

621  
Д 40

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра технологии металлов

Н.К. Джемилев  
А.С. Христолюбов

## ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Методические указания  
и контрольные задания для студентов заочного факультета  
специальностей 150405, 190601 и 190603  
(срок обучения 3,5 года).  
Направления 150405.65, 190601.65, 190603.65.



Екатеринбург  
2008

# Электронный архив УГЛТУ

Печатается по рекомендации методической комиссии лесомеханического факультета. Протокол №1 от 20 сентября 2007 г.

Рецензент – профессор д.т.н. Е.А. Потехин

Бр.  
621 Джемилев Н.К.,  
Д 40 Христолюбов А.С.  
Технология конструкционных  
материалов и материаловед.: метод.  
указания и контрол. задания...

УГЛТУ  
Абонемент  
методической  
литературы

6-80

Редактор Л.Д. Черных  
Оператор А.А. Сидорова

Подписано в печать 20.08.08.

Плоская печать

Заказ 271

Формат 60x84 1/16

Печ.л. 2,09

Поз. 85

Тираж 75 экз.

Цена 6 р. 80 к.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ  
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

Научная библиотека  
УГЛТУ  
г. Братск, Иркутск

## Электронный архив УГЛТУ

### ВВЕДЕНИЕ

Выпуск современных машиностроительных конструкций, машин и аппаратуры невозможен без дальнейшего развития производства и изыскания новых материалов, прогрессивных технологических методов формообразования заготовок и деталей машин.

Цель курса: дать студентам знания об основных технологических методах производства деталей, свойствах конструкционных материалов и методах их термообработки.

Задачи курса:

а) изучение физической сущности основных технологических методов получения заготовок литьем, обработкой давлением, сваркой и механической обработкой резанием;

б) изучение инструментов, приспособлений и оснастки, их назначение и применение;

в) изучение свойств материалов, их внутреннего строения, механических свойств и способов их термической обработки.

В процессе изучения курса студенты выполняют контрольную работу, состоящую из трех вопросов по отдельным разделам курса.

Контрольная работа имеет 10 вариантов. Студент выполняет тот вариант задания, номер которого соответствует последней цифре его шифра. Если номер шифра оканчивается нулем, выполняется 10-й вариант задания.

Справочные данные по применению и свойствам некоторых сталей, диаграмма состояния сплавов «железо-цементит», диаграмма изотермического превращения аустенита эвтектоидной стали У8, зависимость твердости углеродистых сталей от температуры отпуска приведены в приложении.

# Электронный архив УГЛТУ

## ПРОГРАММА КУРСА

### «ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

#### Раздел I. Основы металлургического производства

##### 1. Производство чугуна

Основные физико-химические процессы получения чугуна в современных доменных печах. Продукция доменного производства.

##### 2. Производство стали

Физико-химические процессы получения стали. Производство стали в кислородных конверторах. Производство стали в мартеновских печах. Производство стали в электропечах. Разливка стали в изложницы. Процесс кристаллизации стали в изложнице. Строение слитка спокойной и кипящей стали. Непрерывная разливка стали.

#### Раздел II. Технология литейного производства

##### 1. Теоретические основы производства отливок

Литейные свойства сплавов. Жидкотекучесть. Газопоглощение, Линейная и объемная усадка. Напряжения в отливках и склонность к образованию трещин и короблению. Затвердевание отливок. Усадочные раковины. Газоусадочная пористость в отливках.

Меры предупреждения дефектов в отливках Особенности конструирования отливок с учетом литейных сплавов.

##### 2. Способы изготовления отливок

Общая технологическая схема изготовления отливок. Технологические требования к конструкции литых деталей. Изготовление отливок в песчаноглинистых формах. Сущность способа. Модельный комплект. Принципы разработки модельного комплекта по чертежу детали.

Формовочные и стержневые смеси. Требования, предъявляемые к ним. Специальные формовочные смеси.

Литниковая система и ее назначение.

Способы формовки. Способы уплотнения форм на машинах. Уплотнение прессованием, встряхиванием с подпрессовкой, пескометом.

Технология изготовления стержней.

Сборка форм и их заливка. Охлаждение отливок в форме. Выбивка стержней из отливок. Обрубка и очистка отливок. Контроль качества отливок. Техничко-экономические характеристики способа и область применения.

## Электронный архив УГЛТУ

Изготовление отливок в оболочковых формах. Сущность способа  
Технико-экономические характеристики способа и область применения.

Изготовление отливок литьем по выплавляемым моделям. Сущность  
способа. Модельные составы. Изготовление моделей. Сборка моделей в  
блоки. Формовочные материалы и их подготовка. Изготовление керамиче-  
ских оболочек. Выплавление моделей. Прокаливание форм. Выбивка и  
очистка отливок. Технико-экономические характеристики способа и об-  
ласть применения.

Изготовление отливок в металлических формах (кокилях). Сущность  
способа и область применения.

Изготовление отливок центробежным литьем. Сущность метода и  
схема процесса изготовления отливок на центробежных машинах с гори-  
зонтальной и вертикальной осями вращения.

Технико-экономические характеристики способа и область применения.

Изготовление отливок литьем под давлением. Сущность способа и  
область применения.

### 3. Качество отливок

Контроль химического состава сплава, механических свойств отли-  
вок. Способы неразрушающего контроля качества отливок. Способы ис-  
правления литейных дефектов.

## Раздел III. Технология обработки металлов давлением

### 1. Физико-механические основы обработки металлов давлением

Понятие о пластической деформации, холодная пластическая дефор-  
мация. Упрочнение металлов. Горячая деформация. Возврат, рекристалли-  
зация. Пластичность металлов и сопротивление деформированию, ков-  
кость и штампуемость, методы их определения. Влияние химического со-  
става, температуры, скорости деформации, предварительной обработки и  
схемы напряженно-деформированного состояния на пластичность и сопро-  
тивление металлов деформированию. Влияние обработки давлением на  
структуру и свойства металла. Зависимость эксплуатационных свойств де-  
талей от направления волокон в металле.

### 2. Нагрев металлов перед обработкой давлением

Назначение нагрева. Явления, происходящие в металле при нагреве.  
Температурный интервал обработки давлением. Выбор режима нагрева и  
зависимости от химического состава и размеров заготовок. Влияние тем-  
пературного режима обработки металлов давлением на качество изделий.

## Электронный архив УГЛТУ

Основные типы нагревательных устройств и их характеристика. Автоматизация нагревательных устройств. Мероприятия по борьбе с окалиной.

### 3. Прокатка, волочение и прессование

Сущность процесса прокатки. Продольная, поперечная и поперечно-винтовая прокатка. Устройство прокатных станов. Валки прокатных станов и их калибровка. Продукция прокатного производства.

Волочение. Сущность процессов волочения сплошных и полых профилей. Исходные заготовки. Готовая продукция. Характеристика применяемого оборудования.

Прессование. Сущность процессов прессования сплошных и полых профилей. Исходные заготовки и готовая продукция.

### 4. Ковка

Сущность ковки. Исходные заготовки и продукция. Основные операции. Инструмент и оборудование для ковки. Принципы составления чертежа поковки, выбора заготовок и оборудования для ковки. Ковка в подкладных штампах. Технологические особенности ковки высоколегированных сталей и цветных металлов. Технологические требования к деталям, получаемым ковкой. Автоматизация и механизация процессов ковки. Технико-экономические характеристики ковки и области ее применения.

### 5. Горячая объемная штамповка

Сущность горячей объемной штамповки. Исходные заготовки и продукция. Штамповка в открытых штампах. Процесс формообразования поковок. Значение заусенца при открытой штамповке. Одноручьевая и многоручьевая штамповка. Назначение заготовительных и окончательных ручьев. Штамповка в закрытых штампах. Процесс формообразования поковок. Требования к точности заготовок.

Отделочные операции после горячей объемной штамповки: обрезка заусенцев и прошивка отверстий, очистка поковок от окалины, правка поковок, калибровка поковок.

Оборудование для горячей объемной штамповки и его технологические особенности. Автоматизация и механизация процессов горячей объемной штамповки.

Технологические требования к деталям, получаемым из заготовок горячей объемной штамповки и области ее применения.

**Электронный архив УГЛТУ**  
6. Специализированные технологические процессы  
получения заготовок

Штамповка на горизонтально-гибочных машинах, высокоскоростных молотах, ротационно-ковочных машинах. Накатка зубчатых колес, раскатка колес. Характеристика применяемого оборудования.

**7. Холодная штамповка**

Классификация способов холодной штамповки, их характеристика и область применения.

Объемная холодная штамповка. Схема и сущность холодного выдавливания, высадки и объемной формовки.

Листовая штамповка. Сущность листовой штамповки. Исходные заготовки и продукция. Основные операции.

**Раздел IV. Технология сварочного производства**

**1. Общая характеристика сварочного производства**

Современное состояние, место, значение сварочного производства в машиностроении и перспективы его развития. Классификация способов сварки. Область применения способов сварки. Стандартизация в сварочном производстве.

**2. Физические основы получения сварных соединений**

Физическая сущность сварки плавлением и давлением. Свариваемость однородных и разнородных материалов. Особенности кристаллизации сварочной ванны. Возникновение сварочных деформаций и напряжений. Неоднородность механических свойств различных участков сварных соединений. Трещины при сварке. Методы определения свариваемости.

**3. Способы сварки плавлением**

Дуговая сварка. Виды дуговой сварки. Электрические и тепловые свойства дуги. Статическая вольт-амперная характеристика дуги. Источники сварочного тока и их внешние характеристики.

Ручная сварка покрытым электродом. Сущность и схема процессов. Сварочная проволока и электроды. Классификация электродов. Технологические режимы сварки. Техничко-экономические характеристики и область применения. Характеристика рабочего места и оборудования.

## Электронный архив УГЛТУ

Автоматическая и полуавтоматическая сварка под флюсом. Сущность и схема процесса. Особенности автоматической сварки по сравнению с ручной. Сварочные материалы. Принцип действия сварочных автоматов и полуавтоматов. Техничко-экономические характеристики и области применения.

Сварка в атмосфере защитных газов. Сущность и схема процесса. Применяемые защитные газы. Сварка неплавящимся и плавящимся электродом. Ручная, полуавтоматическая и автоматическая сварка. Техничко-экономические характеристики и область применения.

Сварка и обработка материалов плазменной струей. Схема и сущность процесса. Характеристика плазменной струи как источника тепла. Принципиальные схемы устройства для создания плазменной струи. Использование плазменной струи для резки, наплавки и напыления. Области применения.

Газовая сварка и резка. Сущность и схема процесса. Характеристика газосварочного пламени. Аппаратура для газовой сварки. Техничко-экономические характеристики и области применения.

Резка металлов. Сущность и схема процессов кислородной резки. Аппаратура для кислородной резки. Техничко-экономические характеристики и области применения.

### 4. Способы сварки давлением

Электрическая контактная сварка. Сущность и схемы процесса. Способы контактной сварки: стыковая, точечная, шовная. Устройство и принцип действия контактных машин. Техничко-экономические характеристики и область применения.

### 5. Нанесение износостойких и жаростойких покрытий

Сущность процессов. Способы наплавки и наплавочные материалы. Наплавка износостойких и других специальных сталей и сплавов. Способы напыления и металлизации.

### 6. Контроль качества сварных соединений

Виды дефектов сварных соединений. Способы контроля качества сварных соединений. Магнитный контроль. Рентгеновский контроль. Гамма-дефектоскопия. Ультразвуковой контроль. Механические испытания металла и сварных соединений.

### 7. Охрана труда, техника безопасности и охрана природы в сварочном производстве

Общие сведения об охране труда, техника безопасности и охрана природы при выполнении сварочных работ.



# Электронный архив УГЛТУ

## Раздел V. Технология обработки конструкционных материалов резанием

### 1. Общая характеристика механической обработки

Роль и место обработки резанием при изготовлении машин и приборов. Современное состояние теории обработки резанием. Классификация поверхностей и методов их обработки резанием для получения заданной шероховатости и точности. Требования к технологичности деталей и сборочных единиц, подвергаемых механической обработке. Стандартизация в области обработки резанием.

### 2. Физические основы обработки металлов резанием

Применяемая терминология. Классификация движений, необходимых для формообразования поверхностей. Понятие о схеме обработки резанием. Элементы режима резания. Геометрия срезаемого слоя металла при точении. Элементы и геометрия токарных резцов. Качество обработанной поверхности. Влияние качества поверхности на надежность и долговечность деталей машин. Силы, действующие в процессе резания. Влияние сил резания на точность обработки. Физические явления, сопровождающие процесс резания. Структура поверхностного слоя заготовки после обработки резанием. Нарост на режущем инструменте и его влияние на качество обработанной поверхности. Тепловые процессы при резании и их влияние на точность обработки и режущую способность инструмента. Влияние смазывающе-охлаждающих жидкостей на процесс резания. Износ режущего инструмента и его влияние на шероховатость и точность обработанной поверхности. Стойкость режущего инструмента и ее связь с производительностью процесса резания, основное (технологическое) время обработки.

### 3. Сведения о металлорежущих станках

Принцип классификации металлорежущих станков и их роль в технологическом процессе.

### 4. Обработка заготовок на токарных станках

Характеристика метода обработки точением. Станки токарной группы. Основные узлы и движения токарно-винторезного станка. Виды токарных резцов. Формообразование поверхности на токарно-винторезных станках. Формообразование поверхностей на револьверных, карусельных и многорезцовых токарных станках. Принципы действия токарных автоматов и полуавтоматов параллельной и последовательной обработки, типовые детали, обрабатываемые на них, технологические требования к конструкциям деталей машин, обрабатываемых на станках токарной группы. Область применения обработки точением.

## Электронный архив УГЛТУ

### 5. Обработка заготовок на сверлильных станках

Характеристика метода обработки сверлением. Основные узлы и движения сверлильного станка. Виды режущего инструмента. Элементы и геометрия спирального сверла. Зенкерование и развертывание. Область применения обработки сверлением.

### 6. Обработка заготовок на расточных станках

Характеристика метода обработки. Типы расточных станков. Основные узлы и движения горизонтально-расточного станка. Виды режущего инструмента. Формообразование поверхностей на расточных станках.

### 7. Обработка заготовок на строгальных и долбежных станках

Характеристика метода обработки строганием и долблением. Типы строгальных станков. Основные узлы и движения поперечно-строгальных станков. Виды строгальных резцов. Формообразование поверхностей на строгальных и долбежных станках.

Технологические требования к конструкциям деталей машин на строгальных и долбежных станках.

### 8. Обработка заготовок на протяжных станках

Характеристика метода обработки протягиванием. Типы протяжных станков. Виды протяжек. Элементы и геометрия круглой протяжки. Основные узлы и движения вертикально-протяжного станка. Непрерывное протягивание.

Технологические требования к конструкциям деталей машин, обрабатываемых на протяжных станках.

### 9. Обработка заготовок на фрезерных станках

Характеристика метода обработки фрезерованием. Типы фрезерных станков. Основные узлы и движения горизонтально- и вертикально-фрезерных станков. Виды фрез. Элементы и геометрия цилиндрической и торцовой фрез. Формообразование поверхностей на горизонтально- и вертикально-фрезерных станках. Особенности формообразования поверхностей на универсально-фрезерных станках с использованием делительных головок.

Технологические требования к конструкциям деталей машин, обрабатываемых на фрезерных станках.

## Электронный архив УГЛТУ

### 10. Обработка зубчатых колес на зуборезных станках

Типы зуборезных станков. Основные узлы и движения зубофрезерного и зубодолбежного станков. Элементы и геометрия червячной модульной фрезы. Элементы и геометрия зуборезного долбяка. Формообразование зубчатых колес на зубофрезерных, зубодолбежных, зубострогальных и зубопротажных станках.

### 11. Обработка заготовок на шлифовальных станках

Характеристика метода обработки шлифованием. Сведения об абразивном инструменте. Характеристика шлифовальных кругов. Износ и правка шлифовальных кругов. Типы шлифовальных станков. Основные узлы и движения кругло- и плоскошлифовального станков. Формообразование поверхностей на круглошлифовальных и плоскошлифовальных, внутришлифовальных и бесцентровошлифовальных станках.

### 12. Отделочные методы обработки

Характеристика методов отделки поверхностей. Притирание поверхностей. Полирование поверхностей. Абразивно-жидкостная обработка. Обработка поверхностей абразивными лентами. Хонингование. Суперфиниширование. Методы отделки зубьев зубчатых колес: зубошевингование, зубошлифование, зубохонингование.

### 13. Механизация и автоматизация технологических процессов механической обработки

Понятие о механизации и автоматизации. Основные направления автоматизации и механизации обработки. Принципы автоматизации станков с использованием систем программного управления. Создание станков с программным управлением. Понятие об автоматических линиях и комплексной автоматизации производства.

### 14. Охрана труда и техника безопасности в металлообрабатывающих цехах

Общие сведения об охране труда и технике безопасности в металлообрабатывающих цехах.

# Электронный архив УГЛТУ

## Раздел VI. Технология изготовления заготовок и деталей из неметаллических материалов

### 1. Общая характеристика производства

Классификация и характеристика методов получения заготовок и деталей из неметаллических материалов. Техничко-экономическая характеристика методов, область применения. Требования технологичности к конструктивному оформлению деталей, изготавливаемых из неметаллических материалов.

### 2. Технология изготовления изделий из пластмасс

Классификация способов производства изделий из полимерных материалов, их характеристика. Горячее прессование (обычное и литьевое). Область применения.

Сущность процесса и технология способов литья пластмасс (литье под давлением, центробежное и обычное литье). Области применения; инструмент и оборудование.

### 3. Технология изготовления изделий из резины

Классификация резинотехнических изделий. Способы изготовления изделий из резины и области их применения. Технология изготовления изделий из резины. Инструмент и оборудование процессов производства изделий из резины.

### 4. Технология изготовления изделий методами порошковой металлургии

Виды и свойства металлокерамических материалов. Сущность и область применения способов производства спеченных материалов. Схема технологического процесса производства порошковой металлургии.

Смешивание порошков. Холодное и горячее прессование порошков. Спекание прессованных заготовок. Отделка и обработки спеченных заготовок.

## VII. Металловедение

### 1. Строение металлов

Металловедение как наука о свойствах металлов и сплавов. Атомно-кристаллическое строение металлов. Основные типы кристаллических решеток. Аллотропия металлов и анизотропия свойств. Процесс кристаллизации.

## Электронный архив УГЛТУ

Рассмотрите особый тип металлической связи, который обуславливает отличительные свойства металлов: высокую электропроводность и теплопроводность, высокую пластичность и металлический блеск. Металлические тела характеризуются кристаллическим строением. Однако свойства реальных кристаллов определяются известными несовершенствами кристаллического строения. В связи с этим необходимо разобраться в видах несовершенств и особенно в строении дислокаций (линейных несовершенств), причинах их легкого перемещения в кристаллической решетке и влияния на механические свойства. Уясните теоретические основы кристаллизации, состоящей из двух элементарных процессов: зарождения и роста кристаллов и влияния на эти параметры степени переохлаждения.

### 2. Теория сплавов

Сплавы, виды взаимодействия компонентов в твердом состоянии. Диаграмма состояния для случаев полной нерастворимости, неограниченной и ограниченной растворимости компонентов в твердом виде, а также для случая образования устойчивого химического соединения.

Необходимо отчетливо представлять строение металлов и сплавов в твердом состоянии. Уясните, что такое твердый раствор, химическое (металлическое) соединение, механическая смесь. Наглядное представление о состоянии любого сплава в зависимости от его состава и температуры дают диаграммы состояния. Нужно усвоить методику построения диаграмм состояния.

При изучении диаграмм состояния нужно уметь применять правило отрезков (для определения доли каждой фазы или структурной составляющей в сплаве), определять химический состав фаз.

### 3. Пластическая деформация и механические свойства металлов

Напряжения и деформация. Явление наклепа. Стандартные механические свойства: твердость; характеристики, определяемые при растяжении; ударная вязкость; сопротивление усталости.

Рассмотрите физическую природу деформации и разрушения. Внимание уделите механизму пластической деформации, ее влиянию на микроструктуру, плотность дислокаций. Уясните связь между основными характеристиками, строением и механическими свойствами. Разберитесь в сущности явления наклепа и его практическом использовании.

Изучите основные методы исследования механических свойств металлов. Свойства, полученные на гладких образцах, не совпадают со свойствами готового изделия, выполненного из предварительно испытанного материала. Это связано с наличием в реальных деталях отверстий, надрезов и других концентраторов напряжений, а также с различием в характере

## Электронный архив УГЛТУ

напряженного состояния образца и детали. Отсюда вытекает важность испытаний образцов с надрезами, позволяющих приблизить условия испытаний к условиям эксплуатации материала и получить результаты, характеризующие конструкционную прочность металла.

### 4. Влияние нагрева на структуру и свойства деформируемого металла

Необходимо знать сущность рекристаллизационных процессов: возврата, первичной рекристаллизации, собирательной (вторичной) рекристаллизации, протекающих при нагреве деформированного металла. Уясните, как при этом изменяются механические, физико-химические свойства и размер зерна. Установите влияние состава сплава и степени пластической деформации на протекание рекристаллизационных процессов. Научитесь выбирать режимы рекристаллизационного отжига. Уясните его практическое значение, различие между холодной и горячей пластическими деформациями.

### 5. Железо и его сплавы

Диаграмма состояния железо - цементит. Классификация железоуглеродистых сплавов. Фазы, образующиеся в сплавах железа. Структурные классы углеродистых и легированных сталей. Чугуны.

Научитесь вычерчивать диаграмму состояния «железо-цементит» и определять все фазы и структурные составляющие этой системы. Постройте кривые охлаждения (или нагревания) для любого сплава; разберитесь в классификации железоуглеродистых сплавов и усвойте, что различия между тремя классами (техническое железо, сталь, чугун) не является формальным (по содержанию углерода). Разные классы сплавов принципиально различны по структуре и свойствам. Технические железоуглеродистые сплавы состоят не только из железа и углерода, но и обязательно содержат постоянные примеси, попадающие в сплав в результате предыдущих операций при выплавке.

Изучите влияние легирующих элементов на критические точки железа и стали и объясните, при каком сочетании углерода и соответствующего легирующего элемента могут быть получены легированные стали ферритного, перлитного, аустенитного и ледебуритного классов.

Уясните влияние постоянных примесей на строение чугуна и разберитесь в различии металлической основы серых чугунов разных классов. Запомните основные механические свойства и назначение чугунов различных классов и их маркировку. Обратите внимание на способы получения ковких и высокопрочных чугунов. Изучите физическую сущность процесса графитизации.

# Электронный архив УГЛТУ

## 6. Теория термической обработки стали

Преобразования в сталях при нагреве. Преобразования переохлажденного аустенита. Мартенситное превращение и его особенности. Преобразования аустенита при непрерывном охлаждении. Преобразования при отпуске закаленной стали.

Теория и практика термической обработки стали - главные вопросы металловедения. Термическая обработка - один из основных способов влияния на строение, а следовательно, и на свойства сплавов.

При изучении превращений переохлажденного аустенита особое внимание обратите на диаграмму изотермического распада устанавливающую связь между температурными условиями превращения, интенсивностью распада и строением продуктов превращения. Разберитесь в особенностях перлитного, промежуточного и мартенситного превращения, происходящих в верхней, средней и нижней температурных областях, соответственно. Уясните строение и свойства перлита, сорбита, тростита, бейнита, мартенсита и, особенно, различие, и сходство одноименных структур, получаемых при распаде аустенита и отпуске закаленной стали. Запомните практическое значение термокинетических диаграмм.

Изучите влияние легирующих элементов на кинетику и характер превращения в перлитной, промежуточной и мартенситной областях. В связи с влиянием легирующих элементов на диаграммы изотермического распада аустенита рассмотрите причины получения различных классов по структуре (перлитного, мартенситного и аустенитного). Уясните влияние легирующих элементов на превращения при отпуске. Запомните, что легирующие элементы, как правило, затормаживают процессы превращений.

## 7. Технология термической обработки

Основные виды термической обработки стали. Отжиг, нормализация, закалка, обработка холодом. Прокаливаемость стали. Отпуск стали. Поверхностная закалка.

Уясните влияние скорости охлаждения на структуру и свойства стали и физическую сущность процесса отжига, нормализации, закалки и обработки холодом. При изучении технологических процессов термической обработки особое внимание обратите на разновидности режимов и их назначение. Для выяснения причин брака при термической обработке стали следует прежде всего разобраться в природе термических и фазовых напряжений.

Уясните различие между закаливаемостью и прокаливаемостью стали, а также факторы, влияющие на эти характеристики. Разберитесь в способе получения высокопрочных деталей термомеханической обработкой.

## Электронный архив УГЛТУ

Различные виды поверхностной закалки позволяют получить особое сочетание свойств поверхностного слоя и сердцевины, что приводит к повышению эксплуатационных характеристик изделия. При изучении индукционной закалки уясните связь между глубиной проникновения закаленного слоя и частотой тока. Закалка при нагреве токами высокой частоты приводит к получению более высоких механических свойств, чем при обычном нагреве.

### 8. Химико-термическая обработка стали и поверхностное упрочнение наклепом

Физические основы химико-термической обработки. Цементация. Азотирование. Диффузионная металлизация. Дробеструйный наклеп.

Процесс химико-термической обработки состоит из выделения атомов насыщающего вещества внешней средой, захвата (сорбции) этих атомов поверхностью металла и диффузии их внутрь металла. Насыщение может происходить из твердой, жидкой и газовой сред, поэтому нужно знать наиболее удачные варианты насыщения для каждого метода химико-термической обработки и конечные результаты (поверхностное упрочнение и изменение физико-химических свойств).

Разберитесь в технологии проведения отдельных видов химико-термической обработки. Уясните преимущества и области использования цементации, азотирования и различных видов диффузионной металлизации. Объясните влияние легирования на механизм формирования структуры поверхностного слоя. Рассмотрите сущность и назначение дробеструйного поверхностного наклепа и его влияние на эксплуатационные свойства деталей машин.

### 9. Конструкционные стали

Конструкционные стали общего назначения, цементуемые, улучшаемые, пружинно-рессорные, строительные, шарикоподшипниковые стали. Износоустойчивые стали. Коррозионно-стойкие и жаростойкие стали и сплавы. Жаропрочные стали и сплавы.

Нужно усвоить принципы маркировки сталей и уметь по маркировке определить состав и особенности данной стали; а также иметь общее представление о разных группах стали.

Разберитесь во влиянии легирующих элементов на изменение структуры и свойств стали, особое внимание уделите технологическим особенностям термической обработки легированной стали различных групп.

Рассмотрите способы классификации (по структуре в нормализованном состоянии и, особенно важно для машиностроителей, по назначению), основные принципы выбора для различного назначения цементуемых,



улучшаемых, пружинно-рессорных, износостойких, высокопрочных, нержавеющих, жаропрочных и других сталей.

При изучении жаропрочных сталей обратите внимание на особенности поведения металла в условиях нагружения при повышенных температурах. Уясните сущность явления ползучести и основные характеристики жаропрочности. Каковы предельные рабочие температуры и области применения сталей различного структурного класса.

В качестве примеров укажите две-три марки стали каждой группы, расшифруйте состав, назначьте режим термической обработки и охарактеризуйте структуру, свойства и область применения.

#### 10. Инструментальные материалы

Классификация и маркировка инструментальных сталей. Стали для режущего, измерительного и штампового инструментов. Твердые сплавы.

Изучите классификацию инструментальных сталей в зависимости от назначения инструмента и в связи с этим рассмотрите основные эксплуатационные свойства инструмента каждой группы. Особое внимание уделите быстрорежущим сталям. Уясните особенности их термической обработки.

При изучении штамповых сталей необходимо различать условия работы штампов для деформирования в холодном состоянии и штампов для деформирования в горячем состоянии.

Студент обязан уметь выбрать марку стали для инструмента различного назначения, расшифровать ее состав, назначить режим термической обработки, объяснить сущность происходящих при термической обработке превращений и указать получаемые структуру и свойства.

#### 11. Специальные стали и сплавы

В этом разделе изучают стали и сплавы с особыми физическими свойствами: магнитомягкие и магнитотвердые материалы, материалы с заданным электрическим сопротивлением и др.

Необходимо знать особенности применения таких материалов, их термообработку.

#### 12. Алюминий и его сплавы

Деформируемые и литейные сплавы.

Обратите внимание на основные преимущества алюминиевых сплавов, связанных с их высокой удельной прочностью. Рассмотрите классификацию алюминиевых сплавов и обоснуйте технологический способ изготовления изделий из сплавов каждой группы. Разберитесь в основах теории термической обработки (старения) легких сплавов. Обоснуйте выбор способа упрочнения деформируемых сплавов.

Латуни и бронзы.

Изучите классификацию медных сплавов и уясните маркировку, состав, структуру, свойства и области применения разных групп медных сплавов.

### 14. Экономическая эффективность применения различных материалов и методы повышения долговечности изделий

Проследите зависимость стоимости углеродистых сталей от их качества и способов выплавки. Сопоставьте стоимость серых, ковких и высокопрочных чугунов и различных сталей в зависимости от степени легирования. Проведите анализ факторов, влияющих на себестоимость термической и химико-термической обработки.

Разберитесь в методике расчета экономической эффективности применения упрочняющих процессов с учетом долговечности деталей в эксплуатации. Обоснуйте области применения углеродистых и легированных сталей, цветных металлов и неметаллических материалов.

## ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

### Вариант 1

1. Кратко изложите сущность способа литья в оболочковые формы и приведите поясняющие эскизы. Укажите достоинства, недостатки и области применения этого способа литья.

2. Приведите схемы обработки поверхностей 1, 2, 3 детали, чертеж которой дан на рис. 1. Для каждой схемы укажите название станка, инструмента и зажимных приспособлений. Приведите эскизы инструмента для обработки поверхности 3 и приспособления для закрепления заготовки при обработке поверхности 2.

3. Назначьте температуру закалки, охлаждающую среду и температуру отпуска рессор из стали 65Г, которые должны иметь твердость 45 - 50 HRC. Опишите микроструктуру и свойства.

### Вариант 2

1. Кратко изложите сущность способа литья по выплавляемым моделям и приведите поясняющие эскизы. Укажите достоинства, недостатки и области применения этого способа литья.

2. Приведите схемы обработки поверхностей 1, 2, 3 детали, чертеж которой дан на рис. 2. Для каждой схемы укажите названия станка, инструмента и зажимных приспособлений. Приведите эскизы инструмента для

## Электронный архив УГЛТУ

обработки поверхности 1 и приспособления для закрепления заготовки при обработке поверхности 1.

3. Для изготовления метчиков выбрана сталь У10. Назначьте режим термической обработки, приведите его обоснование и укажите структуру и свойства метчиков в готовом виде.

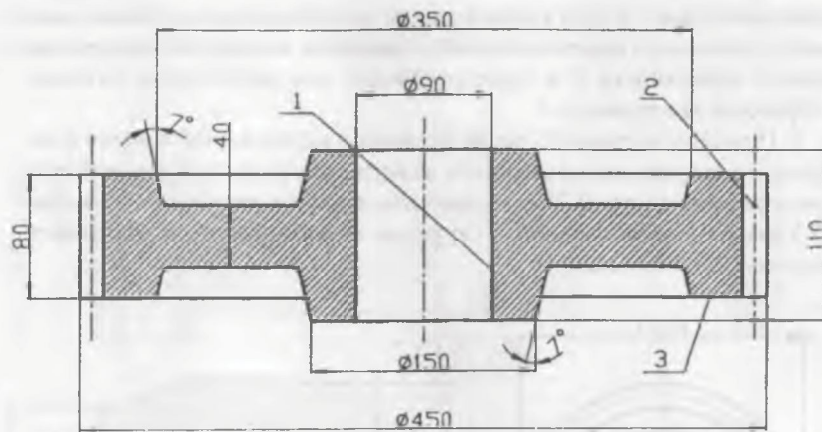


Рис. 1. Колесо зубчатое. Материал – сталь 35Л

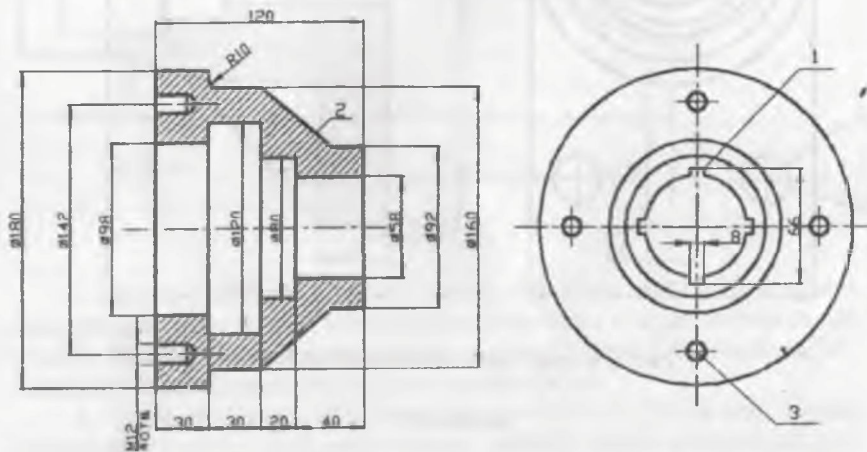


Рис. 2. Полумуфта. Материал – сталь 30Л

## Электронный архив УГЛТУ

### Вариант 3

1. Кратко изложите сущность способа литья в кокиль и приведите эскизы, поясняющие конструкции кокилей. Укажите применяемые сплавы, достоинства, недостатки и области применения этого способа литья.

2. Приведите схемы обработки поверхностей 1, 2, 3 детали, чертеж которой дан на рис. 3. Для каждой схемы укажите название станка, инструмента и зажимных приспособлений. Приведите эскизы инструмента для обработки поверхности 2 и приспособлений для закрепления заготовки при обработке поверхности 3.

3. Пружина из стали 65 после правильно выполненной закалки и последующего отпуска имеет твердость значительно ниже, чем это требуется по техническим условиям. Чем вызван этот дефект и как можно его исправить? Укажите, какая твердость и структура обеспечивают упругие свойства пружин.

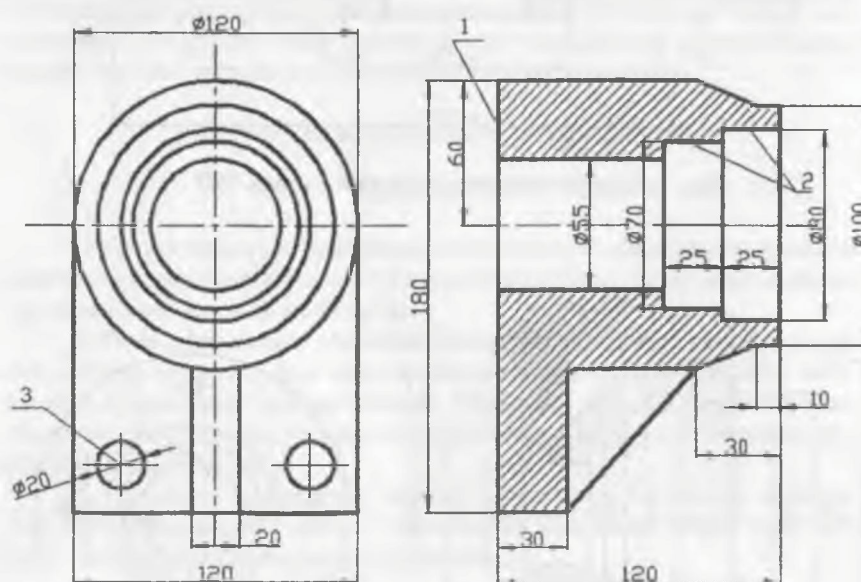


Рис.3. Корпус подшипника. Материал - СЧ12

### Вариант 4

1. Кратко опишите основные технологические особенности литья в кокиль. Приведите схему однопозиционного кокильного станка и объясните его работу.

## Электронный архив УГЛТУ

2. Приведите схемы обработки поверхностей 1, 2, 3 детали, чертеж которой дан на рис. 4. Для каждой схемы укажите название станка, инструмента и зажимных приспособлений. Приведите эскизы инструмента для обработки поверхности 2 и приспособления для закрепления заготовки при обработке поверхности 3.

3. Изделия из стали 40X требуется подвергнуть улучшению. Назначьте режим термической обработки, опишите сущность происходящих превращений, структуру и свойства стали.

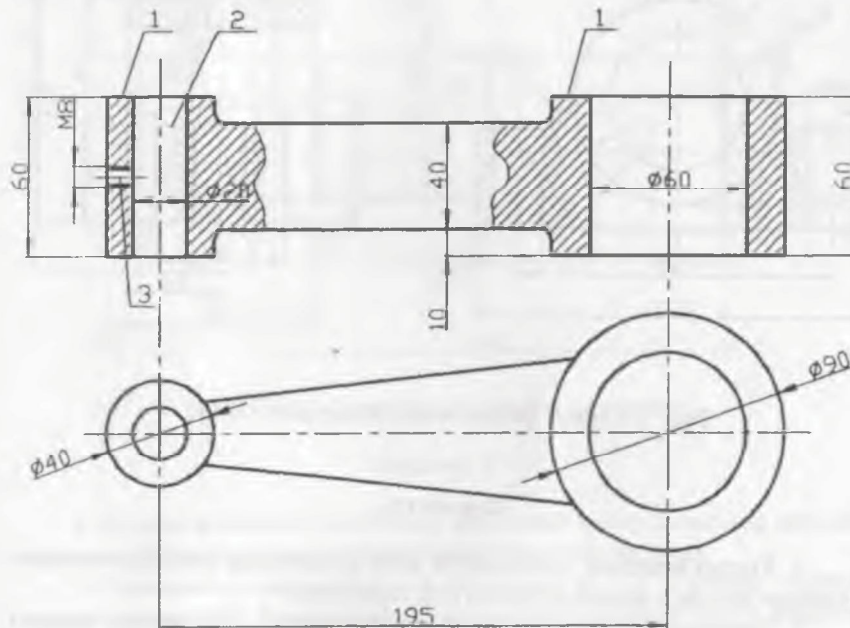


Рис. 4. Серьга. Материал – ВЧ60

### Вариант 5

1. Кратко изложите сущность способа литья под давлением, опишите конструкцию пресс-формы и приведите схему литья под давлением на машинах с горизонтальной камерой прессования. Укажите достоинства, недостатки и области применения этого способа литья.

2. Приведите схемы обработки поверхностей 1, 2, 3 детали, чертеж которой дан на рис. 5. Для каждой схемы укажите названия станка инструмента и зажимных приспособлений. Приведите эскиз инструмента для обработки поверхности 3 и зажимного приспособления при обработке поверхности 2.

3. Требуется произвести поверхностное упрочнение изделий из стали 15Х. Назначьте вид обработки, опишите его технологию, происходящие в стали превращения, структуру и свойства поверхности и сердцевины.

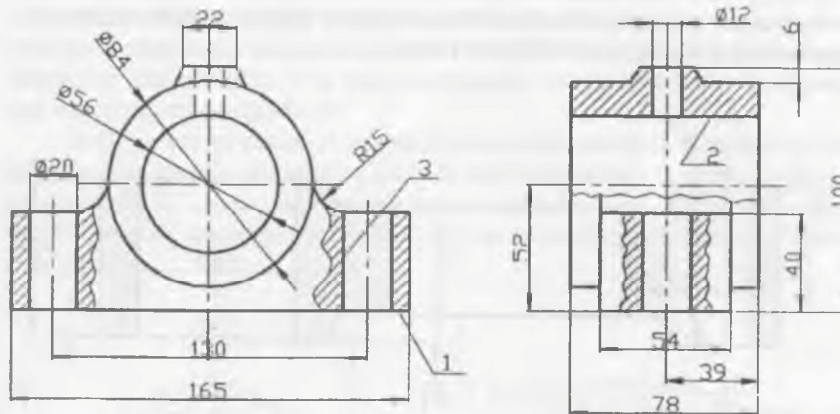


Рис. 5. Корпус подшипника. Материал – ВЧ50

#### Вариант 6

1. Кратко опишите особенности конструирования деталей, изготавливаемых литьем в кокиль и литьем под давлением.

2. Приведите схемы обработки поверхностей 1, 2, 3 детали, чертеж которой дан на рис. 6. Для каждой схемы укажите названия станка, инструмента и зажимных приспособлений. Приведите эскиз инструмента для обработки поверхности 2 и приспособления для закрепления заготовки при обработке поверхности 1.

3. В результате термической обработки зубчатые колеса должны получить твердый износостойчивый поверхностный слой при вязкой сердцевине. Для их изготовления выбрана сталь 8ХНМФА. Расшифруйте состав и определите группу стали по назначению. Назначьте режим термической и химико-термической обработки, приведите его обоснование, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке данной стали. Опишите микроструктуру и свойства стали после термической обработки.

## Электронный архив УГЛТУ

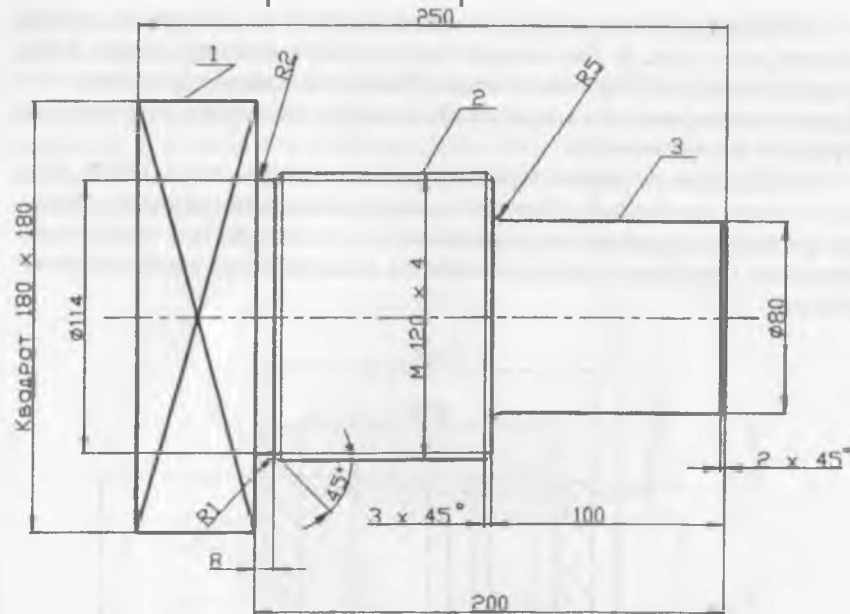


Рис. 6. Заглушка. Материал – сталь 40

### Вариант 7

1. Кратко изложите сущность и приведите схему литья под низким давлением. Укажите области применения этого способа литья.

2. Приведите схемы обработки поверхностей 1, 2, 3 детали, чертеж которой дан на рис.7. Для каждой схемы укажите названия станка, инструмента и зажимных приспособлений. Приведите эскизы инструмента для обработки поверхности 1 и приспособления для закрепления заготовки при обработке поверхности 3.

3. Для отливки ответственных зубчатых колес, шкивов и т.д. используются серые чугуны. Выберите марки чугунов, их состав, структуру и свойства.

### Вариант 8

1. Приведите схему центробежного литья на машинах с горизонтальной осью вращения. Кратко изложите сущность и особенности этого метода литья, укажите достоинства, недостатки и области применения.

## Электронный архив УГЛТУ

2. Приведите схемы обработки поверхностей 1, 2, 3 детали, чертеж которой дан на рис. 8. Для каждой схемы укажите названия станка, инструмента и зажимных приспособлений. Приведите эскизы инструмента для обработки поверхности 1 и приспособления для закрепления заготовки при обработке поверхности 3.

3. Для приготовления обрезных штампов выбрана сталь Х8ВФ. Укажите состав, назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке. Опишите структуру и свойства штампов после термической обработки.

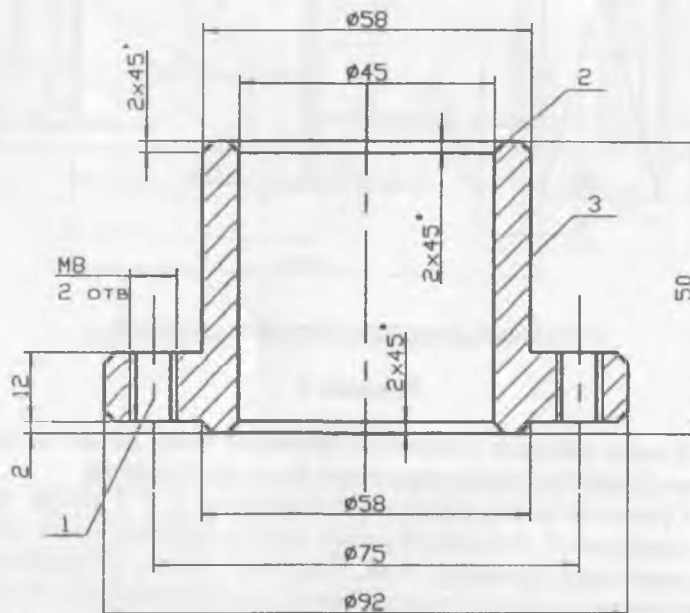


Рис. 7. Втулка. Материал – сталь 40

### Вариант 9

1. Приведите схему центробежного литья на машинах с вертикальной осью вращения. Кратко изложите сущность и особенности этого способа литья, укажите достоинства, недостатки и области его применения.

2. Приведите схемы обработки поверхностей 1, 2, 3 детали, чертеж которой дан на рис. 9. Для каждой схемы укажите названия станка, инструмента и зажимных приспособлений. Приведите эскизы инструмента для



## Электронный архив УГЛТУ

обработки поверхности 2 и приспособления для закрепления заготовки при обработке поверхности 3.

3. В котлостроении используется сталь 12Х2МФСР. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте режим термической обработки и приведите его обоснование. Объясните влияние легирующих элементов на превращения при термической обработке стали. Опишите влияние температуры на механические свойства стали.

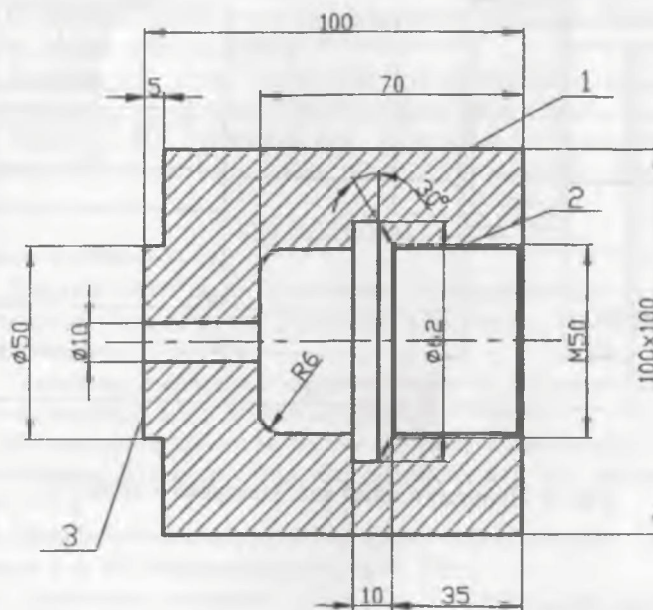


Рис. 8. Стакан. Материал – сталь 40

### Вариант 10

1. Кратко изложите сущность литья в песчано-глинистые формы. Приведите поясняющие эскизы процесса получения литейной формы. Укажите область применения этого способа литья.

2. Приведите схемы обработки поверхностей 1, 2, 3 детали, чертеж которой дан на рис. 10. Для каждой схемы укажите названия станка, инструмента и зажимных приспособлений. Приведите эскизы инструмента для обработки поверхности 2 и приспособления для закрепления заготовки при обработке поверхности 3.

## Электронный архив УГЛТУ

3. Выберите марку чугуна для изготовления ответственных деталей машин (коленчатые валы, шатуны и т.п.). Укажите состав, обработку, структуру и основные механические свойства деталей из этого чугуна.

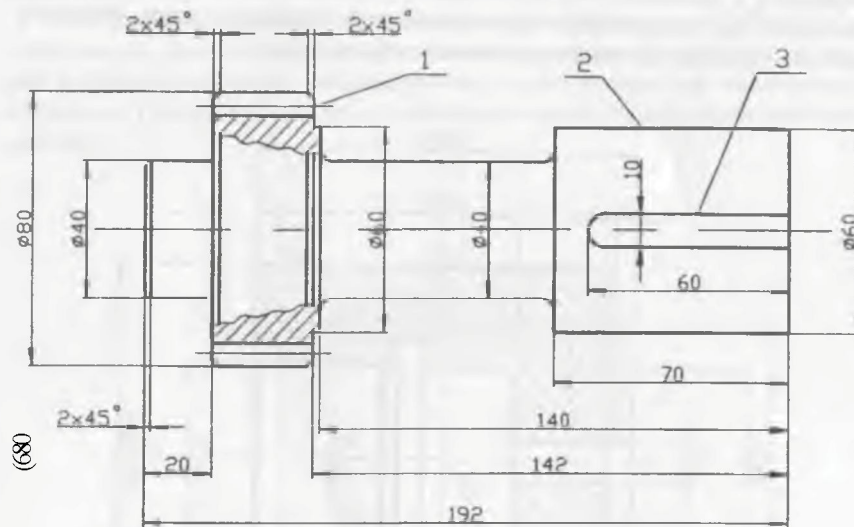


Рис. 9. Промежуточный вал. Материал – сталь 45

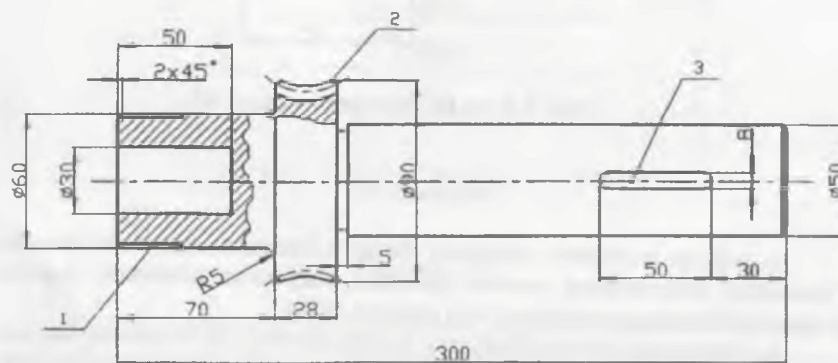


Рис. 10. Вал. Материал – сталь 30

## Электронный архив УГЛТУ СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная

1. Сайт кафедры технологии металлов УГЛТУ [www.tmetall.narod.ru](http://www.tmetall.narod.ru).
2. Материаловедение и технология металлов. / Под ред. Фетисова Г.П. М.: Высшая школа, 2002.
3. Материаловедение и технология металлов. / Под ред. Фетисова Г.П. 3-е изд. М.: Высшая школа, 2005.
4. Материаловедение и технология металлов. / Под ред. Фетисова Г.П. 4-е изд. М.: Высшая школа, 2006.
5. Потехин Б.А. и др. Технология конструкционных материалов и материаловедение: метод. указ., УГЛТУ. Екатеринбург, 2007.
6. Черемных Н.С., Илюшин В.В., Потехин Б.А. Технология конструкционных материалов: метод. указ., УГЛТУ. Екатеринбург, 2007.

### Дополнительная

7. Дальский А.М. и др. Технология конструкционных материалов: Учеб. для вузов. / Под общ. ред. Дальского А.М. 2-е изд. М. Машиностроение, 1985. 448 с.
8. Технология металлов и материаловедение. Кнорозов Б.В., Усова Л.Ф., Третьякова А.И. и др. М: Металлургия, 1987. 800 с.
9. Материаловедение и технология металлов. Солнцев Ю.П., Веселов В.А., Демянцевич В.П. и др. / Под общ. ред. Солнцева Ю.П. М: Металлургия, 1988. 511 с.
10. Обработка металлов резанием: Справочник технолога. / Под общ. ред. Панова А.А. М: Машиностроение, 1988. 738 с.
11. Справочник сварщика. / Под ред. Степанова В.В. М: Машиностроение, 1983. 560 с.
12. Блом Э.Э., Джемилев Н.К. Основы литейного производства и обработка металлов давлением. Свердловск, 1991. 84 с.
13. Гуляев А.П. Металловедение. М., 1986.
14. Жадан В.Г. и др. Материаловедение и технология материалов. М., 1994.
15. Джемилев Н.К. Технология конструкционных материалов. Производство чугуна и стали. Екатеринбург, 1999. 15 с.
16. Блом Э.Э., Потехин Б.А., Резников Е.Г. Материаловедение. Основы термической обработки и принципы выбора конструкционных и инструментальных сталей. Екатеринбург, 1999. 59 с.

# Электронный архив УГЛТУ

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

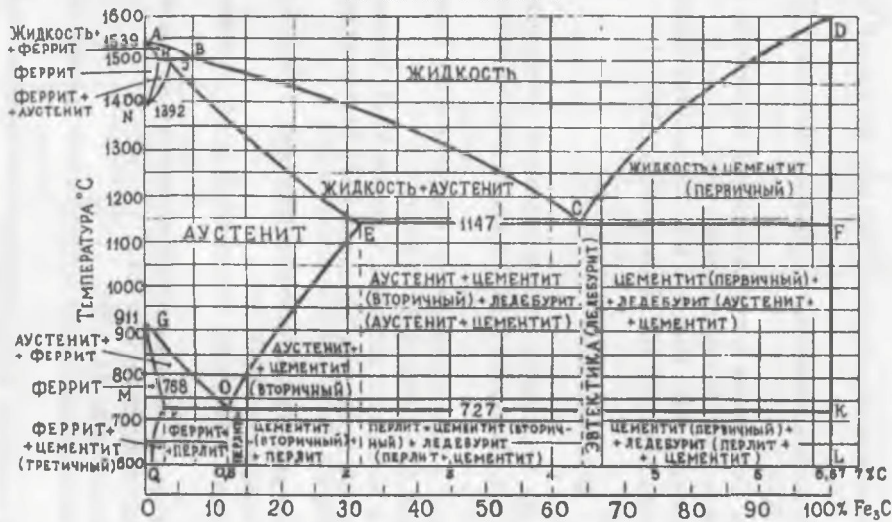


Рис. П.1. Диаграмма состояния (железо-цементит)

Таблица П.1

Температуры основных точек на диаграмме

	C, %	t, °C		C, %	t, °C
A	0	1539	S	0,83	727
C	4,30	1147	G	0	911
D	6,67	1600	P	0,02	727
E	2,14	1147	Q	0,008	0

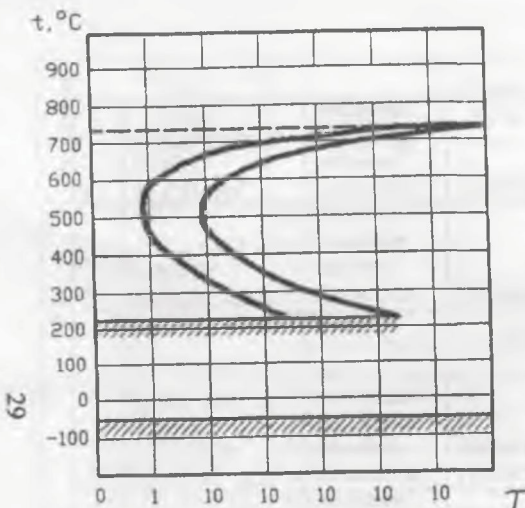


Рис. П. 2. Диаграмма изотермического превращения аустенита эвтектоидной стали У8 и примерная твердость образующихся структур (HRC ≈ 10 НВ)

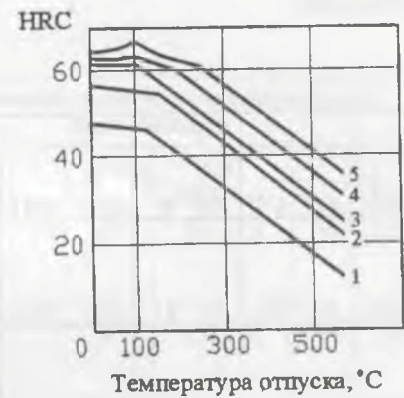


Рис. П. 3. Зависимость твердости некоторых углеродистых сталей от температуры отпуска. Содержание углерода (%): 1 - 0,25; 2 - 0,40; 3 - 0,60; 4 - 0,80; 5 - 1,20.

# Электронный архив УГЛТУ

Таблица П.2

## Цементуемые стали

№ группы	Марка стали	Условия работы	Сечение детали	Прокаливаемость $D_{кр}$ , мм	Перечень деталей	Поверхностный слой HRC	Механические свойства сердцевины детали			
							$\sigma_b$ , МПа	$\delta$ , %	КСЦ, МДж/м <sup>2</sup>	НВ
1	10 ГОСТ 1050-74	Износ при малых удельных нагрузках	Малое	Менее 10	Кулачки, штамповый инструмент	60...64	Не регламентированы			95...100
2	15Х, 15Г, 20Х, 20Г, 15ХФ, 12ХН2 ГОСТ 4543-71	Износ при повышенных удельных нагрузках	Малое и среднее	10...15	Штамповый инструмент, зубчатые колеса, работающие на износ без динамических нагрузок	58...61	750...850	15	1,0...1,2	100...160
3	18ХГМ, 18ХГТ, 12ХНЗА ГОСТ 4543-71	Износ при высоких удельных нагрузках	Среднее	15...20	Шестерни	56...61	1200...1300	12...15	0,8...1,0	250...350
4	18Х2Н4ВА, 30ХГТ ГОСТ 4543-71	Износ при высоких удельных нагрузках	Большое	Более 100	Зубчатые колеса автомобиля	56...61	1300...1600	10...14	0,7...1,0	320...440

Таблица П.3

## Улучшаемые стали

№ группы	Марка стали	Условия нагружения	Прокаливаемость $D_{кр}$ , мм	Перечень деталей	Механические свойства после окончательной термообработки			
					$\sigma_b$ , МПа	$\delta$ , %	КСЦ, МДж/м <sup>2</sup>	НВ
1	30, 40, 45, 50 ГОСТ 1050-74	Детали, работающие при малых нагрузках	8...12	Гладкие, ступенчатые валы, фланцы, штифты, цапфы, валы карданные	700...800 800	11...15	1,0...1,3	241...269
2	30Х, 40Х, 40Г, 40ХН ГОСТ 4543-71	Средненагруженные детали	15 20...25	Оси, рычаги, коленчатые валы, шестерни, болты шатуна	850...930	11...18	0,8...0,8	265...270
3	30ХГСА, 40ХНМА, 30ХН2ВФ, 18Х2Н4ВА ГОСТ 4543-71	Детали, работающие при наибольших удельных нагрузках	30 80 100 120	Валы, детали рулевого управления, тяжело нагруженные детали редукторов машин	1100...1150	10...15	1,0...1,2	267

# Электронный архив УГЛТУ

Таблица П.4

Пружинно-рессорные стали, ГОСТ 14959-79

№ группы	Марка стали	Характеристика	Назначение	Механические свойства после окончательной термообработки			
				$\sigma_s$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %	НВ
1	65, 85, 60Г, 70Г	Стали пониженной прочности	Пружины механизмов и машин	1000...1150	800...1000	7...10	320...420
2	50ХГ, 55ХГР, 55С2, 60С2, 50ХФА, 50ХГФА	Стали средней прочности	Рессоры автомашин, пружины подвижного состава железнодорожного транспорта	1300...1600	1100...1400	5...8	360...480
3	70С2ХА, 70С3А, 60С2ХФА	Стали повышенной прочности	Пружины тяжелонагруженных механизмов машин	1600...1900	1450...1700	6...8	380...480

32

Таблица П.5

Инструментальные стали (режущие) и твердые сплавы

Марка стали	Условия работы, $t_{\text{доп}}$ на режущей кромке	HRC после термообработки	Примерный перечень изделий
1	2	3	4
Нетеплостойкие У8 У10 У12 У13 ГОСТ 1435-74	Динамические нагрузки; $t = 190...200$ °С; прокаливаемость $D_{\text{кр}} 8...10$ мм	54...58 62...63 61...65 61...65	Деревообрабатывающий инструмент, зубила, отвертки, фрезы, сверла, ручные метчики, напильники
Нетеплостойкие ХВСГ 9ХС ХВГ ГОСТ 5950-63	$t = 250...260$ °С; прокаливаемость $D_{\text{кр}} 50...90$ мм	63...64 62...63 62...64	Напильники, плашки, развертки, зенкера, протяжки
Теплостойкие (красностойкие) Р9 Р12 Р18 Р6М5 ГОСТ 9373-60	$t = 615...620$ °С	62 63 62 63	Метчики машинные, сверла, резцы, протяжки, плашка для нарезания твердых металлов, долбяки, шаберы, фрезы резьбовые, развертки
Р6М5К5 Р9М4К8 Р12Ф4К5 ГОСТ 9373-60	$t = 630...640$ °С	65 67...69 65...67	Фрезы для резания труднообрабатываемых сплавов, фрезы и сверла, работающие при повышенных нагрузках
Твердые сплавы Вольфрамовые ВК2 ВК3 ГОСТ 3882-61	Повышенная скорость резания; $t = 800$ °С	90 91	Инструмент для чистового и полустого точения, нарезания резьбы, обработки серого чугуна, цветных металлов, неметаллических материалов

33

# Электронный архив УГЛТУ

Окончание табл. П.5

1	2	3	4
ВК4 ВК6 ГОСТ 3882-61	Высокая износостойкость; $t = 800\text{ }^{\circ}\text{C}$	89,5 88,5	Инструмент для черного точения, черновой и чистой фрезеровки чугуна, цветных сплавов, жаропрочных материалов
ВК15 ГОСТ 3882-61	Высокая сопротивляемость ударам	86,0	Инструмент для обработки труднообрабатываемых мате- риалов, деревообрабатывающий инструмент
Титано-вольфрамовые Т30К4 ГОСТ 3882-61 Твердые сплавы Т15К6 ГОСТ 3882-61	Наивысшие износостойкость и скорость резания	92	Инструмент для чистового точения при непрерывном режиме
Т5К10 ГОСТ 3882-61	Более низкая скорость резания и износостойкость	90	Инструмент для чистового и получистового точения стали (непрерывный режим)
Титано-тантало- вольфрамовые ТТ10К8 ТТ7К12 ТТ20К9 ГОСТ 3882-61	Низкая скорость резания и износостойкость	88,5	Инструмент для чистового строгания, чернового фрезерования стали
	Высокая сопротивляемость вибрации и выкрашиванию $t = 900...1000\text{ }^{\circ}\text{C}$	89 87	Инструмент для черновой и чистовой обработки труднообрабатываемых материалов, в том числе жаропрочных и нержавеющей сталей