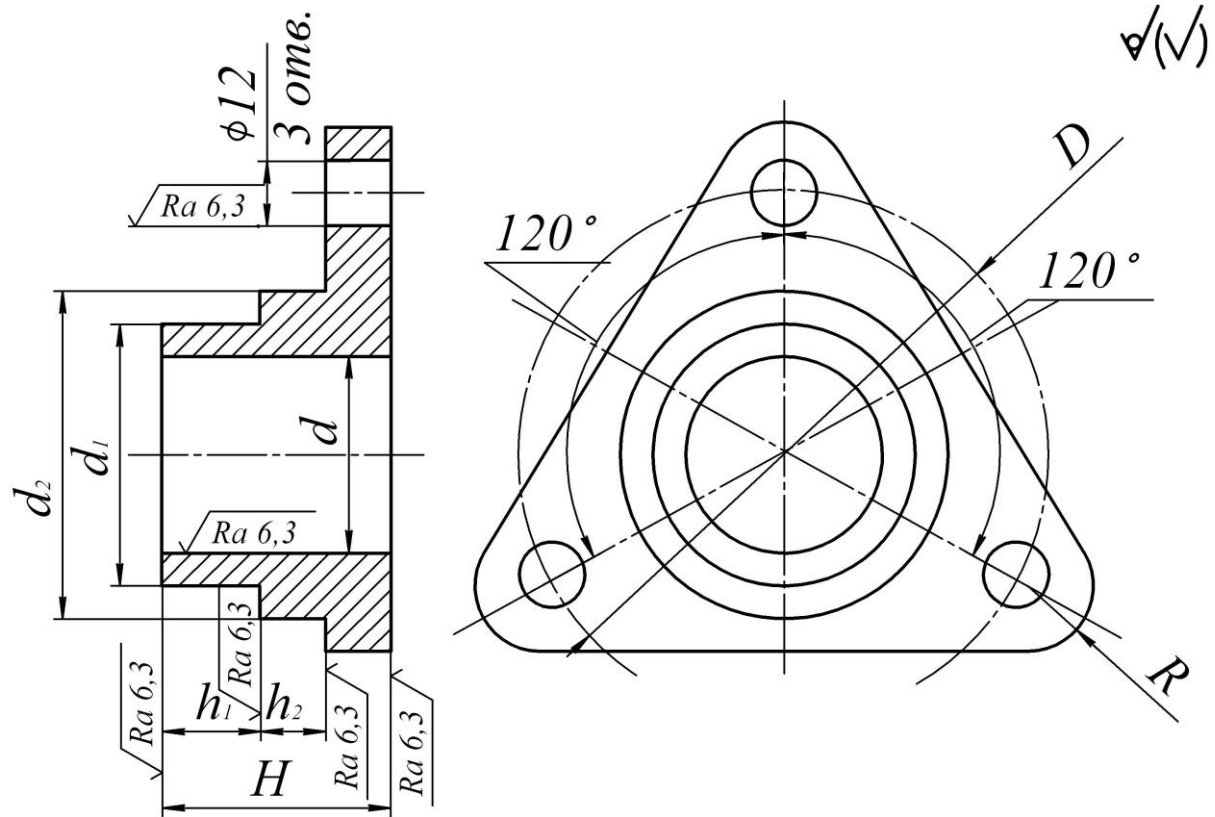


Рис. 14. Крышка  
Материал СЧ 20 ГОСТ 1412–85

№ вари- анта	$D$	$R$	$d$	$d_1$	$D_2$	$H$	$h_1$	$h_2$
31	100	8	40	50	60	40	18	10
32	120	10	50	60	70	50	20	12
33	150	12	60	70	80	55	25	15
34	160	15	70	80	90	60	25	18
35	180	18	80	90	100	80	30	20

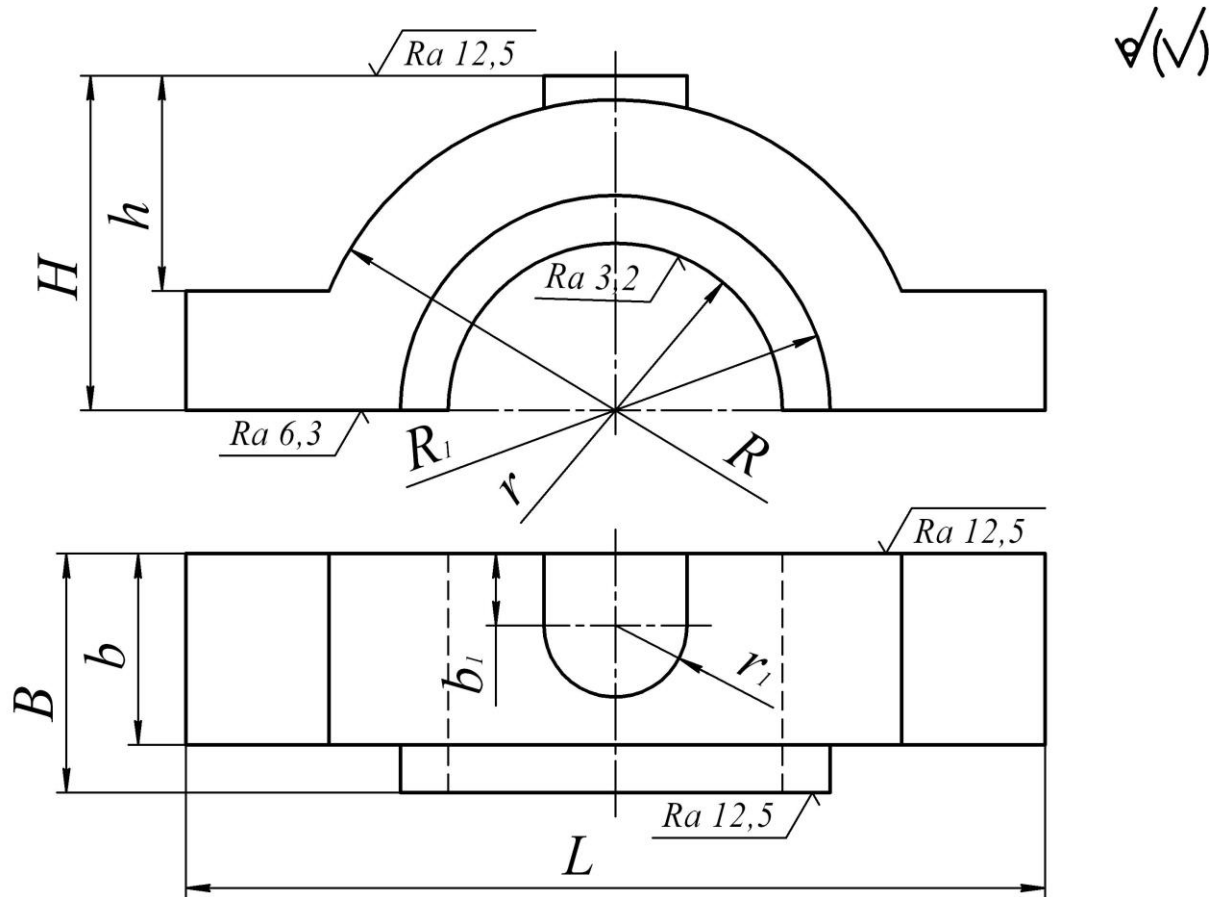


Рис. 15. Крышка подшипника  
Материал СЧ 25 ГОСТ 1412–85

№ варианта	$L$	$R$	$R_1$	$r$	$r_1$	$H$	$h$	$B$	$b$	$b_1$
36	120	45	30	25	5	50	30	30	25	10
37	130	50	35	30	8	55	35	35	30	12
38	140	55	40	35	10	60	40	40	35	15
39	150	60	45	40	12	65	45	45	40	18
40	160	65	50	45	15	70	50	50	45	20

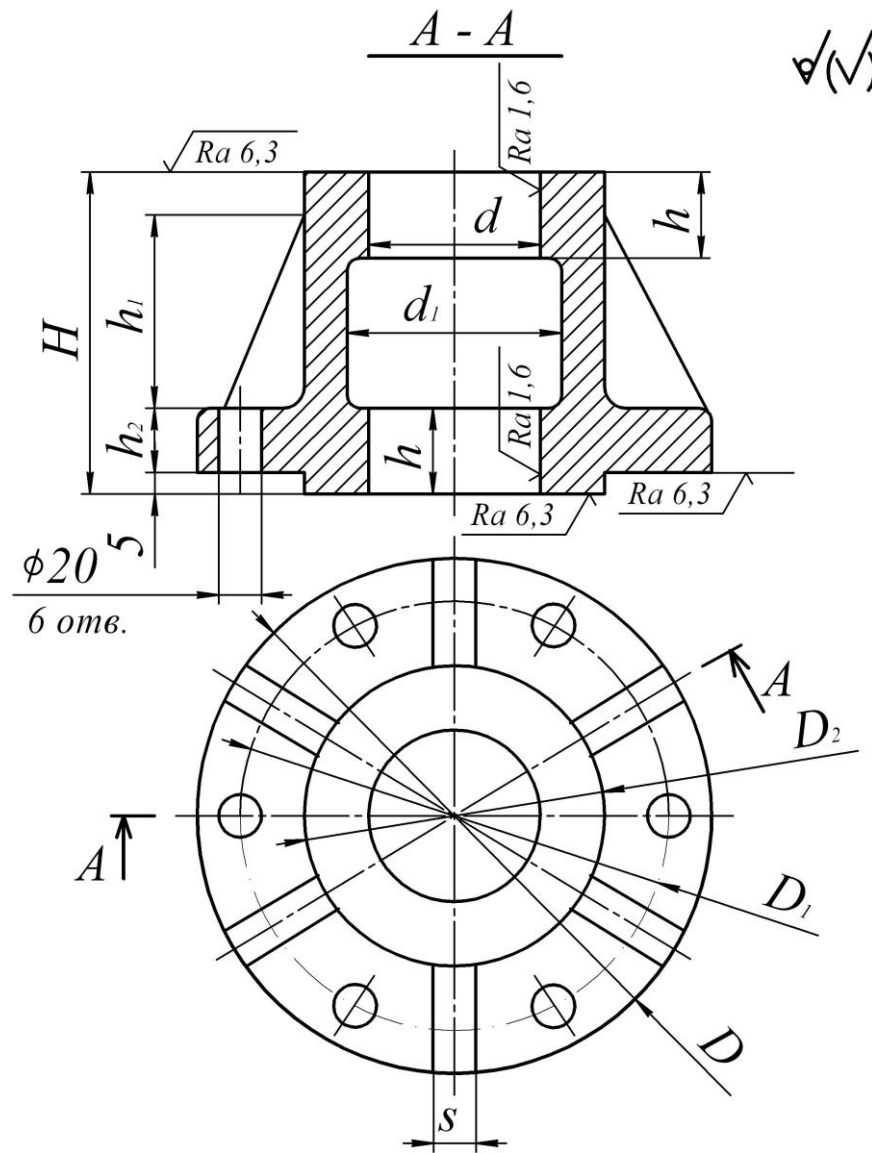


Рис. 16. Ступица  
Материал 25Л ГОСТ 1412–85

№ вариан- та	$D$	$D_1$	$D_2$	$d$	$d_1$	$H$	$h$	$h_1$	$h_2$	$S$
41	100	80	50	30	34	90	30	40	10	6
42	120	100	70	50	56	110	35	45	15	6
43	140	120	90	70	78	120	40	50	20	8
44	150	130	100	80	88	130	45	50	20	8
45	160	140	110	90	98	140	45	55	25	10

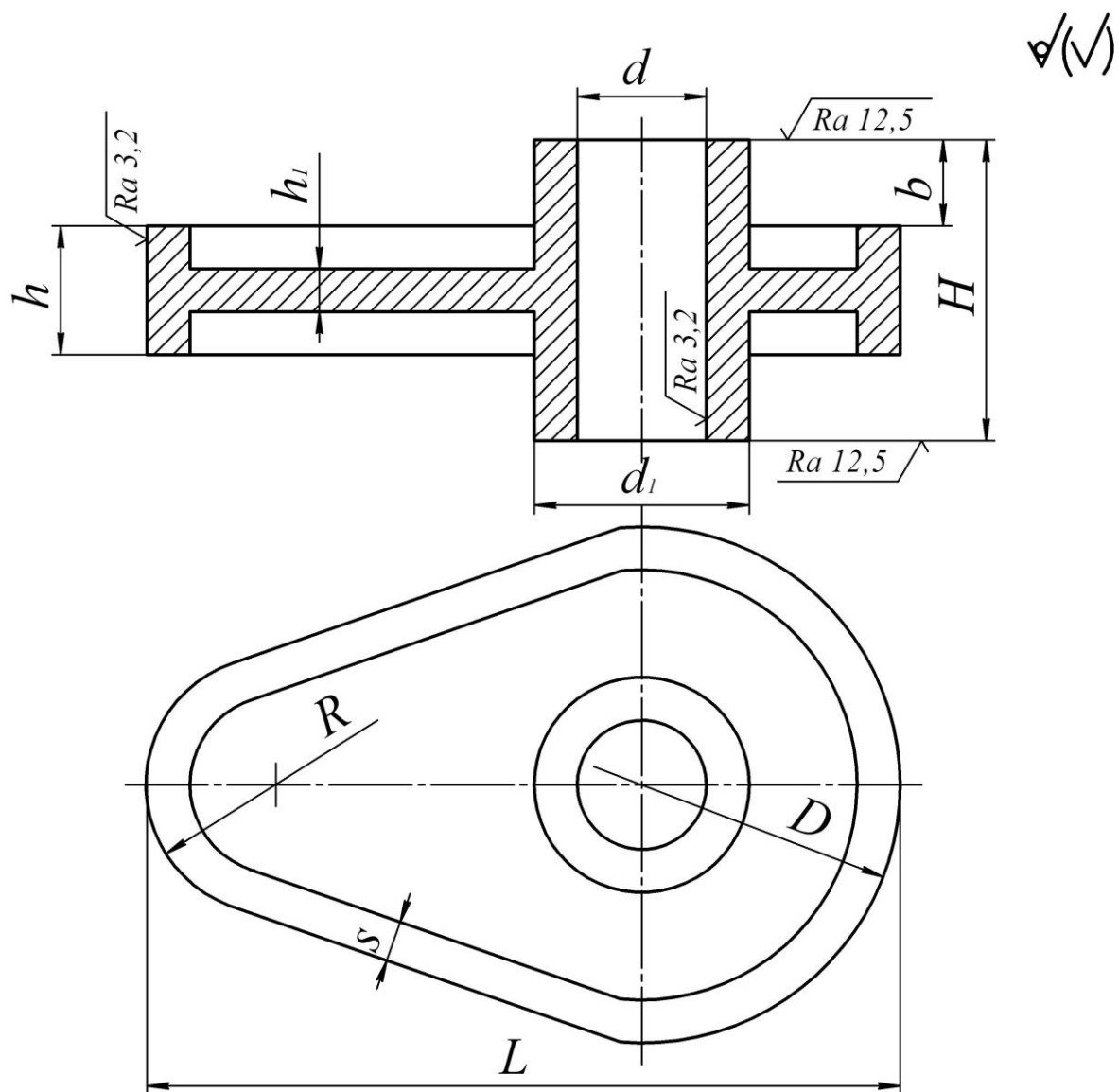


Рис. 17. Эксцентрик  
Материал: СЧ 15 ГОСТ 1412–85

№ варианта	$L$	$R$	$D$	$d_1$	$d$	$S$	$H$	$h$	$h_1$	$b$
46	105	20	65	45	35	8	60	20	5	20
47	115	25	75	50	40	10	70	22	5	24
48	130	30	85	60	45	12	75	25	8	25
49	155	35	100	70	50	15	80	28	10	26
50	175	40	120	80	55	18	90	30	12	30

## **5.2. Содержание второго вопроса индивидуального задания**

### **Варианты 1–30**

По эскизу детали (рис. 18 – 23) разработайте процесс изготовления поковки горячей объемной штамповкой на молоте или кривошипном горячештамповочном прессе. Определите температурный интервал штамповки и способ нагрева заготовки. Выберите переходы штамповки. Выполните эскиз поковки. Рассчитайте размеры исходной заготовки и коэффициент использования металла. Составьте перечень операций, необходимых для получения готовой поковки.

### **Варианты 31–50**

По эскизу детали (рис. 24 – 27) разработайте процесс ее изготовления холодной листовой штамповкой. Наметьте перечень операций, необходимых для получения детали. Рассчитайте усилия для каждой операции. Выберите вид исходного материала и рассчитайте размеры исходной заготовки. Составьте карту раскроя и определите коэффициент использования металла.

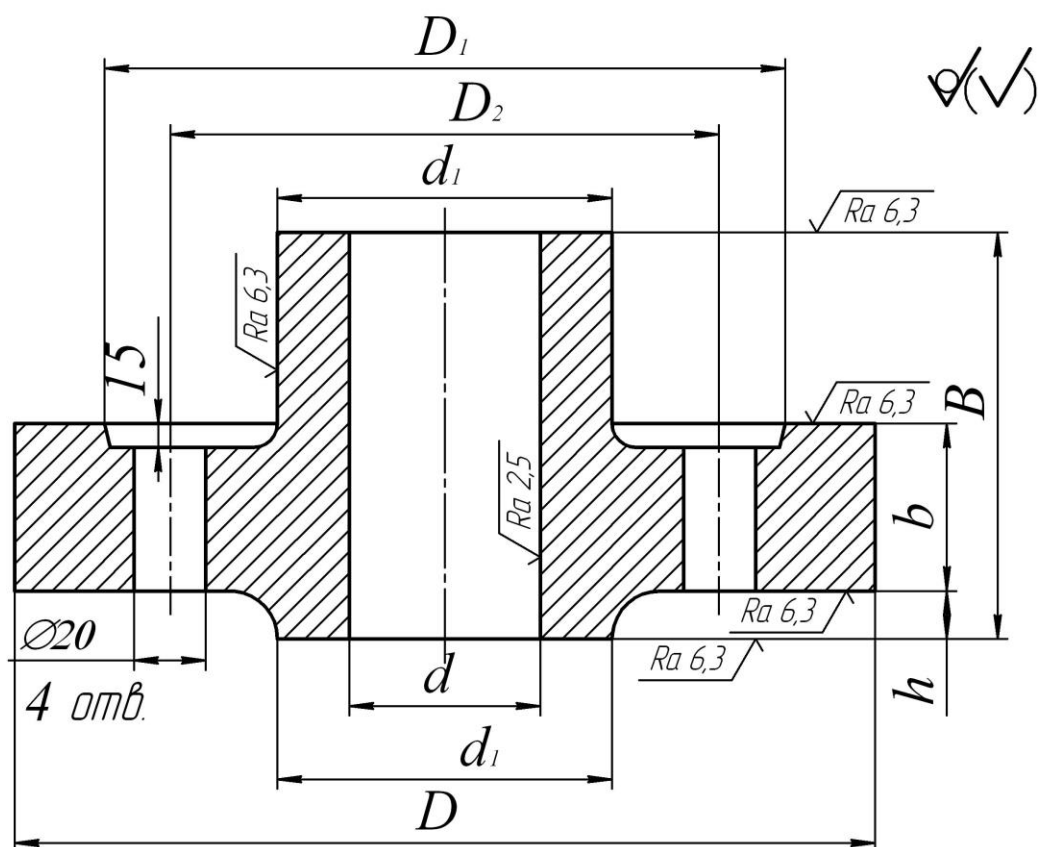


Рис. 18. Муфта

Оборудование: КГШП  
Нагрев заготовок: индукционный

№ варианта	Марка стали	Масса, кг	$D$	$D_1$	$D_2$	$d$	$d_1$	$B$	$b$	$h$
1	Сталь 40	3,9	150	140	120	50	80	80	35	8
2	40Х	7,5	190	170	130	60	100	80	40	10
3	Ст 3	18,6	250	230	160	80	120	100	60	10
4	Сталь 55	12,7	200	170	130	60	100	100	60	10
5	35ХФ	6,8	180	160	120	50	90	80	40	8

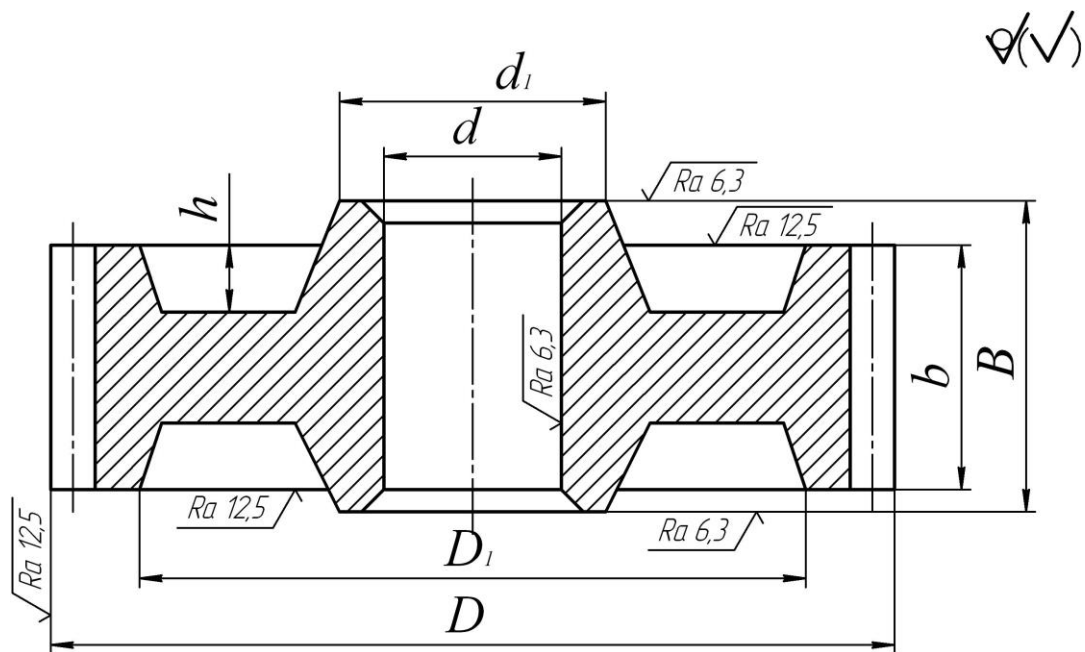


Рис. 19. Шестерня

Оборудование: штамповочный молот  
Нагрев заготовок: пламенный

№ варианта	Марка стали	Масса, кг	$D$	$D_1$	$d$	$d_1$	$B$	$b$	$h$
6	18ХГТ	10,3	250	200	60	90	60	40	12
7	40Х	4,1	180	150	40	70	40	30	8
8	Сталь 55	3,1	150	120	35	60	40	30	7
9	20Х	7,6	200	160	30	80	50	40	10
10	35ХМ	3,3	160	130	40	70	50	30	10

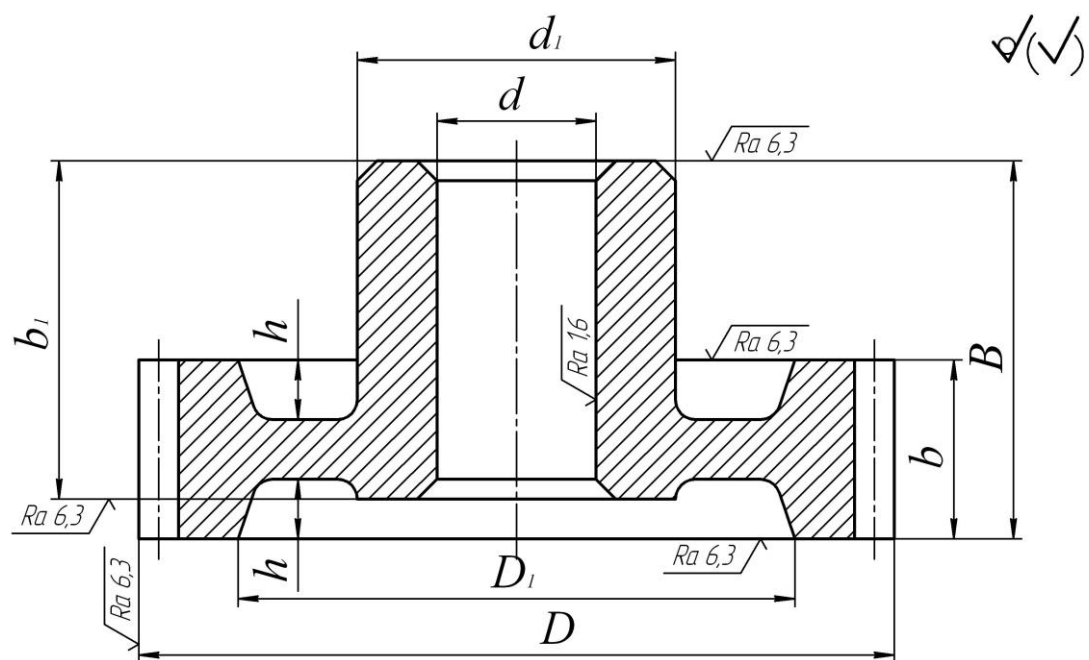


Рис. 20. Колесо зубчатое

Оборудование: КГШП  
Нагрев заготовок: индукционный

№ вари- анта	Марка стали	Масса, кг	$D$	$D_1$	$d$	$d_1$	$B$	$b$	$b_1$	$h$
11	40X	5,9	150	100	40	65	90	50	80	15
12	Сталь 50	9,4	180	120	40	70	100	60	85	20
13	20X2H4A	12,6	200	130	50	80	100	65	85	20
14	35XM	18,4	230	150	55	100	110	70	90	25
15	15X	22,2	250	180	60	110	120	75	100	25



✓(✓)

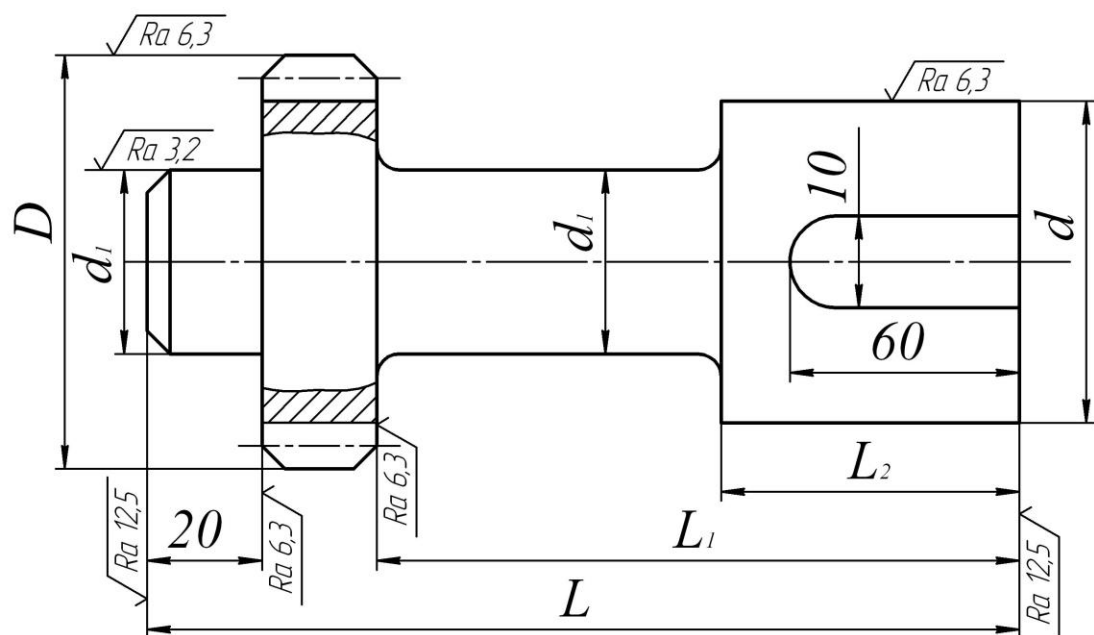


Рис. 21. Промежуточный вал

Оборудование: штамповочный молот

Нагрев заготовок: пламенный

№ варианта	Марка стали	Масса, кг	$D$	$d$	$d_1$	$L$	$L_1$	$L_2$
16	Сталь 45	3,2	80	60	40	190	150	70
17	18ХГТ	4,3	90	60	40	200	140	70
18	35ХМ	4,6	90	65	45	200	150	80
19	40ХН	6,4	100	70	50	220	160	85
20	35ХГС	8,1	100	80	50	240	170	90

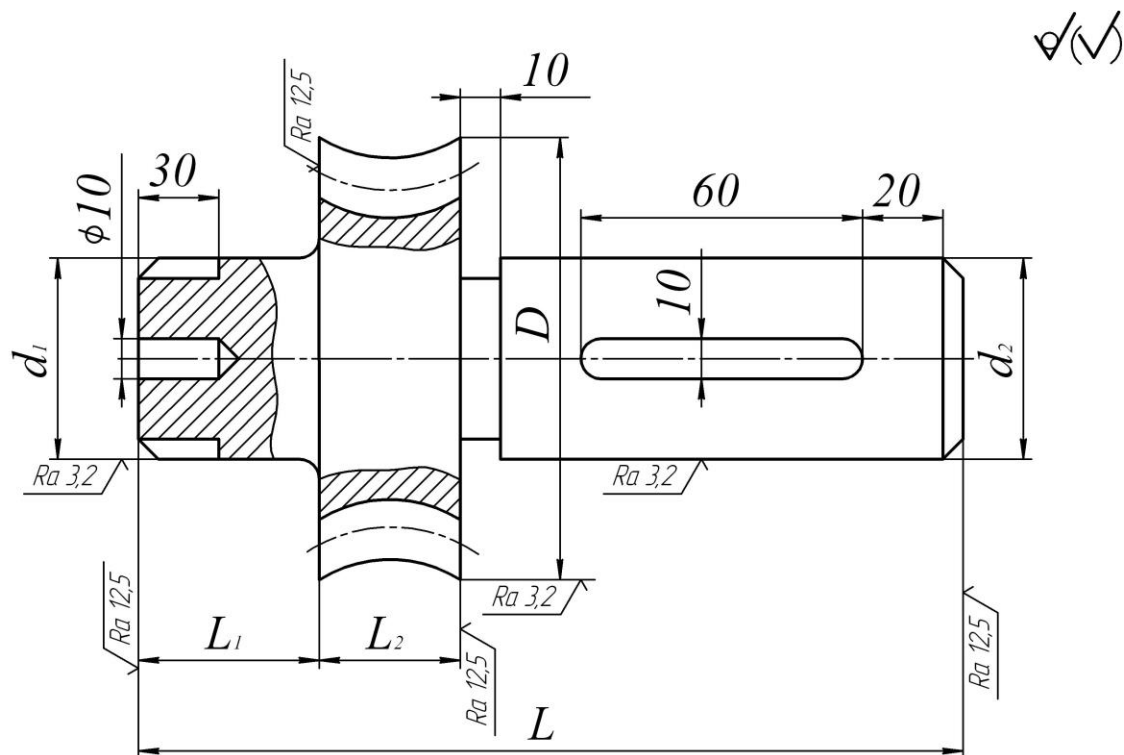


Рис. 22. Вал-шестерня

Оборудование: КГШП  
Нагрев заготовок: индукционный

№ вариан- та	Марка ста- ли	Масса, кг	$D$	$d_1$	$d_2$	$L$	$L_1$	$L_2$
21	30ХГС	8,1	90	M60	65	300	70	30
22	Сталь 45	7,5	100	M60	65	250	60	40
23	40Х	7,1	90	M55	60	260	60	40
24	12ХН3А	10,7	110	M70	75	280	70	35
25	20Х	9,8	100	M60	70	300	80	50

✓(✓)

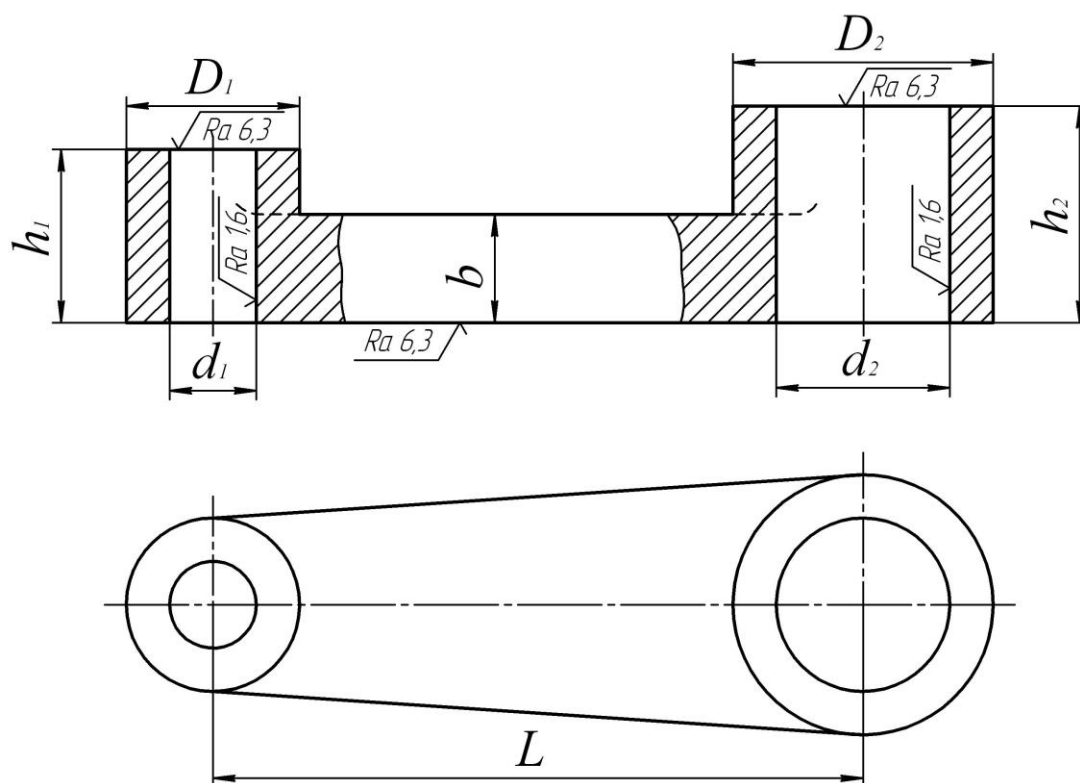


Рис. 23. Рычаг

Оборудование: штамповочный молот

Нагрев заготовок: пламенный

№ варианта	Марка стали	Масса, кг	$D_1$	$D_2$	$d_1$	$d_2$	$L$	$h_1$	$h_2$	$b$
26	40ХНМ	2,3	50	60	35	40	150	45	60	30
27	Сталь 45	2,4	50	60	40	50	170	50	65	35
28	30ХН3А	4,3	60	75	40	50	200	60	70	35
29	Сталь 25	5,9	65	80	45	55	230	60	75	40
30	40Х	8,9	75	90	50	60	250	70	80	50

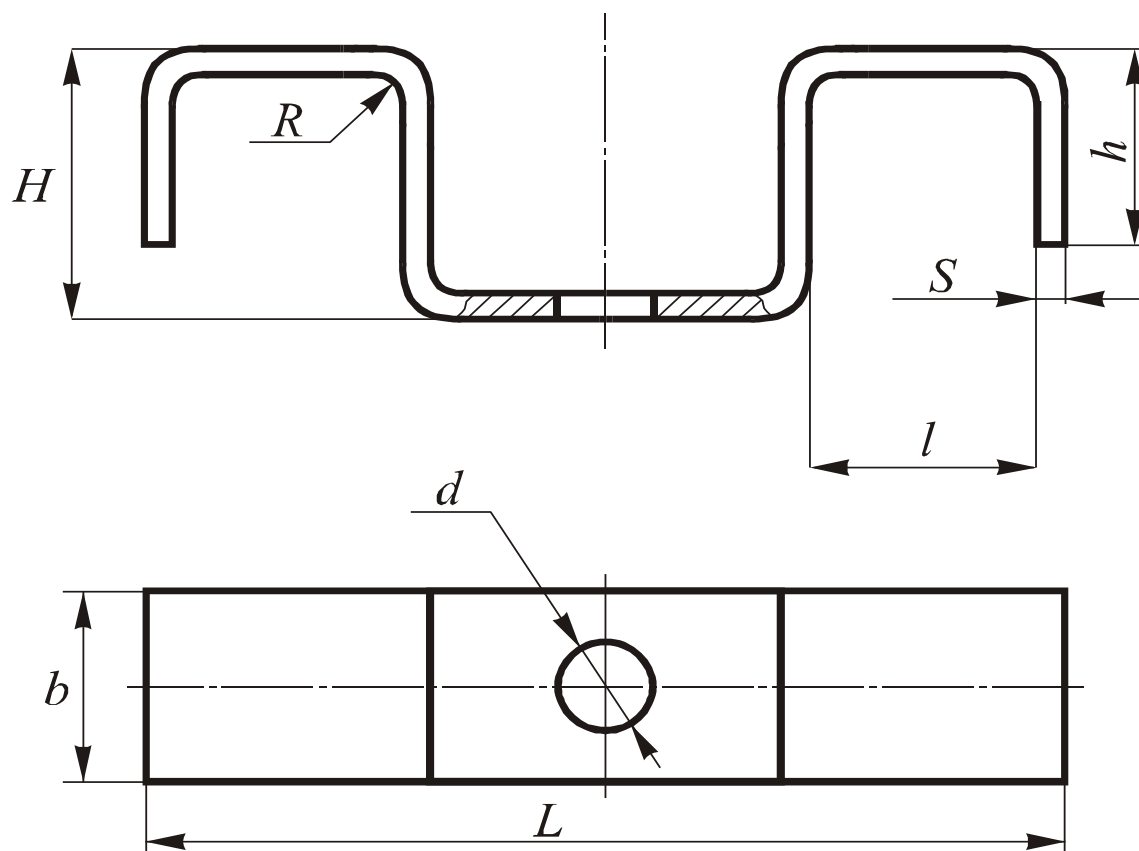


Рис. 24. Пластина

№ варианта	Марка стали	$L$	$l$	$H$	$h$	$d$	$S$	$b$	$R$
31	Сталь 35	150	50	30	15	15	2	40	5
32	Сталь 25	200	50	25	10	20	1,5	50	5
33	Ст 3	200	60	30	10	20	3	60	6
34	Сталь 20	160	40	35	15	10	2,5	40	7
35	Сталь 40	120	40	30	10	10	1,5	30	6

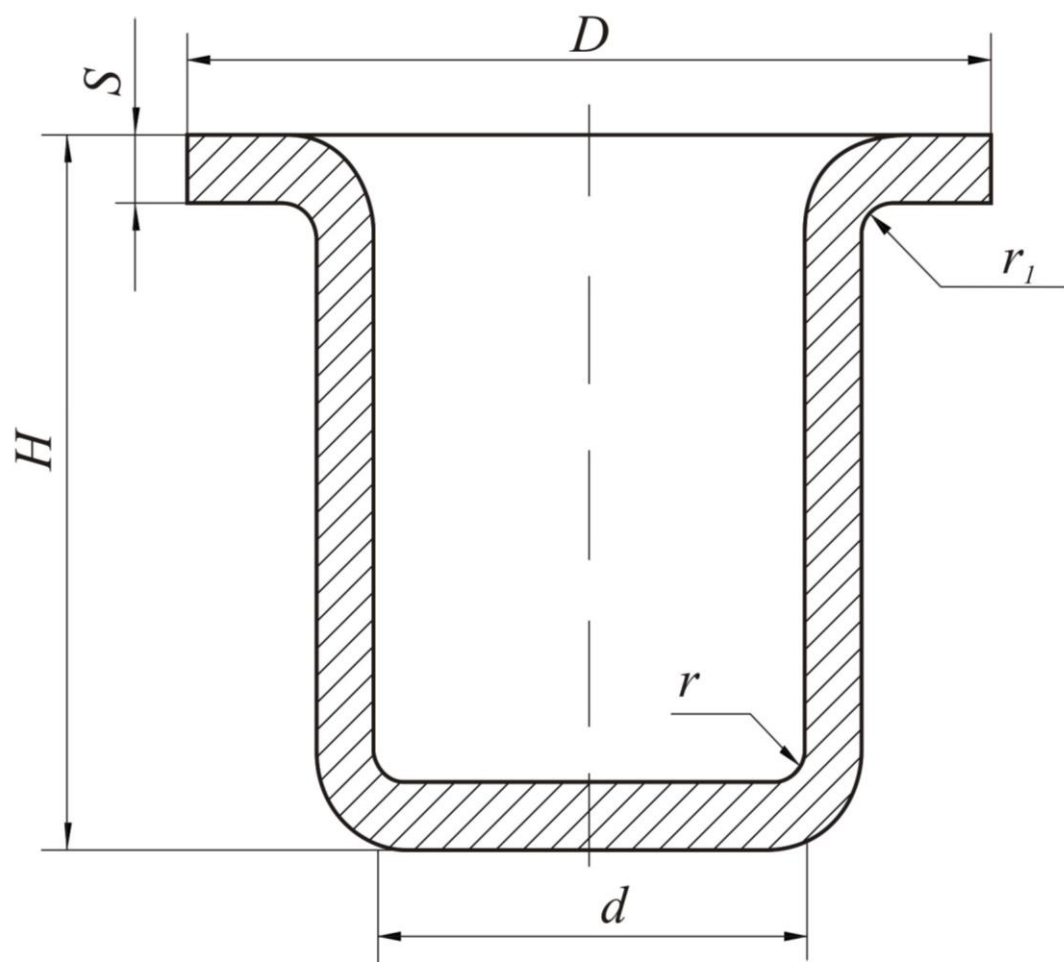


Рис. 25. Стакан

№ варианта	Марка стали	$D$	$d$	$H$	$r$	$r_1$	$S$
36	Сталь 25	100	40	60	3	8	1
37	Сталь 15	90	60	30	5	12	2
38	Сталь 20	70	50	60	4	9	1,5
39	Сталь 08	150	80	100	3	8	1,2
40	Сталь 10	55	50	120	5	—	2,5

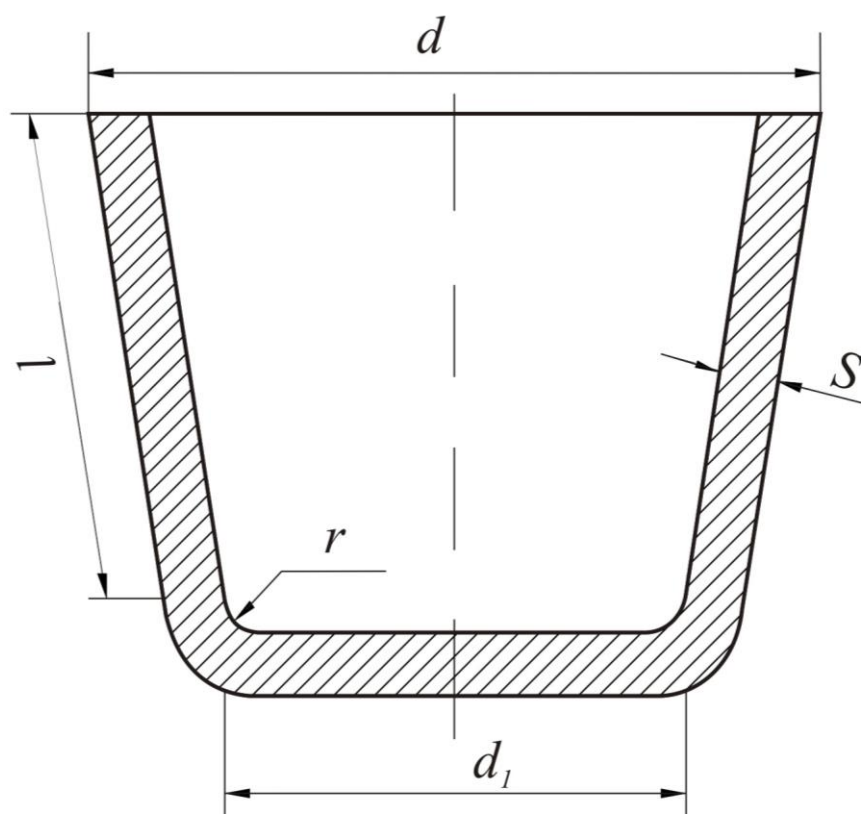


Рис. 26. Колпак

№ варианта	Марка стали	$d$	$d_1$	$l$	$r$	$S$
41	Сталь 08	60	40	80	3	0,8
42	Ст 2	70	60	40	6	2
43	Сталь 08	80	65	80	5	1,5
44	Сталь 10	90	60	60	7	2
45	Сталь 15	100	85	75	5	1,2

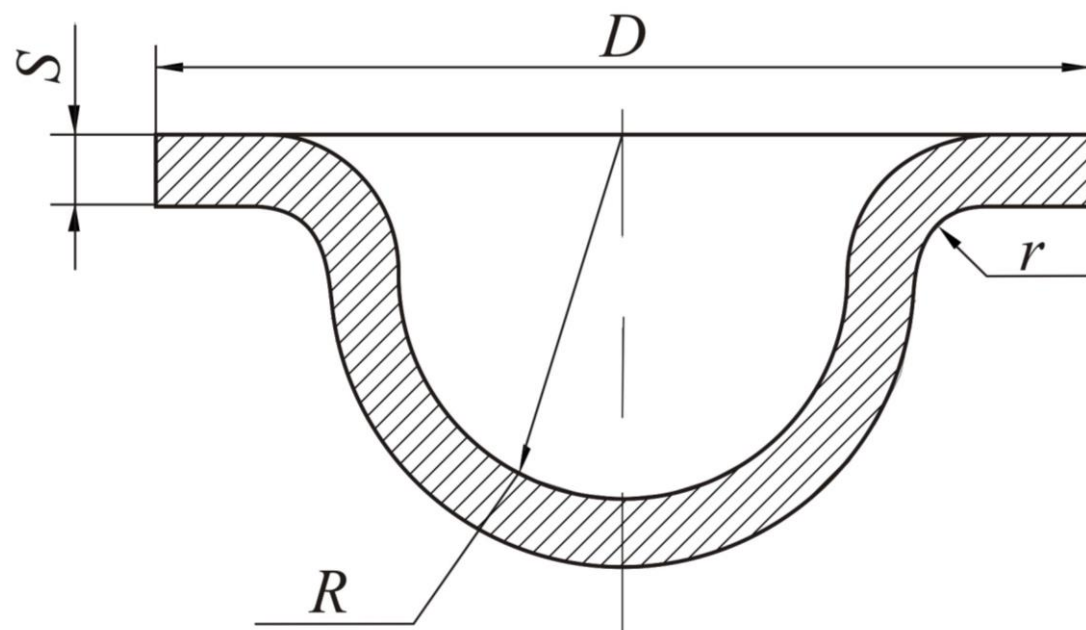


Рис. 27. Заглушка

№ варианта	Марка стали	$D$	$R$	$r$	$S$
46	Сталь 10	150	50	9	1,5
47	12X13	150	60	10	2
48	Сталь 15	140	60	8	1,2
49	08X18Н12Б	120	45	9	2
50	Ст 3	130	45	12	2,5

### 5.3. Содержание третьего вопроса индивидуального задания

Разработать процесс сварки изделия ручной дуговой сваркой (варианты 1–20), автоматической сваркой под слоем флюса (варианты 21–40), дуговой сваркой в среде защитных газов (варианты 41–50). Указать тип сварного соединения, форму разделки кромок под сварку и привести эскиз поперечного сечения шва с указанием размеров (по ГОСТу). Выбрать диаметр электрода (электродной проволоки). Рассчитать режимы сварки. По размерам шва рассчитать массу наплавленного металла. Определить расход электродов (электродной проволоки) с учетом потерь, расход электроэнергии и время сварки изделия.

Задание для расчета ручной дуговой сварки

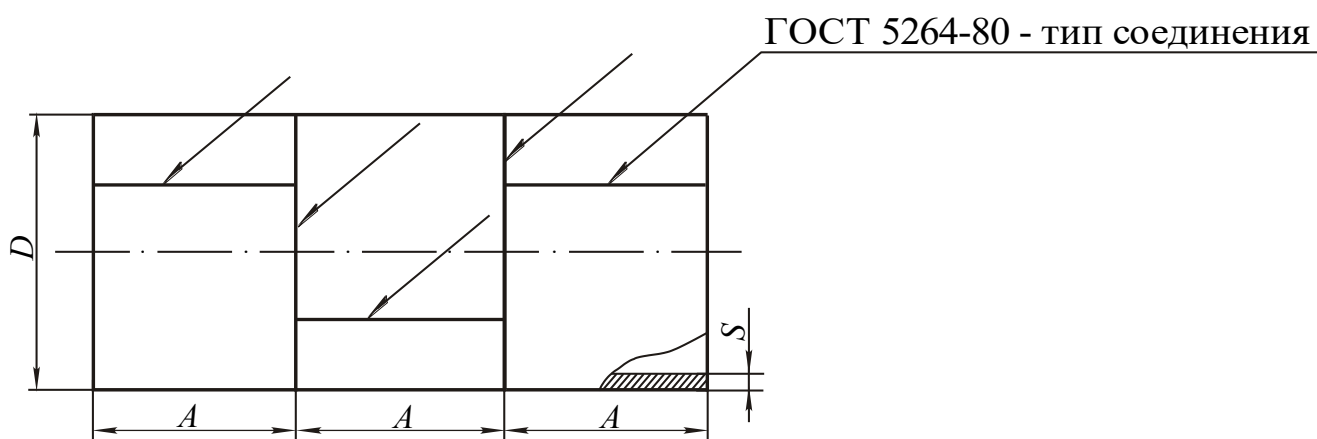


Рис. 28. Сварная заготовка

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$D$ , мм	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
$A$ , мм	500	600	800	1000	500	600	800	1000	500	600
$S$ , мм	3	4	15	8	12	3	4	15	8	12
тип соед.	C8	C12	C14	C15	C43	C17	C21	C24	C25	C39

№ вар.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$D$ , мм	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
$A$ , мм	800	1000	500	600	800	1000	500	600	800	1000
$S$ , мм	5	6	18	10	15	5	8	18	10	15
тип соед.	C8	C12	C14	C15	C43	C17	C21	C24	C25	C39



Задание для расчета автоматической дуговой сварки под флюсом

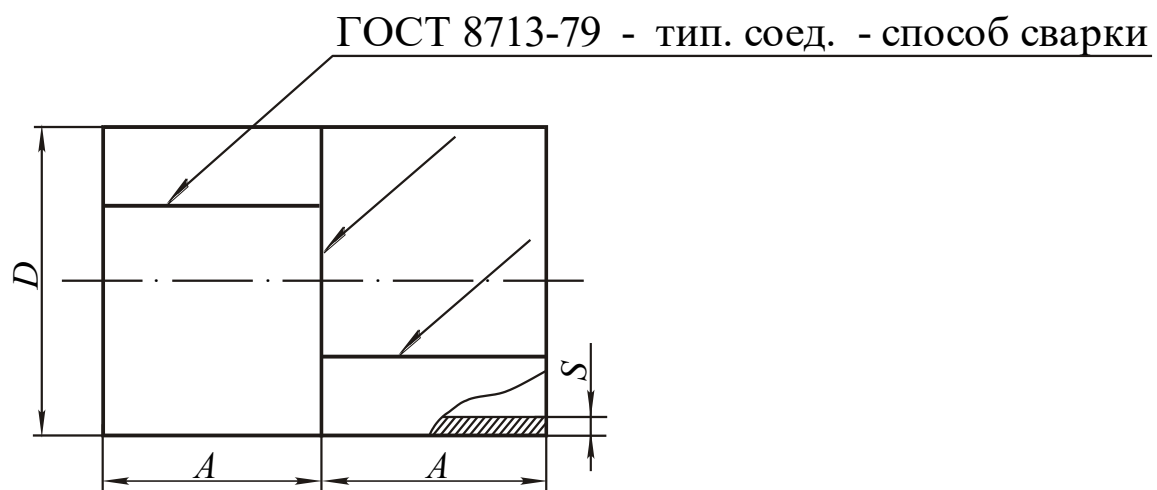


Рис. 29. Сварная заготовка

№ вар.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$D$ , мм	500	600	700	800	900	600	700	800	900	1000
$A$ , мм	800	900	1000	1100	1200	900	1000	1100	1200	1300
$S$ , мм	8	14	20	8	14	18	16	14	20	18
тип соедин.	C9	C12	C15	C18	C21	C25	C32	C33	C36	C38

№ вар.	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
$D$ , мм	700	800	900	1000	1100	800	900	1000	1100	1200
$A$ , мм	1000	1100	1200	1300	1400	1100	1200	1300	1400	1500
$S$ , мм	10	16	24	10	16	20	18	20	24	30
тип соедин.	C9	C12	C15	C18	C21	C25	C32	C33	C36	C38

## Задание для расчета сварки в среде углекислого газа

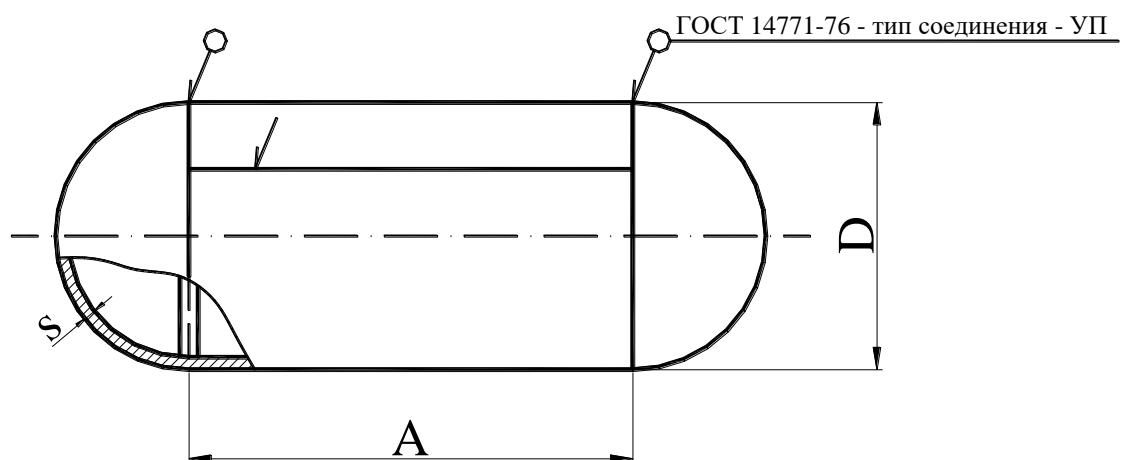


Рис. 30. Сварная заготовка

№ вар.	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
$D$ , мм	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
$A$ , мм	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
$S$ , мм	3	4	8	18	6	10	3	6	10	18
тип соед.	C8	C10	C12	C14	C15	C17	C18	C19	C21	C25

## 6. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная литература

1. Технология конструкционных материалов : учеб. для студентов машиностроит. специальностей вузов / А. М. Дальский, Т. М. Барсукова, Л. Н. Бухаркин и др. ; под ред. А. М. Дальского. – 5-е изд., испр. – Москва : Машиностроение, 2004. – 512 с.
2. Технология металлов и материаловедение / Б. В. Кнорозов [и др.]. – Москва : Metallurgiya, 1987. – 800 с.
3. Материаловедение и технология металлов / Г. П. Фетисов [и др.]. – Москва : Высшая школа, 2002. – 639 с.

### Дополнительная литература по технологии литейного производства

4. Литейное производство : учеб. для металлург. специальностей вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1987. – 256 с.
5. Технология литейного производства: Литье в песчаные формы: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А. П. Трухов, Ю. А. Сорокин, М. Ю. Ершов [и др.]; под ред. А. А. Трухова. – Москва : Издательский центр «Академия», 2005. – 528 с.
6. Технология литейного производства: Специальные виды литья: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Э. Ч. Гини, А. М. Зарубин, В. А. Рыбкин; под ред. В. А. Рыбкина. – Москва : Издательский центр «Академия», 2005. – 352 с.
7. Дмитриевич, А. Н. Справочник литейщика. – Минск : Высшэйшая школа, 1989. – 391с.
8. Специальные способы литья : справочник / В. А. Ефимов [и др.]; под общ. ред. В. А. Ефимова. – Москва : Машиностроение, 1991. – 436 с.
9. Технология литейного производства / Ю. А. Степанов, Г. Ф. Баландин, В. А. Рыбкин. – Москва : Машиностроение, 1983. – 287 с.
10. Справочник по чугунному литью / под общ. ред. М. Б. Гиршовича. – 3-е изд., перераб. и доп. – Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отделение, 1978. – 758 с.
11. Технология ручной формовки : метод. указания к лабо-

раторной работе по дисциплине «Технология конструкционных материалов» для студентов направлений 15.03.01, 23.03.03, по дисциплине «Технологические процессы в машиностроении» для студентов направления 15.03.05, «Технологические процессы автоматизированных производств» для студентов направления 15.03.04, по дисциплине «Физико-химические основы технологических процессов» для студентов направления 27.03.02 всех форм обучения / сост. К. П. Петренко; КузГТУ. – Кемерово, 2022. – 29 с. <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=10402>

12. ГОСТ Р 53464–2009. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку. – Москва : Стандартинформ, 2009. – 44 с.

13. ГОСТ 3212–92. Комплекты модельные. Уклоны формовочные, стержневые знаки, допуски размеров. – Москва : Издательство стандартов, 1992. – 23 с.

14. ГОСТ 3.1125–88. Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок. – Москва : Издательство стандартов, 1988. – 20 с.

#### Дополнительная литература по технологии обработки металлов давлением

15. Охрименко, Я. М. Технология кузнечно-штамповочного производства : учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1976. – 560 с.

16. Бабенко, В. А. Объемная штамповка. Атлас схем и типовых конструкций штампов : учеб. пособие для машиностроителя вузов / В. А. Бабенко, В. С. Бойцов, Ю. П. Волик. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1982. – 104 с.

17. Семенов, Е. И. Ковка и объемная штамповка. – Москва : Высш. шк., 1972. – 352 с.

18. Ковка и штамповка: Справочник / ред. совет : Е. И. Семенов, О. А. Ганаго, А. Д. Матвеев [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1985. В 4 т. Т. 1. Материалы и нагрев. Оборудование / под ред. Е. И. Семенова. – 586 с.

19. Ковка и штамповка: Справочник / ред. совет: Е. И. Семенов, О. А. Ганаго, А. Д. Матвеев [и др.]. В 4 т. Т. 2. Горячая объемная штамповка / А. П. Артошенко, И. С. Зиновьев, Л. Г. Костин

[и др.] ; под ред. Е. И. Семенова. – Москва : Машиностроение, 1985. – 592 с.

20. Романовский, В. П. Справочник по холодной штамповке. – Москва – Ленинград : Машиностроение, 1979. – 520 с.

21. Зубцов, М. Е. Листовая штамповка: учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отделение, 1980. – 432 с.

22. ГОСТ 7505–89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Москва : Издательство стандартов, 1990. – 53 с.

23. ГОСТ 3.1126–88. ЕСТД. Правила выполнения графических документов на поковки. – Москва : Издательство стандартов, 1988. – 4 с.

24. ГОСТ 19903–2015. Прокат листовой горячекатаный. Сортамент. – Москва : Стандартинформ, 2016. – 12 с.

25. ГОСТ 19904–90. Прокат листовой холоднокатаный. Сортамент. – Москва : Издательство стандартов, 1990. – 6 с.

26. Горячая объемная штамповка: метод. указания к лабораторной работе по дисциплине «Технология конструкционных материалов» для обучающихся направления подготовки 15.03.01, по дисциплине «Технологические процессы в машиностроении» для обучающихся направления подготовки 15.03.05, по дисциплине «Технологические процессы автоматизированных производств» для обучающихся направления подготовки 15.03.04, по дисциплине «Физико-химические основы технологических процессов» для обучающихся направления подготовки 27.03.02 всех форм обучения / сост. К. П. Петренко; КузГТУ. – Кемерово, 2019. – 23 с. <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=9616>

27. Технология листовой штамповки: метод. указания к лабораторной работе по дисциплине «Технология конструкционных материалов» для бакалавров направления 15.03.01, по дисциплине «Материаловедение и теория конструкционных материалов» для бакалавров направления 23.03.03, по дисциплине «Технологические процессы автоматизированных производств» для бакалавров направления 15.03.04, по дисциплине «Физико-химические основы технологических процессов» для бакалавров направления 27.03.02 всех форм обучения / сост. В. В. Драчев; КузГТУ. – Кемерово, 2022. – 36 с.

Дополнительная литература  
по технологии сварочного производства

28. Основы сварочного производства: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В. М. Виноградов, А. А. Черепашин, Н. Ф. Шпунькин. – Москва : Издательский центр «Академия», 2008. – 272 с.

29. Технология и оборудование сварки плавлением : учеб. для вузов / Г. Ф. Никифоров [и др.]; под общ. ред. Г. Ф. Никифорова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1986. – 320 с.

30. Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций. Атлас / С. А. Кудрин, В. М. Ховов, В. М. Рыбачук: учеб. пособие для студентов машиностроит. специальностей вузов. – Москва : Машиностроение, 1987. – 328 с.

31. Гуляев, А. И. Технология и оборудование контактной сварки. – Москва : Машиностроение, 1985. – 256 с.

32. Справочник сварщика / под ред. В. В. Степанова. – Москва : Машиностроение, 1982. – 560 с.

33. Неразрушающий контроль качества сварных конструкций / В. А. Троицкий [и др.]. – Киев : Техника, 1986. – 159 с.

34. Технология электрической дуговой сварки плавлением: метод. указания к лабораторной работе по дисциплине «Технология конструкционных материалов» для обучающихся направления подготовки 15.03.01, по дисциплине «Технологические процессы в машиностроении» для обучающихся направления подготовки 15.03.05, по дисциплине «Технологические процессы автоматизированных производств» для обучающихся направления подготовки 15.03.04, по дисциплине «Физико-химические основы технологических процессов» для обучающихся направления подготовки 27.03.02 всех форм обучения / сост. В. В. Драчев, К. П. Петренко; КузГТУ. – Кемерово, 2018. – 25 с.  
<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=4385>

35. ГОСТ 2.312–72. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений. – Москва : Издательство стандартов, 1988. – 40 с.

36. ГОСТ 2601–84. Сварка металлов. Термины и определения основных понятий. – Москва : Издательство стандартов, 1987. – 52 с.

37. ГОСТ 5264–80. Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – Москва : Издательство стандартов, 1984. – 64 с.

38. ГОСТ 8713–79. Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – Москва : Издательство стандартов, 1980. – 64 с.

39. ГОСТ 14771–76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – Москва : Издательство стандартов, 2001. – 38 с.