

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«МИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ»

---

Цикловая комиссия инженерной графики и технологии материалов

## **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ**

Программа, методические указания,  
домашние контрольные работы,  
и экзаменационные вопросы

для учащихся отделения заочного обучения  
по специальности 2-36 01 01 «Технология машиностроения»  
(по направлениям)

Минск  
2015

Разработала: Ганусевич Т.В. – преподаватель учреждения образования  
«Минский государственный машиностроительный колледж».

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программой дисциплины «Материаловедение и технология материалов» для заочной формы обучения предусматривается изучение металлургии черных и цветных металлов, основ материаловедения и термической обработки, конструкционных и инструментальных сталей, цветных металлов, твердых сплавов и неметаллических материалов, обработки металлов давлением, литейного и сварочного производств.

Изучение дисциплины «Материаловедение и технология материалов» основывается на знаниях полученных учащимися по дисциплинам: «Физика», «Химия», «Инженерная графика», «Нормирование точности и технологические измерения».

В процессе изучения дисциплины необходимо обеспечить: формирование у учащихся знаний о значении материалов в современном производстве, их строении, составе и свойствах, методах испытания и маркировки, видах термической и химико-термической обработки металлов и ее связях с диаграммой состояния железоуглеродистых сплавов;

формирование знаний по основам порошковой металлургии, литейного и сварочного производств, обработки металлов давлением;

формирование у учащихся умений по выбору марок материалов для машин и инструментов, выбору вида обработки конкретных изделий с целью достижения заданной структуры и свойств;

воспитание потребности в бережном отношении и рациональном использовании конструкционных и инструментальных материалов, их экономном расходовании;

развитие технического мышления.

По каждой теме определены цели ее изучения и результаты их достижения с учетом основных уровней усвоения учебного материала.

Приведены примерные критерии оценки результатов учебной деятельности учащихся по дисциплине.

При изложении учебного материала необходимо соблюдать единство терминологии, обозначений и единиц измерений в соответствии с действующими техническими нормативными правовыми актами.

Для усвоения знаний, активизации познавательной деятельности и развития технического мышления учащихся программой предусмотрено проведение лабораторных и практических работ.

С целью контроля результатов учебной деятельности учащихся программа предусматривает две домашние контрольные работы.

По итогам изучения дисциплины «Материаловедение и технология материалов» проводится экзамен. Условием допуска к экзамену является наличие зачтенных домашних контрольных работ и отработанных лабораторно-практических занятий.

## **ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ»**

Введение

Раздел 1. Metallургия чёрных и цветных металлов

Темы 1.1. Производство чугуна

Темы 1.2. Производство стали

Темы 1.3. Производство цветных металлов

1.(с.132-159), 2.(с.39-73)

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Дать определение чугуну и назвать состав шихтовых материалов для его производства.
2. Охарактеризовать доменную печь и назвать продукты доменного производства.
3. Раскрыть сущность передела чугуна в сталь.
4. Охарактеризовать способы получения стали в кислородных конверторах, мартеновских и электрических печах.
5. Описать методы рафинирования стали.
6. Охарактеризовать основные способы получения из руд меди, алюминия, титана и магния.

**Раздел 2. Основы металловедения**

Темы 2.1. Строение и кристаллизация металлов

Темы 2.2. Свойства металлов и сплавов

Лабораторная работа: Измерение твердости металлов по методам Бринелля и Роквелла.

Темы 2.3. Основные сведения о металлических сплавах. Диаграммы состояния двойных сплавов

Темы 2.4. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов

Лабораторная работа: Микроанализ железоуглеродистых сплавов (сталей и белых чугунов) в равновесном состоянии

Темы 2.5. Термическая обработка

Темы 2.6. Химико-термическая обработка

Темы 2.7. Углеродистые стали

Темы 2.8. Легированные стали

Темы 2.9. Твёрдые сплавы, минералокерамика, сверхтвёрдые инструментальные материалы

Темы 2.10. Чугуны

Темы 2.11. Цветные металлы и их сплавы

Темы 2.12. Коррозия металлов

1.(с.5-97), 2.(с.4-37, 80-187)

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Дать понятие о кристаллическом строении металлов и процессе кристаллизации.

2. Назвать основные свойства металлов и сплавов, а также методы их испытаний.
3. Дать понятие о сплавах и типах диаграмм состояния двойных сплавов.
4. Охарактеризовать диаграмму состояния железо-цементит, с указанием всех линий и точек.
5. Описать структуры диаграммы железо-цементит.
6. Описать виды термообработки.
7. Описать виды химико-термической обработки.
8. Классифицировать стали, объяснить характер влияния постоянных примесей и легирующих элементов на свойства стали.
9. Охарактеризовать твердые сплавы, минералокерамические и сверхтвердые инструментальные материалы.
10. Дать полную характеристику чугунам.
11. Охарактеризовать цветные металлы и сплавы на их основе, а также их практическое значение для машиностроения.
12. Назвать виды коррозии и способы защиты металлов от коррозии.

### Раздел 3. Неметаллические конструкционные материалы

Темы 3.1. Пластические массы и способы получения изделий из них

Темы 3.2. Резиновые и древесные материалы 1.(с.117-129), 2(с.450-488)

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Охарактеризовать пластмассы, как конструкционные материалы.
2. Указать разновидности и способы изготовления изделий из пластмасс.
3. Дать понятие о составе резины, её свойствах и области применения.
4. Дать понятие о структуре древесины, её свойствах и области применения.

Раздел 4. Порошковая металлургия. Прогрессивные материалы в машиностроении

Темы 4.1. Порошковая металлургия и напылённые покрытия

Темы 4.2. Композиционные материалы

Темы 4.3. Аморфные металлы. Сплавы с эффектом памяти формы.

Техническая керамика

1.(с.99-116), 2.(с.438-450)

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Раскрыть сущность порошковой металлургии и область применения порошковых материалов.
2. Раскрыть сущность и общую схему процессов нанесения защитных покрытий на детали машин, конструкции и инструменты.
3. Дать краткую характеристику прогрессивным машиностроительным материалам.

Раздел 5. Литейное производство

Темы 5.1. Общие положения

Темы 5.2. Изготовление отливок в разовых песчаных формах

Темы 5.3. Специальные способы литья

1.(с. 162-223), 2.(с. 188-301)

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Раскрыть сущность получения заготовок литьем в песчаноглинистые формы.

2. Указать состав формовочной смеси, свойства и назначение каждого компонента.

3. Описать свойства литейных сплавов.

4. Указать состав и назначение модельного комплекта.

5. Дать характеристику специальным способам литья: в одноразовые и многоразовые формы.

6. Назвать преимущества и недостатки получения отливок в песчано-глинистых формах и специальными способами.

**Раздел 6. Обработка металлов давлением**

Темы 6.1. Основы теории обработки металлов давлением

Темы 6.2. Нагрев металла перед обработкой давлением

Темы 6.3. Прокатка

Темы 6.4. Прессование и волочение

Темы 6.5. Ковка

Темы 6.6. Горячая объёмная штамповка

Практическая работа: Разработка чертежа поковки, проектирование отдельных этапов технологического процесса её изготовления горячей штамповкой

Темы 6.7. Холодная штамповка

1.(с.224-269), 2.(304-367)

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Раскрыть сущность обработки металлов давлением, влияние пластической деформации на структуру и свойства.

2. Охарактеризовать явления происходящие в металле при нагреве.

3. Определение режимов нагрева для углеродистых и легированных сталей.

4. Дать понятие о сущности процесса прокатки, указать её виды.

5. Охарактеризовать величины возникающие в процессе прокатки и сортамент выпускаемой продукции.

6. Указать классификацию прокатных станов.

7. Дать понятие о сущности процессов прессования и волочения, указать область их применения.

8. Указать продукцию, получаемую прессованием и волочением.

9. Охарактеризовать величины, возникающие в процессе деформации металла при волочении и прессовании.

10. Описать инструмент и оборудование, применяемые при прессовании и волочении.

11. Дать понятие о сущностиковки и области её применения.

12. Указать общие принципы разработки технологического процесса изготовления поковки.

13. Описать основные операцииковки, применяемое оборудование, инструмент и средства механизации.

14. Дать понятие о сущности горячей объемной штамповки и области её применения.

15. Указать технологический процесс изготовления поковки горячей объёмной штамповкой.

16. Описать применяемое оборудование и инструмент в процессе ГОШ.

17. Дать понятие о сущности холодной штамповки.

## Раздел 7. Сварочное производство

Темы 7.1. Общие сведения о сварке

Темы 7.2. Электродуговая сварка и резка металлов

Темы 7.3. Способы сварки давлением

Темы 7.4. Газовая сварка и резка металлов

Практическая работа: Решение задач по выбору методов получения заготовок (даны наглядные изображения деталей и марки материалов) и методов упрочняющей обработки изделий (если это возможно)

Темы 7.5. Пайка, наплавка, металлизация

1.(с.276-322), 2.(368-435)

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Раскрыть сущность процессов сварки. Классификация сварки.
2. Охарактеризовать электродуговую сварку и резку металлов.
3. Дать характеристику способам сварки давлением.
4. Охарактеризовать газовую сварку и резку металлов.
5. Раскрыть сущность и назначение процессов пайки, наплавки и металлизации.

## **ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

1. Выполнение контрольной работы следует начинать с изучения методических указаний, а затем в рекомендованной литературе находить соответствующий материал, после чего повторно прочитывать вопрос задания для убеждения в соответствии найденного материала.

2. Ответы на вопросы контрольной работы даются в объеме материала, изложенного в рекомендованной литературе. Может быть использована и другая литература, но ответы на вопросы задания должны охватывать материал, не меньший данного в рекомендованной литературе.

3. Ответы на вопросы даются кратко, четко, полно, в соответствии с рекомендованной методическими указаниями литературой.

4. Рекомендуем ответы на вопросы писать на черновике и только после вдумчивого редактирования переписывать в тетрадь разборчиво и аккуратно.

5. Контрольная работа выполняется в отдельной тетради "в клеточку" с пронумерованными страницами с полями шириной 3 см. Высылается в колледж в соответствии с учебным графиком. Если тетради для выполнения контрольной работы не хватило, то к ней подшиваются или подклеиваются дополнительные листы.

6. Наклейка установленного образца помещается на лицевой стороне обложки тетради. Следует заполнить все ее графы, за исключением касающихся рецензирования (фамилии преподавателя, оценки, даты и подписи). Имя и отчество учащегося пишется полностью.

7. Вопросы и задачи контрольной работы переписываются по порядку, без сокращений.

8. На каждый переписанный вопрос сразу же дается ответ.

9. После каждого ответа на вопрос оставляется незаполненное пространство, а в конце работы 1-2 страницы для рецензии.

10. Контрольная работа должна быть написана разборчиво и выполнена аккуратно.

11. Незачтенные работы дорабатываются в тетради, и после доработки повторно представляется на рецензию. В незачтенной работе должны быть сохранены все замечания

12. Чертежи, диаграммы, схемы, графики, рисунки выполняются карандашом или тушью на отдельном листе нелинованной бумаги (но не на кальке или миллиметровке) в соответствии с ЕСКД и с применением чертежных инструментов (циркуль, линейка и т.д.), а затем вклеиваются или подшиваются в текст ответа, но не в конце тетради. Надписи делаются чертежным шрифтом. Чертежи, выполненные на отдельных листах по размерам, превышающим формат тетради, складываются так, чтобы они не выходили за ее края.

13. В конце работы дается перечень использованной литературы с указанием года издания, ставятся подпись, дата её выполнения.

14. Работы, выполненные не в соответствии с требованиями методических указаний или без учета указаний, данных в рецензиях по предыдущим работам,



не зачитываются.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Ответы на теоретические вопросы 1,2,6,7,8 даются в соответствии с материалом учебников, которые указаны после текста каждого варианта.

2. Третий вопрос практического характера имеет 25 вариантов.

В каждом из вариантов требуется начертить диаграмму состояния железо-углерод и построить кривую охлаждения сплава с заданным содержанием углерода при его медленном охлаждении от 1600 до 0 °С.

Описать превращения, происходящие в сплаве; после чего дать определение всем образующимся структурам.

Диаграмма должна быть начерчена в соответствии с пунктом 12 общих методических указаний на листе размером 204×334 мм, равном формату развернутой тетради.

Диаграмма чертится полностью, как на рисунке 1 приложения, с указанием структур во всех ее зонах и в масштабе: по вертикали в 1 см – 100 °С и по горизонтали в 2,5 см – 1% углерода.

Обозначения структур в зонах диаграмм должны быть выполнены, как показано на рисунке 1. Для кривой охлаждения масштаб по вертикали тот же, что и для диаграммы, а по горизонтали (время в секундах) выбирается с расчетом, чтобы кривая поместилась справа от диаграммы (см. рис.1). Температуры на кривой охлаждения показываются в градусах, а не буквами или цифрами.

При ответе на вопрос №3 руководствуйтесь следующими рекомендациями:

2.1. Вычертить полностью диаграмму состояния железо-углерод, справа от нее систему координат (температура – время) для построения кривой охлаждения. По оси «время» цифры не ставятся, т.к. эта кривая схематическая.

2.2. На горизонтальной оси содержания компонентов отмечаем заданную концентрацию углерода и через нее проводим вертикальную линию, пересекающую все линии диаграммы. Точки пересечения отмечаем (например, точками). В каждой такой точке в структуре сплава по мере охлаждения происходит какое-либо превращение. Через каждую отмеченную точку ведем вправо тонкую (или пунктирную) горизонтальную линию. Пересечение этой линии с вертикальной осью покажет температуру соответствующего превращения в сплаве, поэтому на кривой охлаждения будет точка изменения наклона и горизонтальный участок.

2.3. Если линия заданного состава пересекает линию *АСД* диаграммы – ликвидус, где происходит первичная кристаллизация из жидкого состояния, то охлаждение замедляется, и кривая охлаждения ниже данной температуры становится более пологой.

2.4. Если линия состава пересекает линию *GSE* (вторичная кристаллизация), где происходит выделение избыточной твердой фазы, то охлаждение замедляется, и кривая охлаждения ниже данной температуры становится более пологой.

2.5. Если линия заданного состава пересекает линию *EC* (эвтектического ледебуритного превращения) при  $1147^{\circ}\text{C}$  или линию *P5K* (эвтектоидного перлитного превращения) при  $727^{\circ}\text{C}$ , то на кривой охлаждения при данных температурах обязательно будет горизонтальный участок.

2.6. На участке *AE*, линии солидус, при аустенитном превращении сплава, дальнейшей кристаллизации не происходит, поэтому кривая охлаждения ниже этих температур становится более крутой, т.к. охлаждение замедляется.

Рассмотрим пример охлаждения сплава (заэвтектоидной стали), содержащего 1,4% углерода (см. рис.1)

В интервале температур  $1600\dots1470^{\circ}\text{C}$  сплав жидкий и охлаждается быстро, т.к. превращений в нем не происходит, кривая охлаждения круто опускается вниз.

При  $1470^{\circ}\text{C}$  на линии ликвидус *AC* начинается первичная кристаллизация. Из жидкого сплава (в данном примере) выделяются избыточные по отношению к эвтектике кристаллы аустенита. Поэтому скорость охлаждения замедляется, т.к. выделяется скрытая теплота кристаллизации (см. пункт 2.2).

Процесс кристаллизации продолжается до температуры  $1300^{\circ}\text{C}$  на линии *AE*. В интервале температур от  $1300$  до  $900^{\circ}\text{C}$  кристаллизация не происходит, твердый сплав имеет структуру аустенита.

Сплав охлаждается быстрее, и кривая охлаждения (см. пункт 2.6) становится круче.

При температуре  $900^{\circ}$  на линии *SE* начинается вторичная кристаллизация.

В интервале температур  $900\dots727^{\circ}\text{C}$  из аустенита кристаллизуется цементит вторичный, выделяется теплота кристаллизации. Охлаждение замедляется, и кривая становится более полой.

При  $727^{\circ}\text{C}$  линия состава пересекает линию *PSK*, и сплав приобретает эвтектоидную концентрацию. Аустенит превращается в перлит, происходит эвтектоидное перлитное превращение. На кривой охлаждения (см. пункт 2.5) образуется горизонтальный участок. Ниже температуры  $727^{\circ}\text{C}$  структурных превращений не происходит, и сплав продолжает охлаждаться.

Окончательная структура данного сплава – перлит и цементит вторичный.

Далее даются описания полученных структур (в данном случае перлита и вторичного цементита).

3. В четвёртом вопросе практического характера включено 25 вариантов, каждый из которых представляет задание на термическую обработку деталей, приведенных в таблице 5.

Например, на вопрос: «Укажите назначение, определите температуры нагрева, продолжительность нагрева и охлаждающие Среда для отжига, нормализации, закалки и отпуска заданной детали». Ответ должен быть дан по форме таблицы 1 методических указаний, где приведен пример для марки стали У12 с толщиной детали 20 мм.

Виды термообработки – отжиг и нормализация заполнены для примера. По такому принципу должны заполняться все графы таблицы.

Назначение различных видов термообработки, методы определения температуры нагрева, продолжительности нагрева, скорости охлаждения и

соответствующие охлаждающие среды даны в указаниях по изучению термической обработки.

Определение температур нагрева для отжига, нормализации и закалки заданной марки стали следует показать на диаграмме, как это рекомендовано в указаниях по изучению термической обработки металлов для отжига, нормализации и закалки сталей, содержащих 0,4 и 1,6% углерода.

Указания по изучению термической обработки металлов

Термической (тепловой) обработкой называют технологические процессы, состоящие из нагрева, выдержки и охлаждения металлических изделий с целью изменения их структуры и свойств при неизменном химическом составе.

Режим термической обработки характеризуют следующие основные параметры:

1. Температура нагрева.
2. Время выдержки сплава при температуре нагрева.
3. Скорость нагрева и скорость охлаждения. Превращения в стали при нагреве

При отжиге, нормализации и закалке сталь следует нагревать до состояния аустенита. Температура определяется по диаграмме (рис. 2) в зависимости от содержания в стали углерода и вида термообработки.

Температуры нагрева для термической обработки могут задаваться не только линиями на диаграмме, но и критическими точками, так как линии диаграммы представляют собой геометрические места критических точек. Линия *PSK* на диаграмме есть геометрическое место точек  $A_{c1}$ , при нагреве или  $A_{r1}$ , при охлаждении. Таким образом, можно задать температуру нагрева линией *PSK* или точкой  $A_{c1}$ , лежащей на ней. Линия *GS* представляет геометрическое место точек  $A_{c3}$  или  $A_{r3}$ , т.е. построена из точек  $A_{c3}$ , полученных при нагревании, или из точек  $A_{r3}$  – при охлаждении, а линия *SE* – геометрические места точек  $A_{cm}$  и  $A_{rm}$ . Температуры точек  $A_c$  и  $A_r$  несколько отличаются друг от друга.

После достижения нужной температуры нагрева деталь должна выдерживаться при этой температуре в течение времени, достаточного для ее прогрева по всему течению.

Для отжига, нормализации и закалки время на нагрев в основном зависит от размеров и формы детали, от ее химического состава, от вида нагревательного устройства и определяется по справочнику. При отсутствии справочника для деталей из углеродистой стали время на нагрев в камерных печах ориентировочно может быть определено в зависимости от формы и размеров детали. Для отжига, нормализации и закалки время на нагрев и выдержку в печи при заданной температуре ориентировочно берется из расчета по 1,5-2 минуты на каждый миллиметр диаметра или толщины детали.

Для низкого отпуска время выдержки при 200 °С принимается равным 30 минутам, для среднего отпуска при 400 °С – равным 20 минутам и высокого отпуска при 600 °С – равным 10 минутам. Кроме того, для всех видов отпуска прибавляется по 1 минуте на каждый миллиметр диаметра или толщины детали.

Скорость охлаждения выбирается в зависимости от вида термообработки. Превращение при нагреве стали изучите по учебнику [1].

Т а б л и ц а 1 — Режимы термообработки детали из углеродистой стали

Марка стали ..... Диаметр детали ..... мм

Вид термообработки	Назначение термообработки	Температура нагрева		Время нагрева в минутах	Охлаждение	
		по точкам диаграммы	в град. °С		среда	скорость
Отжиг (полный или неполный)		$A_{c1} + (30-50)$	$7270 + (30-50)$	30-40	Медленное вместе с печью	100 град/час
Нормализация		$A_{cm} + (30-50)$				
Закалка на сорбит						
Закалка на троостит						
Закалка на мартенсит						
Отпуск низкий						
Отпуск средний						
Отпуск высокий						

Пример приведен для стали У12, толщина детали 20 мм

### ОТЖИГ

Отжиг является первоначальной операцией термической обработки, цель которой – либо устранить некоторые дефекты предыдущих операций горячей обработки (литья,ковки и т.п.), либо подготовить структуру к последующим технологическим операциям (например, обработке резанием, закалке).

Основные цели отжига: устранение внутренних напряжений и перекристаллизация стали.

Для отжига углеродистые стали нагревают на 30-50 °С выше линии  $GSK$ . Охлаждение медленное (обычно вместе с печью) со скоростью 20-100 град/час. В большинстве случаев доэвтектоидные стали подвергают полному отжигу – нагревают выше линии  $GS$ , а эвтектоидные и заэвтектоидные – неполному отжигу с нагревом выше линии  $SK$  (рис. 2).

Для нахождения этих температур на оси абсцисс диаграммы находят точку, соответствующую стали с заданным содержанием углерода, и из нее восстанавливают перпендикуляр до пересечения с линиями диаграммы, затем из полученных точек пересечений проводят линии, параллельные оси абсцисс, до пересечения с осью ординат и на ней находят температуры критических

точек, соответствующих температурам нагрева, к которым добавляют еще 30+50 °С.

Так, например, для отжига стали, содержащей 0,4% углерода, потребуется нагрев на 820°+(30+50), а для стали, содержащей 1,6% углерода – 727°+(30+50). Превращения при отжиге второго рода изучите по учебнику [2].

## НОРМАЛИЗАЦИЯ

Нормализация также является первоначальной операцией термической обработки, цель которой – полная фазовая перекристаллизация стали и устранение крупнозернистой структуры, полученной при литье или прокатке, ковке или штамповке, получение более высокой прочности стали.

Для нормализации сталь нагревают на 30-50 °С выше линии  $GSE$  (точка  $A_{c3}$  для доэвтектоидных сталей и  $A_{cm}$  для заэвтектоидных, как это показано на диаграмме для стали, содержащей 1,6% углерода).

Охлаждают на спокойном воздухе со скоростью 50-100 °С град/час.

В результате сталь из крупнозернистой превращается в мелкозернистую, из хрупкой в более вязкую.

Превращение при нормализации стали изучите по учебнику [1].

## ЗАКАЛКА

Закалка способствует повышению прочности и твердости, понижению пластичности стали.

Для закалки сталь нагревают до состояния аустенита на 30-50 °С выше линии  $GSK$  (точки  $A_{c3}$  для доэвтектоидной стали или  $A_{c1}$  для заэвтектоидной). Охлаждают быстро. Ориентировочно, при условии, что детали имеют обычные размеры и форму, охлаждающая среда имеет нормальную температуру цеха (18-20 °С), можно принять, что скорость охлаждения между металлическими плитами или обдувкой воздухом составляет 10-50 °С в сек, в масле 100 °С в сек и в воде 200 °С в сек. Более точно скорости охлаждения определяют по справочнику.

В зависимости от скорости охлаждения аустенит превращается в следующие основные структуры: перлит, сорбит, троостит и мартенсит (см. рис.3).

Скоростью и временем распада аустенита ( $\gamma$ - $\alpha$  превращением) управляют два фактора. Первый фактор – величина переохлаждения ниже  $A_1$ , от которой зависит движущая энергия превращения. Второй фактор – температура стали, от которой зависит скорость диффузии (подвижность) атомов, поэтому на распад аустенита необходимо время.

Слева от кривых распада лежит область переохлажденного (нераспавшегося), несмотря на большое переохлаждение, аустенита.

Если кривая охлаждения ( $V_1...V_n$ ) пересечет кривую распада, то произойдет один из видов перлитного распада. Если кривая охлаждения пройдет левее кривых распада, то переохлажденный аустенит просуществует до 240°С и превратится в мартенсит по бездиффузионному механизму, т.к. температура уже слишком низкая, чтобы произошла перегруппировка атомов.

В эвтектоидной углеродистой стали при ее медленном охлаждении аустенит на линии перлитного превращения при  $727\text{ }^{\circ}\text{C}$  или при  $V_1$  и  $V_2$  при переохлаждении до  $650\text{ }^{\circ}\text{C}$  превращается в перлит.

При скорости охлаждения  $V_3$  около  $10\text{-}50\text{ }^{\circ}\text{C}$  в сек. аустенит, так же как перлит, превращается в сорбит закалки, представляющий собой механическую смесь пластинчатых кристаллов цементита вторичного, равномерно распределенных в феррите, только в результате переохлаждения более тонких.

Превращение аустенита в сорбит происходит при переохлаждении до  $600\text{--}650\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Охлаждение для закалки на сорбит обычно производят между металлическими плитами или обдувкой воздухом. Сорбитом называется структура дисперсной пластинчатой смеси цемента и феррита. Сорбит обладает повышенной выносливостью, он хорошо сопротивляется ударным и переменным нагрузкам, его твердость  $\text{HRC} = 30$ . Структуру сорбита должны иметь коленчатые валы, шатуны и другие детали, работающие при ударных и знакопеременных нагрузках.

При скорости охлаждения около  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  в сек. аустенит превращается в троостит закалки. Превращение аустенита в троостит происходит при переохлаждении до  $500\text{-}600\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Охлаждение для закалки на троостит обычно производят в машинном масле.

Трооститом называется тонкодисперсная пластинчатая смесь цементита и феррита. Троостит обладает высокой упругостью, его твердость —  $40\text{ HRC}$ . Структуру троостита должны иметь рессоры, пружины и другие детали, от которых требуется высокая упругость.

При скорости охлаждения более  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  в сек. аустенит превращается в мартенсит. В этом случае успевает произойти только перестройка решетки ( $\alpha$ -железа в несколько искаженную решетку  $\gamma$ -железа без выделения углерода, которого в аустените содержится значительно больше, чем может раствориться при нормальных условиях в  $\alpha$ -железе (феррите). Однако в мартенсите остается некоторое количество аустенита, не успевшего превратиться в мартенсит, так называемого остаточного аустенита. Остаточный аустенит в эвтектоидной стали превращается в мартенсит при его дальнейшем охлаждении до  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  ниже нуля. Таким образом, превращение аустенита в мартенсит начинается при переохлаждении до  $240\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а заканчивается при минус  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Охлаждение для закалки на мартенсит производят в воде.

Мартенситом называется пересыщенный твердый раствор углерода в  $\alpha$ -железе. Мартенсит имеет игольчатую структуру, его тонкие вытянутые кристаллы похожи на иглы. Мартенсит очень тверд и хрупок, его твердость  $\text{HRC} = 60\text{-}65$ . Твердость мартенсита зависит от степени перенасыщенности углеродом, поэтому, чем больше в стали углерода, тем выше ее твердость после закалки.

Стали, содержащие углерода меньше  $0,3\%$ , закалку практически не принимают (не закаливаются).

Структуру мартенсита должны иметь металлорежущие инструменты, от которых требуется высокая твердость. Однако мартенсит обладает также и высокой хрупкостью, что недопустимо для инструмента, поэтому детали,

закаленные на мартенсит, для уменьшения их хрупкости без заметного снижения твердости подвергаются отпуску. Превращения в стали при закалке изучите по учебнику [1].

## ОТПУСК

Отпуск производят для снижения или полного устранения внутренних напряжений, уменьшения хрупкости закаленной стали и получения требуемой структуры и механических свойств.

Отпуск – заключительная операция термической обработки, придающая стальному изделию окончательные свойства. Для отпуска нагрев закаленной стали осуществляют до температуры не выше  $A_c$  ( $727^\circ\text{C}$ ).

При нагреве до  $100-150^\circ\text{C}$  происходит искусственное старение мартенсита, при этом остаточный аустенит превращается, а мартенсит, что стабилизирует размеры деталей.

При нагреве до  $150-250^\circ\text{C}$  (низкий отпуск) мартенсит превращается в отпущенный мартенсит, значительно уменьшает свою стойкость при незначительном уменьшении твердости. При этом из мартенсита (пересыщенного раствора) начинает выделяться излишне растворенный в нем углерод в виде цементита. Однако цементит не успевает образовать обособленные кристаллы, оставаясь когерентно (через общий пограничный слой атомов) связанным с мартенситом.

При нагреве  $350-450^\circ\text{C}$  (средний отпуск) мартенсит превращается в троостит отпуска. При этом кристаллы цементита становятся уже обособленными, хотя и очень мелкими.

### Сталь приобретает упругость.

При  $450-650^\circ\text{C}$  (высокий отпуск или улучшение) образуется сорбит отпуска, у которого кристаллы цементита становятся еще больше. Сталь приобретает выносливость к переменным нагрузкам.

Дальнейший нагрев ведет за собой последовательные превращения в перлит и аустенит согласно диаграмме состояния сплавов.

Отпуск на отпущенный мартенсит называется также низким отпуском, отпуск на троостит – средним, а на сорбит – высоким отпуском или улучшением.

Таким образом, структуры сорбита и троостита можно получить двояким путем – либо охлаждением из аустенита, либо нагреванием из мартенсита, однако структуры отпуска обладают лучшими механическими свойствами.

Охлаждением при отпуске углеродистой стали обычно производится на воздухе. Теорию и практику отпуска изучите по учебнику [1], [2].

При ответе на вопрос №4 рекомендуем следующий порядок:

а) Вычерчивать таблицу 1;

б) Вычерчивать стальной угол диаграммы железо-углерод (рис.2) и на оси абсцисс находят содержание углерода в заданном составе (например, заэвтектоидная сталь, 1,6% C). Из точки заданного состава восстанавливают перпендикуляр, пересекающий линии диаграммы. Так как для отжига и любого вида закалки сталь нагревают на  $(30+50)^\circ\text{C}$  выше линии  $SK'$ , то для заданной

стали температура нагрева (а не точка превращения при охлаждении) равна  $A_{c1}+(30+50)^\circ\text{C}$ . Записываем эти цифры:  $727^\circ+(30+50)^\circ\text{C}$  в графы таблицы.

Для нормализации стали нагревают на  $(30+50)^\circ\text{C}$  выше линии  $E$ . Поэтому температура нагрева для заданной стали равна  $A_{c_m}(30+50)^\circ\text{C}$ , значение  $A_{c_m}$  составляет в данном случае  $\approx 950^\circ\text{C}$ , поэтому в таблицу вписывают  $960^\circ\text{C}+(30+50)^\circ\text{C}$ .

Аналогично поступают, если, например, задан состав доэвтектоидной стали, содержащей 0,4%С;

в) Назначение термообработки находят в учебнике или в Методических указаниях пункт 3, и вписываем в графу таблицы;

г) Время нагрева до температуры термообработки (ТО) вычисляют по данным учебника [1] или Методических указаний п.3;

д) Режим охлаждения (среда и примерная скорость охлаждения) находят в учебнике или в Методических указаниях п.3 и рис.3 и вписывают в таблицу;

е) После заполнения таблицы дается описание метода определения температуры нагрева и режима охлаждения и полученных после термической обработки структур.

4. Пятый вопрос практического характера имеет 25 вариантов, включенных в таблицу 6.

По каждому из вариантов следует расшифровать марки заданных конструкционных и инструментальных материалов, указать номер стандарта, по которому изготавливается этот материал, привести химический состав, значения прочности, твердости.

Затем привести примеры применения каждого материала, используя литературу, рекомендуемую в Методических указаниях (4) и (5), а также перечень ГОСТов на стали и сплавы; Таблицы 8-11 Приложения.

Ниже приводится образец ответа на вопрос 6.

1. 15ХСНД – низколегированная качественная сталь по ГОСТ1050-88. Содержит 0,15% С, примерно по 1% хрома (Х), кремния (С), никеля (Н) и меди (Д), имеет ( $\sigma_{\text{в}}=460$  МПа,  $\sigma_{\text{а2}}= 33$ МПа,  $\delta= 21\%$ ).

Применяется для сварных строительных ферм, конструкций мостов, осей, тяг, корпусов аппаратов и сосудов. Стойкая к атмосферной коррозии.

2. СЧ15 – серный чугун по ГОСТ1412-85 ферритный, с графитом пластинчатой формы. Имеет  $\sigma_{\text{в}}$  не менее 147 МПа,  $\sigma_{\text{изг}} \geq 314$  МПа, относительное удлинение  $\delta$  1%.

Применяется для изделий неотчетственного назначения (крышки люков, шкивы, корпуса редукторов, насосов).

3. 20 – машиностроительная углеродистая конструкционная качественная сталь по ГОСТ1050-88 содержит 0,2% С, упрочняется в поверхностном слое,  $\sigma_{\text{в}}=700$  МПа,  $\delta = 12\%$ .

Применяется для изготовления цементируемых, нитроцементируемых, цианируемых деталей, не требующих высокой прочности сердцевины (оси каретки велосипеда, сельскохозяйственные машины).

4. 6С2ХФА – пружинная легированная высококачественная сталь с высокими механическими свойствами после термической обработки.  $\sigma_{\text{в}}$  после



ТО = 1300 МПа, твердость после ТО = 45-48 HRC. Содержит 0,6%С, 2% кремния (С), примерно по одному проценту хрома (Х) и ванадия (Ф). А – высококачественная.

Применяется для особо ответственных толстых пружин, работающих при нагреве до 200-250 °С, требует поверхностного упрочнения обдувкой дробью.

5. 45Х14Н14В2М – легированная жаропрочная до 650 °С сталь по ГОСТ5632-72. Структура аустенитная с карбидным упрочнением. содержит 0,45% С; 14% хрома (Х14), 14% никеля (Н14), 2% вольфрама (В2) и 1% молибдена (М). Имеет предел длительной прочности  $\sigma_{10000} = 130$  МПа.

Применяется для изготовления выпускных клапанов форсированных двигателей внутреннего сгорания, деталей особо ответственных трубопроводов, жаропрочных болтов, лопаток и дисков газовых турбин, работающих при 650 °С.

6. 12Х18Н9Т – легированная, коррозионностойкая сталь аустенитной структуры. Содержит 0,12% С, 18% хрома (Х18), 9% никеля (Н9) и примерно 1% титана (Т); имеет  $\sigma_b = 520$  МПа,  $\delta = 40\%$ , НВ = 1000.

Применяется для изготовления баков, труб, деталей, сопротивляющихся коррозии в морской воде, лаках, органических и азотных кислотах, в слабых щелочах. Также жаропрочна до 600°С. Хорошо сваривается аргонодуговой сваркой.

7. 3Х2В8Ф – инструментальная легированная сталь по ГОСТ5950-73. Содержит 0,3% С, 2% хрома (Х2), 8% вольфрама (В8) и 1% ванадия (Ф); теплостойкая, штамповая.

Применяется для изготовления штампов, форм для машин литья под давлением, стойкая к образованию поверхностных трещин. Необходимая термообработка состоит в закалке с 1050-1100°С в масло + отпуск при 550+650 °С. Твердость после ТО составляет HRC = 45 ... 50.

8. ТТ7К12 – твердый металлокерамический инструментальный сплав по ГОСТ3882-74. Содержит 81% карбида вольфрама (WC); 4% карбида титана (Ti C) + 3% карбида тантала (Т С), т.е. вместе 7% – (ТТ7); 12% связи – металлический кобальт (К 12). Имеет предел прочности при изгибе  $\sigma_{изг} = 1650$  МПа, твердость HRA = 87.

Применяется в качестве режущих элементов для черновой обточки в тяжелых условиях по корке с раковинами при наличии песка и неметаллических включений.

9. АЛ20 – алюминиевый литейный сплав по ГОСТ1583-93. Содержит алюминиевую основу, легированную 4% меди (Cu), 1% магния (Mg), 1% кремния (Si), 1,5% железа (Fe) и по 0,2% Mn, Cr, Ti . Имеет  $\sigma_b = 200$  МПа. Сплав жаропрочный.

Из него изготавливают головки цилиндров, поршни и другие детали облегченных двигателей внутреннего сгорания, нагреваемых до 275 °С, с хорошими литейными свойствами и повышенной герметичностью.

10. ЛК80-3 – литейная двухфазная кремнистая латунь по ГОСТ17711-93. Содержит 80% меди, 3% кремния (Si-3), остальное цинк (Zn). Имеет  $\sigma_b = 380$  МПа.

Применяется для изготовления крупных коррозионностойких заготовок, судовых винтов.

11. БрАМцЮ-2 – литейная алюминиево-марганцевая бронза по ГОСТ493-79. Содержит 10% алюминия (А-10) и 2% марганца (Мц-2), остальное медь. Имеет  $\sigma_B = 500\text{Мпа}$ .

Применяется для изготовления фасонных литых деталей методом литья в кокиль и в песчаные формы.

### ПРИЛОЖЕНИЕ

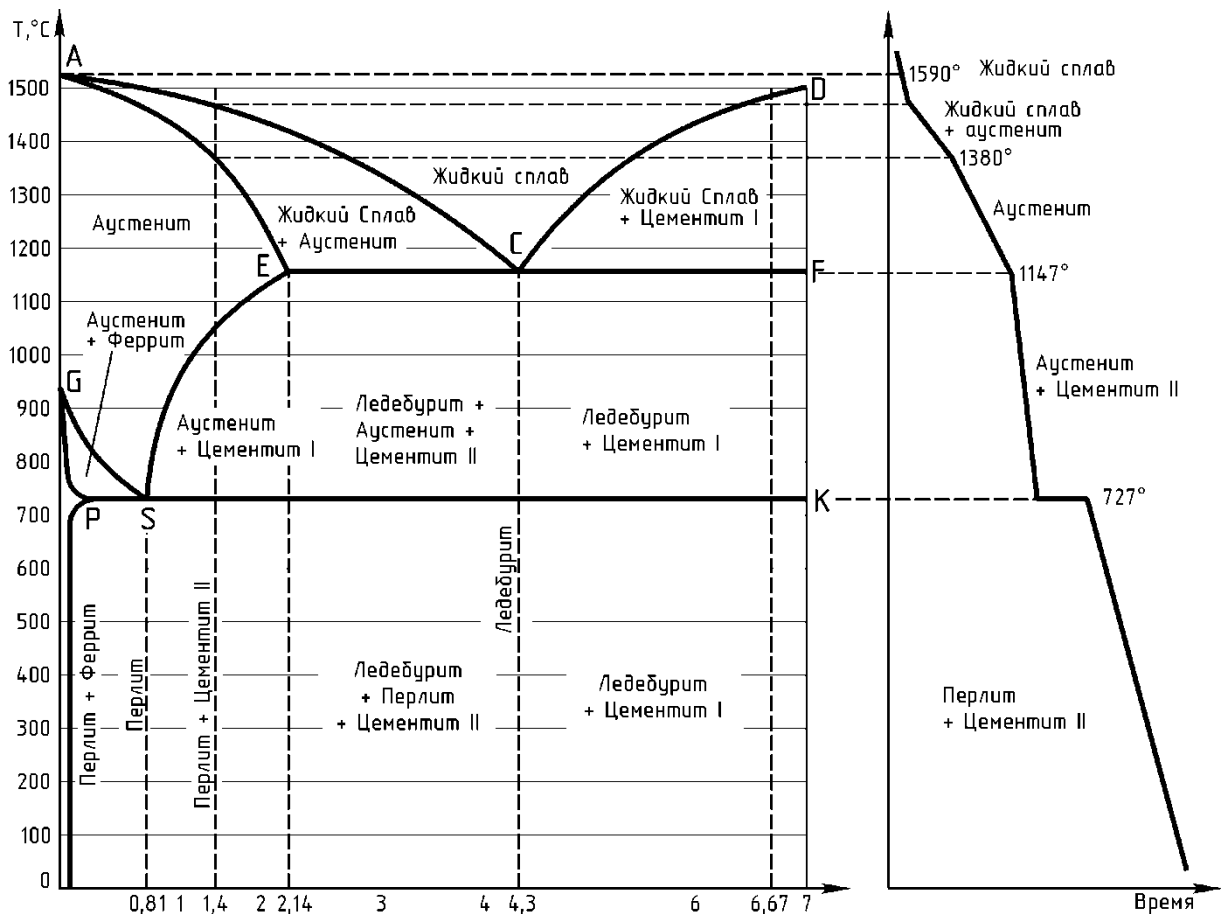


Рисунок 1 — Диаграмма состояния «железо-углерод» и кривая охлаждения сплава при его медленном охлаждении

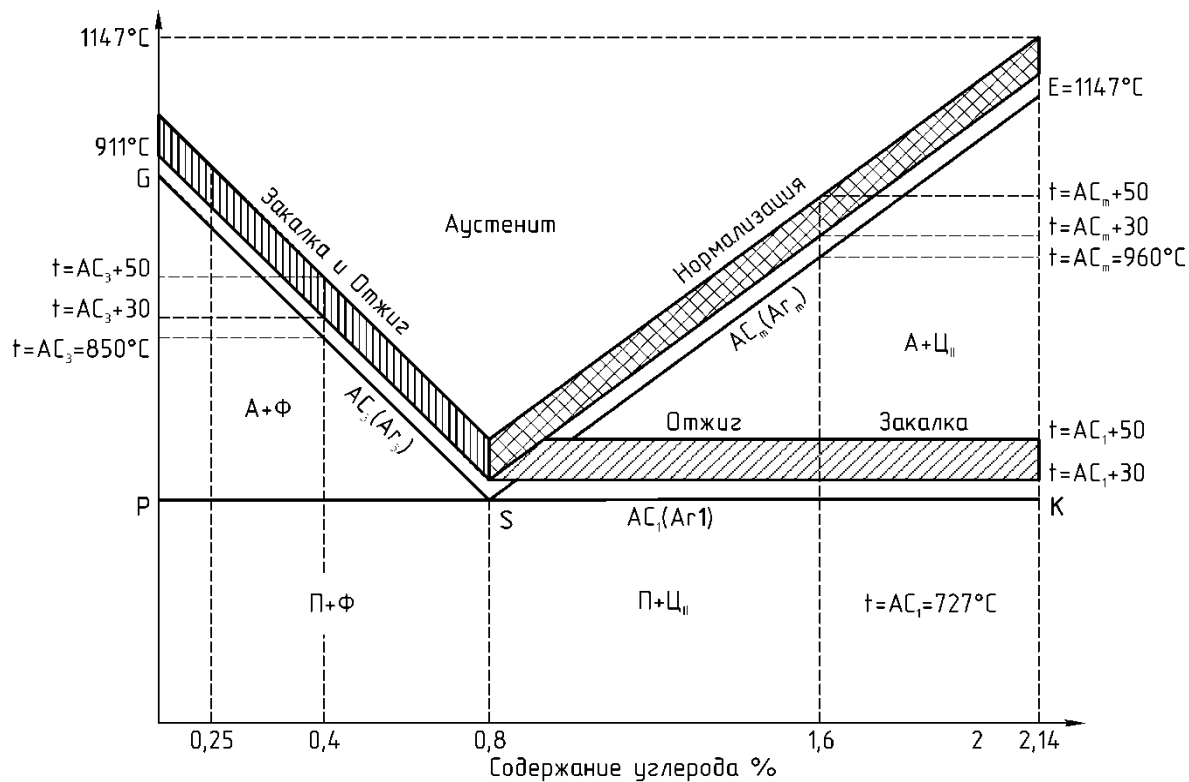


Рисунок 2 — Диаграмма определения температуры при отжиге, нормализации и закалке стали

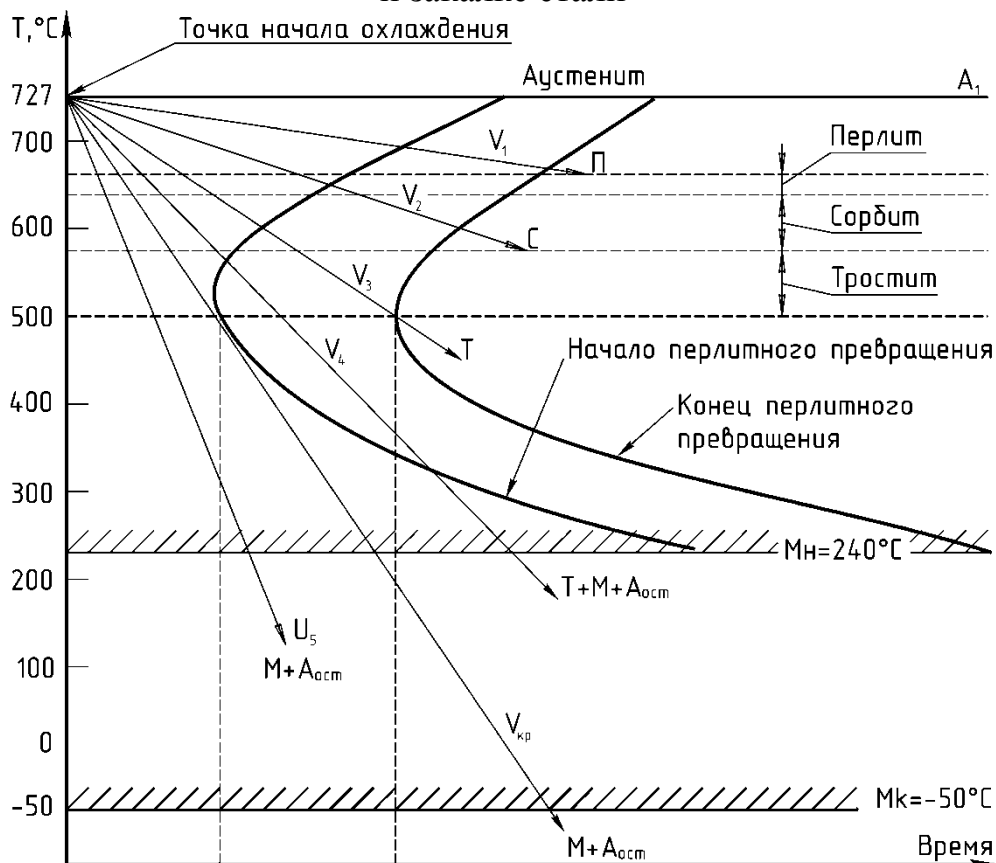


Рисунок 3

Т а б л и ц а 8 — Улучшаемые стали

№ группы	Марка стали	Условия нагружения	Прокаливаемость, мм	Перечень изделий	МПа, $\sigma$		$\delta$ , %	КС, МДж/м	НВ
					$\sigma_B$	$\sigma_T$			
1	30, 40, 45, 50	Детали, работающие при малых нагрузках	8...12	Гладкие, ступенчатые валы, фланцы, штифты, цапфы, карданные валы	после окончательной термообработки		11...15	1,0...1,35	241...269
					700...800	500...700			
2	30X, 40X 40Г, 40ХН	Средненагруженные детали	15 20...25	Оси, рычаги, коленчатые валы, шестерни, болты шатуна	после окончательной термообработки		11...18	0,8...0,85	265...270
					850...930	700...780			
3	30ХГСА 40ХНМА 30ХН2В Ф 18Х2Н4В А	Детали, работающие при наибольших удельных нагрузках	30 80 100 120	Валы, детали рулевого управления, тяжело нагруженные детали редукторов компрессорных машин, высоконапряженные валы ротора турбин, коленчатые валы	после окончательной термообработки		10...15	1,0...1,2	267
					1100...1150	850...880			

Т а б л и ц а 9 — Цементируемые стали

№ 1 группы	Марка стали	Условия погружения	Сечение детали	Прокаливаемость, мм	Перечень деталей	Сердцевина изделия				
						Поверхностный слой	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta$ , %	КС, МДж/м
1	10	Износ при малых удельных	Малое	Менее 10 мм	Кулачки, штамповый инструмент	НРС	Не регламентированы			
							60...64			

№ 1 группы	Марка стали	Условия погружения	Сечение детали	Прокля-ливаемость, мм	Перечень деталей	Поверхностный слой	Сердцевина изделия								
							σ <sub>в</sub> , МПа	σ <sub>т</sub> , МПа	δ, %	КС, МДж/м	НВ				
		нагрузках													
2	15Х, 15Г, 20Х, 20Г, 15ХФ, 12ХН2	Износ при повышенных удельных нагрузках	Малое и среднее	10...15	Штамповый инструмент, зубчатые колеса, работающие на износ без динамических нагрузок	НРС	750...850	650...700	15	1,0...1,2	100...160				
3	18ХГМ, 18ХГТ, 12ХН3А	Износ при высоких удельных нагрузках	Среднее	15...20 и более	Шестерни		1200...1300	1000...1100	12...15	0,8...1,0	250...350				
4	18Х2Н4 ВА 30ХГТ	Износ при высоких удельных нагрузках	Большое	Более 100	Зубчатые колеса автомобиля		1300...1600	1100...1400	10...14	0,7...1,0	320...440				

Таблица 10 — Рессорно-пружинные стали

Номер группы	Марка стали	Условия работы	Примерное назначение	σ <sub>в</sub> , МПа			σ <sub>т</sub> , МПа		δ, %		ψ, %		НВ
				1000...	1150	800...1000	7...10	20...35	360...42				
1	65, 85, 60Г, Стали	Пружины механизмов и машин	после окончательной термообработки	1000...	1150	800...1000	7...10	20...35	360...42				

Номер группы	Марка стали	Условия работы	Примерное назначение	σ <sub>в</sub> , МПа		δ, %	ψ, %	НВ
				до	после окончательной термообработки			
	70Г	пониженной прочности						0
2	50 ХГ, 55ХГР, 55С2, 6С2, 50ХФА, 50ХГФА	Стали средней прочности	Рессоры автомашин; пружины подвижного состава железнодорожного транспорта	1300...1600	1100...1400	5...8	20...35	360...480
3	7С2ХА, 7С3А, 6С2ХФА	Стали повышенной прочности	Пружинны часовых механизмов и механизмов машин (тяжелонагруженных)	1600...1900	1450...1700	6...8	20...35	380...480

Таблица 11 — Инструментальные стали (режущие)

Марка стали	Условия работы, на режущей кромке	Прокаливаемость, мм	HRC после термообработки	Примерный перечень изделий
Нетеплостойкие У8 У10 У12 У13	Динамические нагрузки: t° = 190...200 °С	8 10 10	54...58 62...63 61...65 61...65	Деревообрабатывающий инструмент, зубила, отвертки, фрезы; ручные метчики, напильники для обработки мягких металлов
Нетеплостойкие ИХ ХВСГ 9ХС ХВГ	t° = 200...25- °С t° = 250...260 °С	15...20 90 40...50 80	62...65 63...64 62...63 62...64	Ручные напильники, бритвенные ножи, лезвия; граверный и хирургический инструмент; плашки большого сечения, ручные сверла, развертки; плашки для нарезания мягкого материала протяжки диаметром более 100 мм

Марка стали	Условия работы, на режущей кромке	Прокаливаемость, мм	HRC после термообработки	Примерный перечень изделий
Теплостойкие (красностойкие) P18 P12 P6M5 P9	$t^{\circ} = 615...620^{\circ}\text{C}$		62 63 63 62	Метчики машинные, сверла, резцы, протяжки 80...100мм, плашки круглые для нарезания твердых металлов; долбяки, шаберы, фрезы резьбовые, развертки
P6M5K5 P9M4K8 P12Ф4K5	$t^{\circ} = 630...640^{\circ}\text{C}$		65 67...69 65...67	Фрезы для нарезания труднообрабатываемых сплавов; фрезы и сверла, работающие при повышенных нагрузках
Твердые сплавы Вольфрамовые BK2 BK3	Повышенная скорость резания: $t^{\circ} = 800^{\circ}\text{C}$		90 91	Чистое и получистое точение; нарезание резьбы, обработка серого чугуна, цветных металлов, неметаллических материалов, резка стекла
BK4 BK6	Высокая износостойкость: $t^{\circ} = 800^{\circ}\text{C}$		89,5 88,5	Черное точение, черновая и чистовая фрезеровка чугуна, цветных (в том числе титановых) сплавов, жаропрочных материалов
BK15	Высокая сопротивляемость ударам		86,0	Волочение труб, обработка труднообрабатываемых материалов
Титановольфрамовые T30K4	Наивысшие износостойкость и скорость резания		92	Чистое точение при непрерывном режиме

## ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДОМАШНЕЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ № 1

Прежде чем приступить к выполнению контрольной работы внимательно прочтите методические указания, рекомендуемая литература [1,2]

Таблица 2 – Задание к вопросу 1

Вар.	Вопрос.
1	Дайте краткую характеристику материалам, применяемым в доменном производстве, и укажите методы подготовки железных руд к плавке
2	Опишите физико-химическую сущность процесса получения чугуна в доменной печи. Перечислите продукты доменной плавки и область применения.
3	Объясните принцип работы кислородного конвертора. Укажите достоинства и недостатки этого метода.
4	Опишите сущность и ход процесса производства стали в кислородном конверторе, укажите шихтовые материалы и выплавляемые стали.
5	Производство стали. Мартеновский способ. Изложите принцип работы мартеновской печи. Опишите сущность производства основным скрап-рудным процессом.
6	Производство стали в электропечах. Перечислите преимущества и недостатки по сравнению с мартеновским и конвертными способами.
7	Опишите способы разлива стали и получения слитка.
8	Опишите способы внепечной обработки стали, повышающие её качество. Вакуумная дегазация.
9	Изложите факторы, влияющие на качество стали. Дайте описание одного из способов улучшения качества стального слитка путём вторичного переплава.
10	Опишите способы разлива стали в изложницы. Укажите основные преимущества способа непрерывной разлива стали.
11	Дайте краткую характеристику медных руд. Приведите упрощённую схему пирометаллургического способа производства меди и опишите сущность каждого этапа.
12	Дайте характеристику алюминиевых руд. Приведите упрощённую схему электролитического способа производства алюминия.
13	Опишите устройство и работу электролизера, процессы электролитического и рафинирования алюминия-сырца.
14	Дайте характеристику титановых руд. Составьте упрощённую схему магнийтермического способа производства титана и опишите сущность каждого этапа.
15	Приведите схему установки непрерывной разлива стали и описание процесса.
16	Опишите способы разлива стали и получения слитка.
17	Опишите способы подготовки руды для плавки чугуна.
18	Способы повышения качества стали и сплавов. Опишите раскисление стали обработка синтетическими шлаками.
19	Опишите производство стали в электропечах, преимущества и недостатки по сравнению с мартеновским и конверторными способами.
20	Выплавка чугуна. Опишите устройство доменной печи, назначение её конструктивных элементов.
21	Исходные материалы и способы обогащения руд при производстве чугуна.
22	Опишите процесс получения стали в электрических печах.
23	Опишите производство алюминия из руд.
24	Опишите производство титана из руд.
25	Опишите производство меди из руд.



Прежде, чем отвечать на второй вопрос, прочитайте пункты 1-14 Общих методических указаний. Рекомендуемая литература [1], [2].

Таблица 3 – Задание к вопросу 2.

Вар.	Вопрос.
1	Кристаллическое строение металлов. Опишите кристаллические решётки металлов. Полиморфизм металлов.
2	Кристаллическое строение металлов. Реальное строение металлов. Опишите структурные несовершенства кристаллической решетки. Полиморфизм металлов.
3	Строение вещества. Аморфные и кристаллические свойства. Анизотропия и изотропия. Полиморфизм металлов.
4	Опишите кристаллизацию металлов, температуру кристаллизации, степень переохлаждения.
5	Кристаллизация металлов. Опишите построение кривых охлаждения при кристаллизации металлов и сплавов, скорость роста кристаллов.
6	Опишите кристаллизацию металлов. Аллотропия железа.
7	Опишите методы исследования строения металлов: микро- и макроанализ, рентгеновской анализ.
8	Пластическая деформация металлов. Дайте определение упругой и пластической деформации.
9	Дайте определение пластической деформации и опишите явление наклёпа.
10	Кристаллизация металлов. Опишите зависимость скорости роста кристаллов от степени переохлаждения.
11	Испытание металлов на растяжение. Постройте диаграмму растяжения. Опишите определение предела прочности.
12	Испытание металлов на твёрдость. Опишите метод определения твёрдости по Бринеллю.
13	Испытание на растяжение. Постройте диаграмму растяжения. Опишите определение предела текучести.
14	Испытание металлов на твёрдость. Опишите метод определения твёрдости по Роквеллу.
15	Испытание металлов на растяжение. Постройте диаграмму растяжения. Опишите определения предела прочности.
16	Испытание материалов на твёрдость. Опишите определения твёрдости по Виккерсу.
17	Опишите испытание материалов на ударную вязкость.
18	Испытание материалов на твёрдость. Опишите метод определения микротвёрдости.
19	Испытание материалов на усталость. Определение предела усталости.
20	Испытание материалов на растяжение. Постройте диаграмму растяжения. Опишите определения относительного удлинения.
21	Дайте определения основным механическим свойствам.
22	Связь между свойствами сплавов и диаграммами их состояния.
23	Дайте краткое описание диаграмм состояния сплавов, образующих твёрдые растворы. Первичная и вторичная кристаллизация. Ликвация по плотности.
24	Опишите методы исследования строения металлов; химический состав сплава, микроскопический анализ.
25	Начертите диаграмму состояния для случая ограниченной растворимости компонентов в твёрдом виде. Укажите структурные составляющие во всех областях этой диаграммы.

При ответе на вопрос 3 рекомендуемая литература [1,2]

### ВОПРОС 3

Начертите диаграмму состояния сплавов железа с углеродом. Покажите на ней структуры по всем зонам и характерные линии. Справа от диаграммы постройте схематичную кривую медленного охлаждения от 1600° до 600° сплава с заданным содержанием углерода.

Опишите превращения, происходящие в заданном сплаве, и охарактеризуйте скорость его охлаждения на каждом участке кривой. Дайте определение всем образующимся по ходу охлаждения структурам.

Составы заданных сплавов указаны в таблице 5, согласно вашему варианту.

Таблица 4 – Задание к вопросу 3

№ варианта 1	Содержание углерода в %	№ варианта	Содержание углерода в %
1	0,5	14	2,8
2	0,8	15	3,8
3	1,2	16	4,3
4	1,7	17	2,2
5	2,5	18	4,8
6	1,7	19	3,7
7	3,0	20	0,7
8	3,5	21	0,4
9	4,3	22	4,8
10	5,5	23	2,3
11	6,5	24	1,7
12	2,3	25	0,5
13	0,4		

### ВОПРОС 4

Для углеродистой стали, указанной в таблице, согласно вашему варианту задания, кажите назначение, определите температуру нагрева, время прогрева, скорость охлаждения и охлаждающие среды для:

- а) отжига
- б) нормализации
- в) закалки
- г) отпуска детали

Таблица 5 – Задание к вопросу 4

№ варианта	Марка углеродистой стали	Толщина детали, мм	№ варианта	Марка углеродистой стали	Толщина детали, мм
1	35	20	14	У11	60
2	40	40	15	У12	40
3	45	60	16	У13	20
4	50	20	17	У7	60
5	60	30	18	У8	30
6	У12	20	19	60	20
7	У13	20	20	50	40
8	У10	40	21	45	60
9	У9	20	22	40	35
10	У8	60	23	35	20
11	У7	40	24	У10	40
12	40	30	25	У9	25
13	60	40	26		

## ВОПРОС 5

Прежде, чем ответить на этот вопрос, прочитайте пункт 4 Методических указаний к выполнению контрольной работы.

Расшифруйте марки и укажите назначение конструкционных материалов, приведённых в таблице 6, согласно Вашему варианту задания.

Таблица 6 – Задание к вопросу 5

Вар	Марки конструкционных материалов по варианту задания								
1	10	40Г	12ХН2	У8	СЧ18	ВК 2	Д 1	ЛАЖ60-1-1	ВТ 1
2	30	40Х Н	30ХГТ	У10	СЧ15	ВК3	АЛ16	ЛС64-2	ВТ5Л
3	40	50Х Г	30ХГСА	У12	АЧС-3	ВК 4	АЛ20	ЛА67-2.5	ВТ 6
4	Ст 2	40Х	40ХГФА	У13	СЧ30	ВК 6	АЛ 9	ЛК80-3	ВТ8
5	Ст 3	70Г	18ХГТ	Р18	СЧ35	ВК15	АЛ 3	БрОЦ 5-5-5	ВТ 4
6	Ст 6	50	15ХФ	ИХ	АЧС-1	Т30К4	АЛ 7	БрАМц 0-2	ВТ 14
7	15Х	40Х Н	12ХН2	ХВГ	КЧ35- 10	ВК 6	АЛ20	БрАЖН 11- 6-6	ВТ 15
8	15Г	15Х Ф	12ХН2	9ХС	КЧ45-6	Т5К10	АЛ8	БрОЦ 4-3	Б88
9	45	60Г	30ХН2В Ф	У12	ВЧ120	Т30К4	БрА3	ЛО 60-1	Б83
10	10	30Х	ХВСГ	Р12	АЧВ-2	ВК4	Л96	Бр Б2	БН
11	50	40Г	9ХС	Р6М5	СЧ-15	ВК3	ЛО 60-1	ЛК80-3	ВТ8
12	Ст 0	85	ХВГ	Р9	СЧ36	ВК2	АЛ20	Л96	ВТ1
13	30	50Х Г	18ХГМ	У12	АЧС-3	ВК20	Д20	Л63	ВТ8
14	Ст 6	65	18ХГТ	Р6М5К3	СЧ18	ВК3М	Д1	БрА5	ВТ22
15	10	70Г	18Х2НЧ ВА	У10	СЧ15	ВК6	АЛ8	Л96	Б83
16	30	15Х	55ХГР	У8	С18	ВК4	АЛ7	Л63	Б88
17	40Х	15Х Ф	55С2	У12	АЧС-1	ВК5	АЛ3	ЛО60-1	ВТ6
18	30Х	50	50ХФА	У13	СЧ30	ВК2	Д1	ЛА67-2.5	ВТ8
19	40Г	85	70С2ХА	Р18	СЧ35	Т30К4	Д16	ЛК80-3	ВТ4
20	20Г	Ст 3	12ХН2	11Х	АЧС-1	Т5К10	Д20	Л63	ВТ15
21	Ст 6	50Х Г	70С3А	Р12	КЧ35- 10	ВК15	АЛ20	БрА3	Б88
22	15Г	10	60С2ХФ А	Р9	КЧ45-6	Т30К4	АЛ18	БрБ2	БН
23	Ст3	15Х Ф	50ХГФА	Р6М5	ВЧ120	ТТ10К 8	АЛ33	БрА5	ВТ8
24	45	70Г	55ХГР	Р12Ф4К 5	АЧВ-2	ТТ7К1 2	АЛ20	БрА3	ВТ22
25	50	40Х Н	30ХГТ	У13	СЧ15	ВК15	АЛ3	БрАЖН11- 6-6	ВТ15

## ВОПРОС 6

Таблица 7 – Задание к вопросу 6

Вар.	Вопрос.
1	Дайте понятия о литейном производстве. Опишите классификацию способов получения литых заготовок.
2	Плавка литейных сплавов. Опишите плавку чугуна в вагранке, в дуговых и индукционных печах.
3	Плавка литейных сплавов. Опишите плавку литейных конструкционных сталей в дуговых, индукционных, мартеновских печах.
4	Плавка литейных сплавов. Опишите плавку алюминиевых сплавов.
5	Литейное производство. Опишите технологию получения литой заготовки в песчано-глинистых формах.
6	Изготовление отливок в разовых формах. Опишите назначение формовочных и стержневых смесей, их состав и приготовление.
7	Литейное производство. Опишите виды термической обработки отливок.
8	Литейное производство. Опишите причины возникновения дефектов в отливках, их виды и способы исправления.
9	Машинная формовка. Опишите виды формовочных машин, их достоинства и недостатки.
10	Литейное производство. Опишите прогрессивные методы формовки (вакуумная, импульсная)
11	Машинная формовка. Опишите опочную и безопочную формовку.
12	Литейное производство. Опишите технологию изготовления стержней, применяемое оборудование.
13	Литейное производство. Опишите технологию сушки стержней и форм, применяемое оборудование.
14	Литейное производство. Опишите способы выбивки отливок из форм и стержней из отливок, применяемое оборудование.
15	Литейное производство. Опишите способы очистки отливок, применяемое оборудование.
16	Литейное производство. Опишите оборудование, применяемое для обрубки и зачистки отливок.
17	Изготовления отливок в разовых формах. Опишите литьё отливок в разовых формах (литьё отливок в оболочковые формы)
18	Изготовление отливок в разовые формы. Опишите литьё отливок по выплавляемым моделям. Достоинства и недостатки этого метода.
19	Изготовление отливок в разовых формах. Опишите литьё отливок по газифицируемым (выжигаемым) моделям. Достоинства и недостатки этого метода.
20	Изготовление отливок в металлических многократных формах. Опишите литьё в кокиль. Достоинства и недостатки этого метода.
21	Изготовление отливок в металлических многократных формах. Опишите центробежное литьё и его виды.
22	Изготовление отливок в металлических многократных формах. Опишите литьё под давлением и его виды.
23	Изготовление отливок в металлических многократных формах. Опишите литьё методом жидкой прокатки, непрерывное литьё.
24	Изготовление отливок в металлических многократных формах. Опишите непрерывное литьё: биметаллических изделий, электрошлаковое литьё.
25	Специальные методы литья. Опишите технологию литья в керамические формы.

## ВОПРОС 7

Таблица 8 – Задание к вопросу 7

Вар.	Вопрос.
1	Физические основы обработки металлов давлением. Опишите основные законы пластической деформации, температурный интервал обработки давлением.
2	Опишите факторы, влияющие на пластичность металла, основные законы пластической деформации.
3	Опишите влияние холодной и горячей пластической деформации на структуру и свойства металла. Основные законы пластической деформации. Температурный интервал обработки давлением.
4	Опишите основные законы пластической деформации. Температурный интервал обработки давлением.
5	Опишите виды нагревательных печей и электронагревательных устройств для подготовки под пластическую деформацию.
6	Прокатное производство. Опишите сущность процесса прокатки металлов, виды применяемого инструмента.
7	Прокатное производство. Опишите классификацию прокатных станов; виды прокатной продукции.
8	Опишите явления, происходящие в металле при холодном деформировании, и укажите сущность процесса упрочнения.
9	Опишите сущность упругой и пластической деформации с точки зрения кристаллического строения металла. Дайте определение пластичности и изложите влияние на неё химического состава, структуры, температуры нагрева, скорости и степени деформации.
10	Изложите сущность процесса волочения и укажите область его применения. Приведите схему процесса с указанием инструмента. Опишите типы волочильных станов. Укажите необходимые условия для успешного ведения процесса.
11	Изложите сущность процесса прессования и область его применения. Укажите оборудование, применяемое при прессовании. Опишите схемы прямого способа прессования и прессования труб.
12	Изложите понятие температурного интервала обработки металлов давлением и принцип его определения по диаграмме состояния сплава железо – углерод. Ориентировочно определите по диаграмме температурный интервал для стали с содержанием углерода 0,5%.
13	Изложите сущность процесса прокатки и условие захвата заготовки валками. Приведите схемы продольной, поперечной и поперечно-винтовой прокатки.
14	Опишите производство основных видов проката (прокатка листовой стали, прокатка бесшовных труб).
15	Ковка. Опишите основные операции и технологический процесс ковки.
16	Ковка. Опишите оборудование, применяемое при ковке.
17	Горячая объёмная штамповка. Опишите сущность технического процесса, его достоинства и недостатки.
18	Горячая объёмная штамповка. Опишите штамповку на молотах. Достоинства и недостатки штамповки на молотах.
19	Горячая объёмная штамповка. Опишите сущность штамповки на прессах. Достоинства и недостатки этого метода обработки.
20	Опишите штамповку на горизонтально-ковочных и специальных машинах. Достоинства и недостатки этих методов. Холодная штамповка. Сущность,

	применяемый материал.
21	Холодная штамповка. Подробно опишите операции выдавливание и высадка.
22	Холодная листовая штамповка. Опишите основные операции холодной листовой штамповки.
23	Опишите инструменты и оборудования, применяемые для листовой штамповки.
24	Опишите отделочные операции и контроль качества изделий, новые направления обработки металлов давлением.
25	Опишите штамповку на горизонтально-ковочных и специальных машинах, виды получаемых поковок.

## ВОПРОС 8

Таблица 9 – Задание к вопросу 8

Вар.	Вопрос.
1	Физические основы сварки. Опишите физическую сущность образования сварного соединения.
2	Опишите классификацию способов сварки и сварных швов.
3	Сварка плавлением. Опишите способ ручной дуговой сварки.
4	Опишите оборудование и электроды, применяемые для ручной дуговой сварки.
5	Ручная дуговая сварка. Опишите технологические приёмы сварки.
6	Опишите автоматическую дуговую сварку под флюсом, её виды, типы флюсов, типы электродов, получаемые швы.
7	Электрошлаковая сварка. Опишите суть способа сварки, его достоинства и недостатки.
8	Сварка плавлением. Опишите суть газовой сварки, применяемое оборудование, газы. Достоинства и недостатки метода.
9	Сварка плавлением в среде защитного газа. Опишите суть аргонно-дуговой сварки.
10	Сварка плавлением. Опишите лучевые способы сварки.
11	Сварка плавлением. Опишите электронно-лучевую сварку.
12	Сварка давлением. Опишите контактно-стыковую сварку и её виды.
13	Сварка давлением. Контактная точечная и шовная сварка и её виды.
14	Сварка давлением. Опишите методы сварки трением, холодная сварка, сварка взрывом.
15	Сварка давлением. Опишите суть ультразвуковой сварки.
16	Опишите методы пайки, наплавки, металлизации.
17	Резка металов и сплавов. Опишите процесс кислородной резки.
18	Контроль качества сварки. Опишите дефекты сварных соединений и методы их предотвращения.
19	Термическая резка. Опишите дуговые и лучевые способы резки металлов.
20	Опишите суть дуговой сварки плавлением в среде защитного углекислого газа.
21	Порошковая металлургия. Опишите способы производства металлических порошков.
22	Металлокерамические материалы. Опишите виды и область применения металлокерамических материалов.
23	Опишите структуру пластмасс и влияние её на свойство, способы переработки пластмассы в изделия.
24	Опишите состав резины, её классификацию, технологию изготовления и способы получения изделий из резины.
25	Опишите виды защитных покрытий металлов.

# ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ

## Перечень теоретических вопросов

1. Опишите исходные материалы для выплавки чугуна.
2. Опишите устройство и работу доменной печи, назначение и принцип работы воздухонагревателей.
3. Перечислите основные способы выплавки стали. Опишите конвертерный способ производства стали, его достоинства и недостатки.
4. Опишите мартеновский способ производства стали. Перечислите его достоинства и недостатки.
5. Опишите электродуговой способ производства стали. Перечислите его достоинства и недостатки.
6. Укажите основные способы разлива стали, их достоинства и недостатки. Перечислите требования, предъявляемые к строению получаемых слитков.
7. Опишите процесс кристаллизации сплавов.
8. Опишите испытания металлов на прочность, упругость, пластичность.
9. Опишите методы определения твёрдости металлов, укажите условные обозначения и единицы измерения.
10. Опишите основные металлографические методы исследования металлов и сплавов, их назначение.
11. Опишите виды металлических сплавов, образующихся при кристаллизации.
12. Изложите правила построения диаграмм состояния двойных сплавов. Назовите критические точки и линии диаграмм.
13. Опишите диаграмму «Fe-FeC», назовите основные линии и точки диаграммы.
14. Опишите виды термической обработки: отжиг и нормализацию стали. Укажите назначения и структуры, получаемые после этих видов ТО.
15. Опишите виды термической обработки: закалка и отпуск стали. Укажите назначение и структуры, получаемые после этих видов ТО.
16. Раскройте сущность ХТО стали, опишите её виды. Укажите детали, которые подвергаются этим видам ХТО.
17. Раскройте вид ХТО стали: цементация. Опишите технологический процесс этого вида ХТО для детали «поршневой палец ДВС», изготовленной из стали 20.
18. Раскройте вид ХТО стали: азотирование. Опишите технологический процесс этого вида ХТО, укажите детали станка, подвергающиеся азотированию.
19. Раскройте вид ХТО стали: цианирование. Опишите технологический процесс этого вида ХТО, укажите детали подвергающиеся цианированию.
20. Опишите правила маркировки и классификацию углеродистых сталей.
21. Раскройте правила маркировки легированных сталей, их свойства и назначение.
22. Опишите, легированные стали специального назначения, их свойства

и область применения.

23. Раскройте правила маркировки быстрорежущих сталей, их свойства и назначение.

24. Раскройте правила маркировки твёрдых спеченных сплавов, их свойства и область применения.

25. Раскройте правила маркировки чугунов, опишите их свойства и назначение.

26. Опишите виды термической обработки чугунов. Укажите их назначение и получаемые структуры.

27. Укажите виды сплавов на основе меди. Опишите правила их маркировки, свойства и область применения.

28. Укажите виды сплавов на основе алюминия. Опишите правила их маркировки, назначение.

29. Опишите виды сплавов на основе магния и титана. Раскройте правила их маркировки и назначение.

30. Дайте общие сведения о коррозии металлов. Опишите методы защиты металлов от неё.

31. Изложите сущность процесса получения изделий из металлических порошков. Укажите достоинства данного метода и объясните его применение.

32. Укажите, какие неметаллические материалы используются в машиностроении. Опишите состав, свойства и способы получения изделий из них.

33. Дайте общие сведения о литейном производстве. Объясните технологический процесс получения отливки литьём в разовые песчано-глинистые формы.

34. Опишите состав формовочных материалов, их назначение и подготовку.

35. Раскройте назначение модельного комплекта, опишите его составляющие.

36. Объясните правила разработки чертежей отливки и модели, их отличительные особенности.

37. Опишите процесс формовки в литейном производстве и укажите её виды.

38. Опишите литейные свойства сплавов, какие показатели их характеризуют, как они влияют на качество получаемых отливок.

39. Объясните сущность процесса получения отливок из чугуна. Опишите литейные свойства чугуна. Перечислите детали станка (двигателя), изготавливаемые из чугуна.

40. Раскройте особенности производства отливок, литейные свойства стали. Объясните, что необходимо предусмотреть в технологическом процессе для получения качественной отливки.

41. Объясните особенности метода производства отливок в постоянные формы. Укажите их виды.

42. Опишите литьё под давлением, его достоинства и недостатки, и требования к сплавам при этом методе литья.



43. Раскройте сущность литья в оболочковые формы, область его применения. Укажите, какие детали двигателя (станка) изготавливают этим методом.

44. Изложите сущность литья по выплавляемым моделям. Раскройте технологические операции этого метода. Определите, какие детали двигателя изготавливают этим способом.

45. Изложите сущность центробежного литья. Опишите оборудование, достоинства и недостатки данного метода.

46. Раскройте сущность литья в металлические формы. Перечислите требования, предъявляемые к деталям для этого метода литья. Укажите последовательность операций.

47. Раскройте сущность процесса нагрева металла перед ОМД. Объясните назначение нагрева, явления, происходящие в металле. Сформулируйте основные виды брака.

48. Раскройте понятие ОМД. Опишите достоинства этого метода и явления его сопровождающие.

49. Опишите виды ОМД и подробно раскройте прокатку. Поясните сущность этого метода, виды и получаемые изделия.

50. Опишите процесс волочения, применяемое оборудование и получаемые изделия.

51. Опишите процесс прессования, область применения, величины характеризующие процесс деформации.

52. Объясните сущность процессаковки, область применения, технологический процесс.

53. Опишите правила разработки чертежа поковки, полученной методомковки.

54. Раскройте сущность горячей объёмной штамповки, укажите область применения, опишите технологический процесс.

55. Объясните правила разработки чертежа поковки методом горячей объёмной штамповки.

56. Объясните процесс штамповки на горячештамповочных прессах, достоинства метода перед штамповкой на ПШМ.

57. Раскройте сущность процесса холодной штамповки, укажите достоинства и недостатки метода. Объясните разделительные и формообразующие операции.

58. Объясните сущность соединения металлов сваркой. Опишите виды процессов сварки.

59. Укажите виды сварных соединений. Опишите дефекты сварки, причины их возникновения и методы устранения.

60. Опишите оборудование, инструмент и приспособления, применяемые при ручной электродуговой сварке.

61. Опишите процесс газовой сварки металлов. Объясните область её применения.

62. Раскройте сущность процесса газовой резки металлов, каким требованиям должны отвечать сплавы, подвергаемые резке. Опишите

устройство газового резака.

63. Объясните влияние газа на металл шва при сварке. Опишите способы защиты металла шва от действия газов.

64. Объясните сущность процесса электродуговой сварки. Применяемое оборудование и принадлежности сварщика.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная

1. Кузьмин, Б.А. и др. "Технология металлов и конструкционные материалы". –М.: Машиностроение, 1989 г.

2. Комаров, О.С и другие. Технология конструкционных материалов, – Мн.: Дизайн ПРО, 1998г.

3. Технология конструкционных материалов / Под редакцией О.С. Комарова. –Мн.: 1998.

4. Никифоров, В.М. Технология металлов и конструкционных материалов, –Л.: Машиностроение, 1986.

5. Гелин Ф.Д., Чаус А.С. Металлические материалы, –Мн.: Дизайн ПРО, 1999 .

6. Марочник сталей и сплавов / Под ред. В.Г. Сорокина. –М.: Машиностроение, 1989.

### СТАНДАРТЫ

**ГОСТ 380-94.** Сталь углеродистая обыкновенного качества.

**ГОСТ 493-79.** Бронзы безоловянные литейные.

**ГОСТ 613-79.** Бронзы оловянные литейные.

**ГОСТ 801-78.** Сталь подшипниковая.

**ГОСТ 859-2001.** Медь.

**ГОСТ 1050-88.** Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали.

**ГОСТ 1209-90.** Баббиты кальциевые в чушках.

**ГОСТ 1215-79.** Отливки из ковкого чугуна.

**ГОСТ 1320-74.** Баббиты оловянные и свинцовые.

**ГОСТ 1412-85.** Чугун с пластинчатым графитом для отливок.

**ГОСТ 1414-75.** Прокат из конструкционной стали высокой обрабатываемости резанием.

**ГОСТ 1435-99.** Прутки, полосы и мотки из инструментальной нелегированной стали.

**ГОСТ 1583-93.** Сплавы алюминиевые литейные.

**ГОСТ 1585-85.** Чугун антифрикционный для отливок.

**ГОСТ 2856-79.** Сплавы магниевые литейные.

**ГОСТ 3882-74.** Сплавы твердые спеченные.

**ГОСТ 4543-71.** Прокат из легированной конструкционной стали.

**ГОСТ 4784-97.** Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые.

**ГОСТ 5017-74.** Бронзы оловянные, обрабатываемые давлением.

**ГОСТ 5632-72.** Стали высоколегированные и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные.

**ГОСТ 5950-2000.** Прутки и полосы из инструментальной легированной стали.

**ГОСТ 7293-85.** Чугун с шаровидным графитом для отливок.

**ГОСТ 10160-75.** Сплавы прецизионные магнитомягкие.

**ГОСТ 10994-74.** Сплавы прецизионные.

**ГОСТ 11069-2001.** Алюминий первичный.

**ГОСТ 14113-78.** Сплавы алюминиевые антифрикционные.

**ГОСТ 14 957-76.** Сплавы магниевые деформируемые.

**ГОСТ 14959-79.** Прокат из рессорно-пружинной углеродистой и легированной стали.

**ГОСТ 15527-2004.** Сплавы медно-цинковые (латуни), обрабатываемые давлением.

**ГОСТ 17711-93.** Сплавы медно-цинковые (латуни) литейные.

**ГОСТ 17809-72.** Материалы магнитотвердые литые.

**ГОСТ 18175-78.** Бронзы безоловянные, обрабатываемые давлением.

**ГОСТ 19265-73.** Прутки и полосы из быстрорежущей стали.

**ГОСТ 19281-89.** Прокат из стали повышенной прочности.

**ГОСТ 19807-91.** Титан и сплавы титановые деформируемые.

**ГОСТ 20072-74.** Сталь теплоустойчивая.

**ГОСТ 21427.1-83.** Сталь электротехническая холоднокатаная анизотропная тонколистовая.

**ГОСТ 21427.2-83.** Сталь электротехническая холоднокатаная изотропная тонколистовая.

**ГОСТ 21427.4-78.** Лента стальная электротехническая холоднокатаная анизотропная тонколистовая.

**ГОСТ 21559-76.** Материалы магнитотвердые спеченные.

**ГОСТ 26530-85.** Сплавы твердые спеченные безвольфрамовые.

**ГОСТ 28377-89.** Порошки для газотермического напыления и наплавки.

**ГОСТ 28393-89.** Прутки и полосы из быстрорежущей стали, полученной методом порошковой металлургии.

**ГОСТ 28394-89.** Чугун с вермикулярным графитом для отливок.