

**Смоленский промышленно-экономический колледж**

**Методическое пособие  
для самостоятельной работы**

**по дисциплине «Материаловедение»**

**специальность 151001 «Технология машиностроения»**

**заочная форма обучения**

**Преподаватель      Ковалёва О.Н.**

**Автор: Ковалёва О.Н.**

**Рецензенты:**

**Баранов Д.В.- зам. Главного технолога ОАО «Измеритель**

**Муравьёва М.А.–преподаватель специальных дисциплин**

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Материаловедение» является общепрофессиональной.

Дисциплина имеет практическую направленность и взаимосвязана с такими учебными дисциплинами, как «Физика», «Химия», «Техническая механика», «Процессы формообразования». Программой дисциплины предусматривается изучение строения, свойств и применения материалов, методов контроля качества материалов.

При изложении разделов и тем, относящихся к изучению качественных и технологических характеристик материалов и методов контроля качества, изучаемый материал рассматривается применительно к соответствующим технологическим процессам, вопросам экономии материалов и энергоэффективности использования ресурсов, обеспечению безопасности труда и охраны окружающей среды, с учётом достижений науки и техники в области новых материалов и международных стандартов серии «ISO».

В результате изучения дисциплины студент

- должен знать:

- свойства материалов;
- назначение и классификацию конструкционных и инструментальных материалов.

- должен уметь:

- пользоваться диаграммой состояния железоуглеродистых сплавов;
- расшифровывать марки конструкционных и инструментальных материалов;
- определять область применения материалов в машиностроении;
- определять температуру и режимы термообработки сплавов;
- подбирать необходимые материалы для деталей в зависимости от условий их эксплуатации.

В процессе изучения дисциплины формируются компетенции:

**ПК-6.** Выбирать материалы для реализации технологического процесса изготовления детали.

**ОК-2.** Организовывать собственную деятельность, обобщать и анализировать информацию, определять цели и выбирать пути их достижения.

**ОК-4.** Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

**ОК-5.** Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

**ОК-10.** Осуществлять поиск, анализ и оценку информации, необходимой для постановки и решения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

**ОК-12.** Владеть культурой мышления, обобщать, анализировать, воспринимать информацию, ставить цели и выбирать пути их достижения.

**ОК.** Логически верно аргументировать и ясно строить устную и письменную речь.

**ОК-14.** Оценивать критически свои достоинства и недостатки, намечать пути развития. Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности.

Изучение дисциплины "Материаловедение" предполагает самостоятельную проработку теоретического материала по рекомендуемой литературе и пособиям, выполнение контрольной работы, а в период экзаменационных сессий - прослушивание установочных и обзорных лекций, выполнение лабораторных работ и индивидуальных заданий.

Дисциплина изучается в соответствии с графиком учебного процесса по специальности..

Изучать дисциплину по темам рекомендуется примерно в такой последовательности:

- ознакомиться с программой изучаемой темы и методическими указаниями к ней;

- ознакомиться с другими источниками информации по теме (справочники, нормативно-техническая документация, статьи в технических журналах);
- составить развернутый конспект изучаемого материала с выполнением чертежей, схем, эскизов, диаграмм;
- ответить на вопросы самопроверки;
- ответить на вопросы контрольной работы.

Для закрепления теоретических знаний и приобретения практических навыков для студентов предусматривается выполнение лабораторных работ и практических занятий.

Для выполнения практических и лабораторных работ должна быть предусмотрена тетрадь для отчётов.

В процессе изучения материала студенты выполняют одну домашнюю контрольную работу.

В пособии приводятся таблицы выбора вариантов контрольной работы, вопросы и задачи контрольной работы.

Формой итоговой аттестации является зачёт экзамен.

## **РАЗДЕЛ 1. ВВЕДЕНИЕ**

**ТЕМА 1.1** *Материаловедение - наука о материалах. Физико-химические основы материаловедения.*

**Требования к знаниям:** задачи и содержание дисциплины, физико-химические основы предмета, историю предмета, русских ученых материаловедов их роль в развитии науки о металлах.

### **Программа**

Задачи дисциплины «Материаловедение» и его связь с другими предметами. Краткие исторические сведения о развитии материаловедения как науки. Русские ученые – материаловеды. Основные конструкционные материалы. Физико-химические основы материаловедения. Новейшие достижения и перспективы развития в области материаловедения и обработки материалов и сплавов.

**Литература:** [2] стр.3-5

### **Методические указания**

При изучении темы особое внимание обратите на перспективу развития металлургической и металлообрабатывающей промышленности, эффективность внедрения новых прогрессивных конструкционных материалов, а также на улучшение качества и разработку новых конструкционных металлических и неметаллических конструкционных материалов. Уясните, что материаловедение как наука, устанавливающая зависимость между составом, строением и свойствами сплавов и является научной основой для разработки экономически эффективных технологических режимов термической обработки, литья, штамповки, сварки и других способов обработки конструкционных материалов в высокотехнологичном производстве.

### **Вопросы самопроверки**

1. Каковы цель и задачи дисциплины «Материаловедение»?
2. Каково значение работ отечественных ученых в создании науки о конструкционных материалах?
3. Какое значение имеет применение новых прогрессивных конструкционных материалов для улучшения качества деталей, повышения эксплуатационной надежности и долговечности машин, приборов и аппаратов?

## **РАЗДЕЛ 2. СТРОЕНИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ**

**ТЕМА 2.1** *Строение материалов.*

**Требования к знаниям:** особенности кристаллического строения металлов, типы элементарных кристаллических решеток металлов, реальное строение металлов.

### **Программа**

Понятие об аморфном и кристаллическом веществе. Кристаллическое строение металлов. Типы и параметры кристаллических решеток. Точечные и линейные несовершенства металлов, их связь с механическими свойствами металлов.

**Литература:** [1] глава 1, §1-5

### **Методические указания**

Все свойства материалов зависят от его внутреннего строения. Выбор материала для деталей машин, приборов, аппаратов зависит от его свойств и условий работы детали. Правильно выбранные материалы для деталей и способы их обработки обеспечивают надежность и долговечность работы машин и приборов и уменьшение их себестоимости.

Изучение этого раздела нужно начать с атомно-кристаллического строения металлов. Выясните различие в строении аморфных и кристаллических веществ. Прежде всего, необходимо изучить

атомно-кристаллическое строение металлов, типы кристаллических решеток, расположение атомов в них, усвоить, что свойства кристаллов в различных направлениях неодинаковы.

Зарисуйте основные типы элементарных кристаллических ячеек. В кристаллическом строении имеется ряд дефектов (несовершенств). Разберите, какие виды несовершенств бывают в кристаллическом строении, а также на каких свойствах и как это отражается. Разберите особенности дефектов кристаллического строения.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Каково значение внутреннего строения материалов?
2. Чем различаются аморфные и кристаллические вещества?
3. Охарактеризуйте основные типы элементарных кристаллических ячеек.
4. Что такое вакансии? Что такое дислокации?
5. Как дефекты кристаллического строения влияют на свойства материала?

### **ТЕМА 2.2 Кристаллизация металлов.**

**Требования к знаниям:** основы процесса кристаллизации, возможность искусственного воздействия на строение металлов в процессе кристаллизации, аллотропные формы железа.

#### **Программа**

Кристаллизация металлов. Критические точки. Степень переохлаждения. Свободная энергия для жидкого и твердого металла. Кривые охлаждения. Полиморфизм металлов. Анизотропия. Реальное строение кристаллов. Строение стального слитка.

**Литература:** [1] глава 1, §6.

#### **Методические указания**

Внешне металл никогда не имеет правильного кристаллического строения, так как процесс кристаллизации протекает путем зарождения центров кристаллизации и последующего их роста. Поэтому реальные металлы являются анизотропными веществами. Выясните: почему кристаллизация не протекает при температуре кристаллизации и требуется некоторое переохлаждение для того, чтобы процесс начался.

Выпишите в конспект и запомните, что свойства реальных металлов отличаются от идеальных, так как все реальные металлы являются поликристаллами.

Уясните сущность и цель термического анализа. Выпишите в конспект, что называется критической точкой, степенью переохлаждения. Рассмотрите аллотропию металла на примере кривой охлаждения железа. Зарисуйте схему строения стального слитка и объясните характер структур на разных участках слитка.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Что такое кристаллизация? Как этот процесс протекает и чем характеризуется?
2. Как влияет запас свободной энергии системы на процесс кристаллизации?
3. Что такое степень переохлаждения?
4. Что такое зерно?
5. Что такое дендрит?
6. Что такое полиморфизм металлов?
7. Что такое анизотропия?

### **ТЕМА 2.3 Основные механические свойства материалов.**

**Требования к знаниям:** основные механические свойства материалов и способы их определения,

**Требования к умениям:** проводить испытания по определению твердости металлов методом Бринелля и Роквелла.

### **Программа**

Физические, химические, технологические свойства материалов. Понятие об основных механических свойствах: прочности, твердости, упругости, вязкости, пластичности, усталости. Методы испытания механических свойств. Испытание на прочность, диаграмма растяжения металла. Способы определения твердости металлов. Испытание на ударную вязкость.

**Литература:** [1] глава 1, §8.

### **Методические указания**

Вспомните, как классифицируются свойства материалов и какие свойства относятся к физическим, химическим, технологическим и механическим. Выпишите определения основных механических свойств: прочности, твердости, упругости, вязкости, пластичности, усталости в тетрадь.

Затем переходите к изучению способов определения свойств металлов.

Нужно совершенно точно знать обозначения и единицы различных свойств материалов, установленные ГОСТом.

При изучении испытания на растяжение вычертите в конспекте диаграммы растяжения для пластичных и хрупких материалов и укажите характерные точки на них. Нужно знать, какие характеристики прочности и пластичности определяются при испытании на растяжение. Не путайте площадку текучести и предел текучести. Предел текучести - характеристика прочности материала, а площадка текучести - характеристика пластичности.

Способы определения твердости находят очень широкое применение, так как не требуют изготовления специальных образцов, просты в выполнении и производительны. Выпишите в конспект область применения каждого способа, его достоинства и недостатки.

Определение ударной вязкости особенно важно для материалов, которые идут на изготовление деталей, работающих с ударными нагрузками, потому что металлы с одинаковой пластичностью могут иметь разную вязкость. Выпишите в конспект факторы, которые влияют на ударную вязкость, практически не влияя на другие свойства (величина зерна, количество фосфора в стали и др.).

Изучая испытание на усталость (выносливость), вычертите кривую усталости и запишите, что называют пределом усталости. Разрушение при переменных напряжениях может произойти при напряжении, меньшем не только предела прочности, но и предела текучести. Выпишите факторы, влияющие на предел усталости, так как, зная эти факторы, можно повысить предел усталости, а значит, увеличить срок службы деталей.

Технологические испытания металлов имеют очень большое практическое значение, так как правильно выбрать метод получения и обработки детали можно только в том случае, если знаешь его технологические свойства. Неправильно выбранный способ получения и обработки деталей значительно их удорожает. Кроме того, материалы с плохими технологическими свойствами находят в промышленности ограниченное применение.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Какие характеристики механических свойств определяются при испытании на растяжение?
2. Что такое прочность? Какими методами определяются прочностные характеристики?
3. Что такое твердость? Какими методами определяется твердость?
4. Что такое ударная вязкость?
5. Что называют пределом усталости?

## **ТЕМА 2.4 Методы исследования структуры материалов.**

**Требования к знаниям:** методы исследования внутреннего строения металлов,

**Требования к умениям:** проводить микроскопический анализ металлов и сплавов

**Программа**

Микроскопический анализ. Микроскопический анализ. Металлографический микроскоп. Рентгеноструктурный и спектральный анализ. Понятие об электронной микроскопии. Физические методы исследования металлов.

**Литература:** [1] глава 1, §7

**Методические указания**

Изучите особенности макроскопического и микроскопического анализ структуры металлов и сплавов. Разберите основные физические методы контроля металлов (рентгеновский, спектральный магнитный, ультразвуковой и др.), достоинства, недостатки и область применения каждого метода. Обратите внимание на особенности выбора метода контроля дефекта в деталях в зависимости от материала детали и характера дефекта.

**Вопросы для самопроверки**

1. Что называют макроскопическим анализом?
2. Что называют микроскопическим анализом?
3. Что такое микрошлиф? Как микрошлиф получают?
4. Чем металлографический микроскоп отличается от биологического?
5. Каково значение физических методов исследования металлов для контроля дефектов в материалах?

**РАЗДЕЛ 3. ОСНОВЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**ТЕМА 3.1 Чёрная металлургия.**

**Иметь представление:** об основных переделах в чёрной металлургии ; физико – химических процессах доменного и сталеплавильного процессов , способах обогащения железной руды , конструкциях плавильных агрегатов .

**Требования к знаниям:** сущность доменного передела марки литейного и предельного чугунов, мартеновский, кислородно – конверторный и электросталеплавильный способы получения стали, способы улучшения качества стали.

**Программа**

Схема металлургических переделов. Состав шихты в доменном производстве : железная руда, кокс, флюс. Доменная печь. Физико – химические процессы доменного производства. Литейный и предельный чугуны.

Сущность сталеплавильного передела. Мартеновский способ получения стали. Особенности получения стали в кислородных конверторах. Получения стали в электродуговых и индукционных печах. Разливка стали в изложницы и на УНР. Способы повышения качества стали : внепечная обработка стал, специальные переплавы

**Литература:** [1] глава 3, §1-4, глава 4, §1-4.

**Методические указания**

Уясните разницу между чугуном и сталью по химическому составу, механическим и технологическим свойствам. Выпишите в конспект количество углерода и основных примесей, которые входят в сталь.

В настоящее время сталь получают преимущественно путем передела чугуна. Основные способы получения стали: конверторный, мартеновский, электроплавка. Процесс получения стали — это окислительный процесс. При любом способе получения стали происходит окисление примесей чугуна.

Изучать способы производства стали нужно в такой последовательности: исходные материалы, устройство плавильного агрегата, сущность способа, технологические особенности процесса, способы

интенсификации процесса, технико-экономические показатели процесса (производительность, качество получаемой стали, ее применение и т. п.).

Изучая конверторный способ получения стали, обратите внимание на конструктивные особенности конвертора при воздушном и кислородном дутье (воздух подается снизу, а кислород через трубку сверху). При кислородном дутье почти все недостатки конверторного способа практически устраняются.

В мартеновской печи высокую температуру получают за счет сгорания топлива. Теплота от химических реакций имеет второстепенное значение. Выпишите химические реакции, протекающие в основной мартеновской печи, уясните процессы раскисления и удаления серы и фосфора в основной печи. Нужно знать основные способы интенсификации мартеновского процесса. Процесс плавки стали в электрических печах приобретает все большее значение в связи с широким применением высококачественных и легированных сталей в отечественном машиностроении и приборостроении. Плавку в электрических печах можно производить как в воздушной среде, так и в вакууме. В вакуумных печах переплавляют стальные заготовки, выплавленные в обычных печах. Этим способом получают жаропрочные стали и сплавы, сплавы с особыми физико-химическими свойствами и тугоплавкие металлы (молибден, титан, цирконий и др.). Недостаток вакуумной плавки — сложность оборудования и высокая стоимость выплавляемого металла. Значительно более дешевый способ повышения качества стали электрошлаковый переплав, который можно производить и в воздушной среде. Этим способом получают шарикоподшипниковые, инструментальные и другие стали.

Повысить качество стали можно методом вакуумирования стали перед разливкой в ковшах и вакуумной разливкой стали в слитки, а также методом обработки стали синтетическими шлаками. При изучении разливки стали прежде всего уясните, как влияет способ разливки на качество стали. Нужно знать разницу между кипящей и спокойной сталью и область применения кипящей стали. Наибольшее внимание уделите непрерывной разливке стали, как наиболее прогрессивному способу, выпишите достоинства этого способа.

Способ непрерывной разливки широко применяется и в цветной металлургии. Разберите строение стального слитка, возможные дефекты в нем и способы их предупреждения.

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Какой сплав называют сталью?
2. Какал разница между чугуном и сталью по содержанию углерода и основных примесей и по механическим свойствам?
3. Ну каком топливе работают мартеновские печи?
4. В чем заключается процесс раскисления стали? Для чего его производят?
5. Укажите качество конверторной стали и область ее применения.
6. Какие факторы способствуют получению высококачественной стали в электрических печах?
7. Какая разница между сталями обыкновенного качества, качественными и высококачественными?
8. Укажите способы внепечной обработки стали.
9. В чем достоинства электрошлакового переплава стали?
10. Какой способ разливки стали наиболее прогрессивен и почему?

### ***Тема 3.2 Цветная металлургия***

**Требования к знаниям:** Особенности производства меди, алюминия, титана и магния, маркировка цветных металлов по ГОСТу.

#### ***Программа***

Медные руды и их обогащение. Плавка медной руды. Конвертирование меди. Огневое и электролитическое рафинирование меди. Маркировка меди по ГОСТу.

Сырьё для получения алюминия. Получение и электролиз глинозёма. Рафинирование алюминия. Маркировка алюминия по ГОСТу. Общая схема производства титана. Маркировка титана по ГОСТу. Производство магния.

*Литература:* [1] глава 9, §1-4, глава 10, §1-4, глава 11, §1-4

#### **Методические указания**

Изучение этой темы начните с особенностей производства цветных металлов. При изучении методов обогащения основное внимание уделите методу флотации, который применяют чаще всего, особенно для комплексных руд.

Из всех способов получения меди наиболее широкое распространение получил сухой (пирометаллургический) способ. Черновая медь в промышленности не применяется, так как примеси значительно ухудшают механические, физические и технологические свойства меди. Разберите способы рафинирования черновой меди. После электролитического рафинирования медь содержит меньше примесей, в том числе и кислорода. Кроме того, при электролитическом рафинировании из осадка ванны удастся извлечь ценные металлы — теллур, селен, сурьму, серебро, золото и ряд других элементов, которые содержатся в медной руде. При огневом рафинировании эти элементы теряются, но медь после огневого рафинирования дешевле. В конспект запишите марки меди и что означают цифры и буквы.

Алюминий является вторым после железа металлом техники. Производство алюминия складывается из двух самостоятельных процессов: получение окиси алюминия (глинозема) и электролиза расплавленного глинозема. Обратите внимание на роль криолита в электролизе глинозема. Разберите схему современного электролизера и принцип его работы. Запишите в конспект марки алюминия и что означают буквы и цифры.

Титан и магний в настоящее время широко применяются в машиностроении. Рассмотрите технологические схемы получения титана и магния. В конспект запишите марки титана и магния и выясните: что означают цифры и буквы.

#### **Вопросы для самопроверки**

1. В чем особенности производства цветных металлов?
2. Укажите сущность основных процессов при получении меди пирометаллургическим способом.
3. В чем достоинства и недостатки огневого и электролитического рафинирования меди?
4. В чем сущность электролиза алюминия?
5. Почему для получения титана требуется магний?

## **РАЗДЕЛ 4. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О СПЛАВАХ**

### **Тема 4.1 Основные сведения из теории сплавов.**

**Требования к знаниям:** основные сведения о сплаве, структурные образования при кристаллизации сплавов, твёрдые растворы, механические смеси, химические соединения и их свойства.

#### **Программа**

Понятие о сплаве, компоненте, фазе и системе сплавов. Характер взаимодействия компонентов в жидком и твердом состояниях сплава.

*Литература:* [1] глава 2, §1

#### **Методические указания**

Изучение этой темы начните с терминологии теории сплавов. Выпишите в тетрадь основные термины и определите: что они означают. Выясните характер взаимодействия компонентов в жидком состоянии сплава.

При изучении металлических сплавов следует уяснить взаимодействие двух компонентов в сплавах (образование твердых растворов, химических соединений, механических смесей).

### **Вопросы для самопроверки**

1. Что такое компонент фазы, физико-химическая система, число степеней свободы.
2. Приведите объяснение твердого раствора, механической смеси, химического (металлического) соединения.
3. Что представляют собой твердые растворы замещения и внедрения?
4. Основные группы металлических соединений и их особенности.

### **ТЕМА 4.2 Диаграмма состояния двойных сплавов.**

**Требования к знаниям:** принцип построения диаграммы состояния, их основные типы и зависимость свойств сплава от типа диаграммы состояния.

#### **Программа**

Понятие о диаграммах состояния, их практическое значение и принцип построения. Типы диаграмм состояния сплавов для случаев: образования компонентами механической смеси, неограниченных и ограниченных твердых растворов, компонентов и химического соединения компонентов. Связь между свойствами сплавов и типом диаграммы состояния.

**Литература:** [1] глава 2, §2-5

#### **Методические указания**

Перед тем как приступить к изучению диаграмм состояния, повторите термический анализ, построение кривых нагрева и охлаждения. Критические точки, т. е. температуры, при которых происходят превращения в каждом сплаве, соединяют и получают критические линии, каждая точка которых показывает, при какой температуре происходит данное превращение в сплавах разной концентрации. Выпишите в конспект, что называют компонентом, фазой, системой, сплавом, а также что может быть фазой. Запомните, что сплав — это сложное тело.

Диаграммы строят при медленном охлаждении, поэтому структуры на диаграмме соответствуют равновесному состоянию. В конспекте нужно указывать структуры в каждой области диаграммы и записывать, что они собой представляют.

Рассматривая диаграмму состояния сплавов, компоненты которых в твердом состоянии не растворяются друг в друге (свинец — сурьма, олово — цинк), нужно прежде всего четко уяснить, что собой представляет эвтектика. Она образуется в результате того, что компоненты друг в друге не растворяются и представляет собой очень тонкую механическую смесь двух фаз. Так как обе фазы кристаллизуются одновременно, при одной и той же температуре, то отдельные кристаллы не успевают вырасти до значительных размеров и кристаллы обеих фаз представляют настолько мелкую механическую смесь, что их практически разделить нельзя. Поэтому эвтектика обладает специфическими, только ей присущими свойствами, которые резко отличаются от свойств входящих в нее компонентов. Обратите внимание на то, что температура окончательного затвердевания сплавов, образующих эвтектику, от состава сплавов не зависит и на диаграмме образование эвтектики характеризуется горизонтальной линией. Из правила отрезков (правила рычага) видно, что состав жидкого сплава при температуре окончательного затвердевания всегда одинаковый, значит и состав эвтектики во всех сплавах один и тот же, количество же эвтектики в разных сплавах разное и также определяется по правилу отрезков.

Перед изучением диаграмм состояния сплавов, обладающих неограниченной растворимостью как в жидком, так и в твердом состоянии, запишите, какие вещества называют твердым раствором и какие виды твердых растворов могут быть в сплавах. Твердые растворы — это сложные, но однородные вещества. Обратите внимание на то, что в сплавах, образующих твердые растворы, в отличие от сплавов с эвтектикой температура начала и конца затвердевания зависит от состава сплава и все сплавы затвердевают в интервале температур. Поскольку вещества обладают неограниченной растворимостью, то ни в одном сплаве не будет кристаллов свободных

компонентов, а все сплавы данной системы будут однофазными и представлять собой твердый раствор.

подавляющее большинство металлов обладает ограниченной растворимостью в твердом состоянии, причем предел растворения уменьшается с уменьшением температуры (сплавы свинец — олово, медь — серебро). В этих случаях эвтектика появляется только в тех сплавах, в которых концентрация растворимого компонента выше предела растворения. На диаграмме особое внимание обратите на процессы, протекающие в твердом состоянии. В сплавах, у которых концентрация растворимого компонента меньше предела растворения, после окончательного затвердевания структура представляет собой однородный твердый раствор. Уже в твердом состоянии в связи с уменьшением предела растворения при понижении температуры из твердого раствора начинает выделяться избыточная фаза. Например, в сплавах свинец — олово, содержащих менее 19,5% олова, в сплавах медь — серебро, содержащих менее 7% серебра, при охлаждении ниже кривой растворимости начинает образовываться вторая фаза и при комнатной температуре сплавы получают двухфазными. Процессы кристаллизации из твердого состояния происходят по тем же законам, что и из жидкого, т. е. путем зарождения центров кристаллизации и последующего роста, поэтому для образования второй фазы охлаждение должно быть медленным. Запишите, что сплавы, которые имеют превращение в твердом состоянии, могут изменять структуру, а значит, и свойства путем нагрева и охлаждения с различной скоростью, т. е. путем термической обработки.

Изучая систему сплавов, образующих устойчивое химическое соединение, запомните, что их можно рассматривать как состоящие из двух самостоятельных диаграмм, у которых вторым компонентом является химическое соединение. Эту диаграмму можно рассматривать в общем виде.

Физические, механические и технологические свойства сплава зависят от его структуры. Поэтому нужно обязательно изучить зависимость между диаграммами состояния сплавов и их свойствами, установленную Н. С. Курнаковым и А. А. Бочваром (диаграммы состав — свойства). Зная эту зависимость, можно на научной основе разрабатывать новые материалы и выбирать способы изготовления изделий из разных сплавов.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Объясните принцип построения диаграмм состояния
2. В каких сплавах образуется эвтектика и что она собой представляет?
3. Нарисуйте кривую охлаждения сплава, содержащего 5% свинца и 95% сурьмы (или 5% олова и 95% цинка).
4. Что называют твердым раствором? Какие твердые растворы могут быть в сплавах?
5. Почему в сплавах с ограниченной растворимостью происходят превращения в твердом состоянии?
6. Пользуясь диаграммой свинец — олово, или медь — серебро, укажите, в каких сплавах можно изменить структуру при комнатной температуре путем изменения скорости охлаждения. Какие виды ликвации могут быть в сплавах?
7. Какое практическое значение имеют диаграммы состав — свойства?

### **ТЕМА 4.3. Диаграмма состояния «Fe – Fe<sub>3</sub>C»**

**Требования к знаниям:** основные точки и линии диаграммы состояния «Fe – Fe<sub>3</sub>C», структурные составляющие железно-углеродистых сплавов и их характеристики.

**Требования к умениям:** строить кривые охлаждения углеродистых сталей и белых чугунов, характеризовать превращения в сталях и чугунах при нагреве и охлаждении, проводить микроанализ железно-углеродистых сплавов

#### **Программа**

Две системы железноуглеродистых сплавов. Диаграмма состояния «железо-цементит», фазы в системе «железо-цементит»: феррит, аустенит, цементит, перлит, ледебурит, их краткая характеристика. Первичная и вторичная кристаллизация. Классификация железноуглеродистых

сплавов в соответствии с диаграммой состояния «Fe–Fe<sub>3</sub>C»: доэвтектоидная, эвтектоидная, заэвтектоидная стали, доэвтектический, эвтектический, заэвтектический чугуны. Превращения в структуре сталей и чугунов при нагреве и охлаждении. Построение кривых охлаждения и нагрева.

**Литература:** [1] глава 5, §1-3

### **Методические указания**

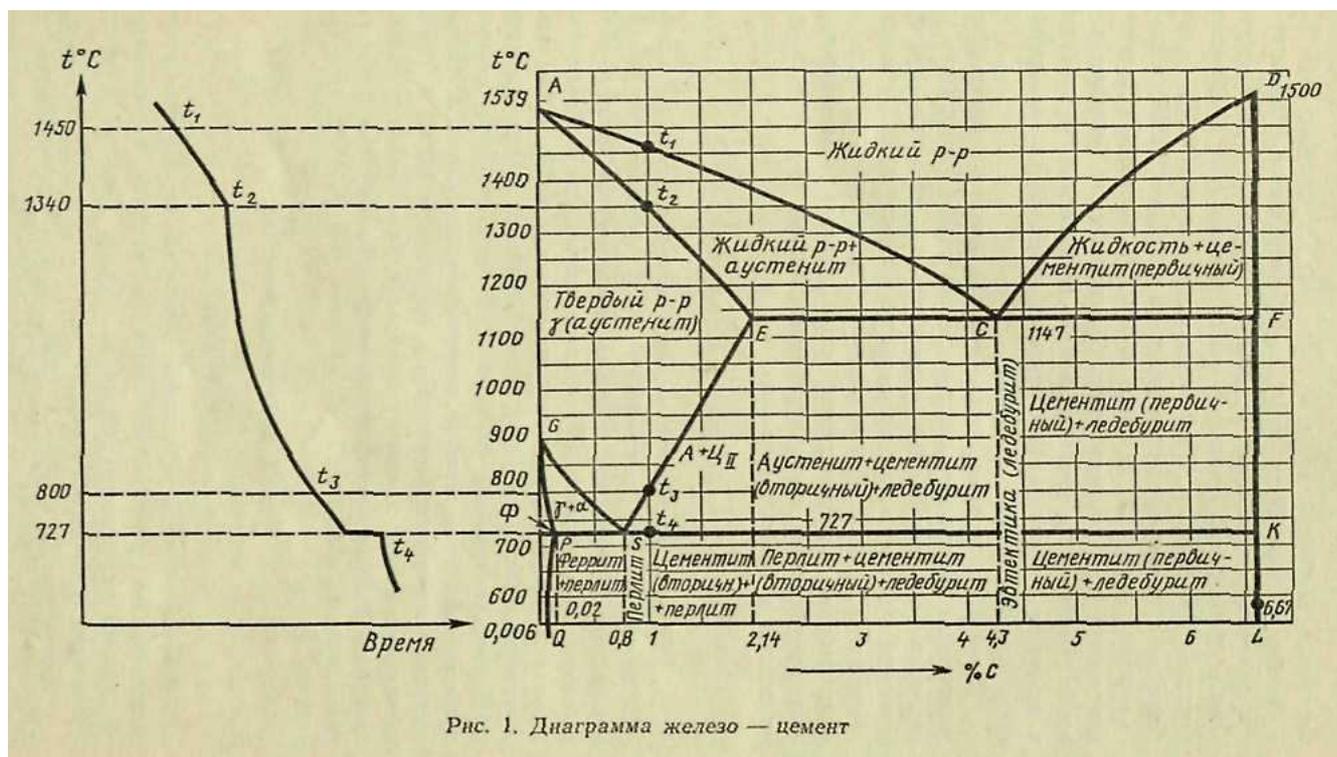
Изучать диаграмму состояния железо — углерод можно только после того, как разобраны простые (двойные) диаграммы состояния. Повторите аллотропические превращения железа. Эта диаграмма должна быть хорошо усвоена, так как иначе невозможно понять сущность и различные виды термической обработки. Нужно как следует уяснить все превращения, протекающие в железоуглеродистых сплавах при медленном охлаждении и получающиеся при этом структуры, особое внимание обратить на превращение в твердом состоянии. Тема эта очень сложная, многие положения встречаются при дальнейшем изучении курса, поэтому нужно вести очень подробный конспект.

В конспекте вычертите прежде всего диаграмму состояния железо — цементит, укажите структуру во всех областях, разберите, чем характерны все критические точки и линии диаграммы, их температуры и содержание углерода. В результате вторичной кристаллизации по линии GS при охлаждении начинается превращение аустенита в феррит в связи с аллотропическим превращением гамма-железа в альфа-железо. Так как в феррите максимально растворяется 0,04% углерода (точка P), то в аустените количество углерода все время увеличивается. Каждая точка линии GS показывает содержание углерода в аустените при данной температуре (согласно правилу отрезков). Критические точки, образующие линию GS, принято обозначать при нагреве  $A_{c3}$ , а при охлаждении  $A_{r3}$ . По линии ES при охлаждении аустенита начинает выделяться вторичный цементит в связи с уменьшением растворимости углерода в гамма-железе при понижении температуры. Цементит содержит 6,67% углерода, поэтому в остающемся аустените количество углерода уменьшается. Каждая точка линии ES показывает содержание углерода в аустените при данной температуре. Критические точки, образующие линию ES, принято обозначать  $Л_{eT}$ . По линии PSK происходит окончательный распад аустенита на перлит во всех сплавах системы. Из аустенита образуется мелкая механическая смесь — эвтектоид, так как в равновесном состоянии гамма-железо при температуре ниже 727°C существовать не может, а альфа-железо практически углерод не растворяет (точка P). При температуре 727°C во всех сплавах в аустените содержится 0,83% углерода (точка S, куда сходятся линии GS и ES), значит состав перлита тоже постоянен и содержит 0,83% C. Критические точки, образующие линию PSK, при нагреве обозначают  $A_{c1}$ , а при охлаждении  $A_{r1}$ . Отметьте в конспекте, что температура, при которой из аустенита начинает выделяться феррит или цементит (линии CS и ES), зависит от состава сплава, а превращение аустенита в перлит происходит во всех сплавах при одной и той же температуре (727°C).

Нужно знать, что в простых железоуглеродистых сплавах в равновесном состоянии при температуре ниже 727°C аустенит существовать не может, он распадается на перлит. Запомните равновесные структуры железоуглеродистых сплавов: аустенит, феррит, перлит, цементит, ледебурит. Запишите в конспекте, что они собой представляют. Запомните разницу между эвтектикой и эвтектоидом: и то и другое — мелкая механическая смесь, но эвтектика — продукт первичной кристаллизации, она получается при одновременной кристаллизации двух или нескольких фаз из жидкого раствора, а эвтектоид — продукт вторичной кристаллизации, он образуется при распаде твердого раствора. Хорошо разберитесь в процессах, протекающих при нагревании и охлаждении сплавов с различной концентрацией углерода. Особое внимание обратите на критические точки, в которых происходит вторичная кристаллизация, и на получающиеся структуры.

Изучая часть диаграммы с образованием чугуна, запомните, что ледебурит является характерным признаком белых чугунов. Запомните какие чугуны называют белыми, а какие — серыми. В серых чугунах графит имеет форму пластинок, металлическая основа может быть перлитной или ферритной.

Отвечая на вопросы контрольной работы по диаграмме железо — углерод, вычертите полностью диаграмму и укажите структуры во всех ее областях. Проведите вертикаль, отвечающую заданному сплаву, рядом с диаграммой вычертите кривую охлаждения данного сплава, укажите на ней температуры, соответствующие каждой критической точке, и опишите структурные превращения в каждой критической точке. Описывать нужно только те превращения, которые происходят в заданном сплаве. Например. Вопрос: вычертите диаграмму железо — цементит и укажите превращения в стали, содержащей 1% углерода, при медленном охлаждении от 1600 до 20°C. Ответ: при охлаждении сплава до температуры точки 1 идет охлаждение жидкого раствора. Начиная с температуры точки 1 из жидкого раствора начинают выделяться кристаллы аустенита. Аустенит — это твердый раствор углерода в гамма-железе. В интервале температур между температурами точек 1 и 2 количество кристаллов аустенита увеличивается, а количество жидкой фазы уменьшается. В точке 2 происходит окончательное затвердевание аустенита. В интервале температур между температурами точек 2 и 3 никаких превращений не происходит, идет охлаждение аустенита.



При температуре точки 3 начинается вторичная кристаллизация: из аустенита начинает выделяться вторичный цементит, так как растворимость углерода в железе с понижением температуры уменьшается. Цементит — это химическое соединение железа с углеродом — карбид железа ( $Fe_3C$ ). В интервале температур между точками 3 и 4 количество цементита увеличивается. Поскольку цементит содержит 6,67% С, в остающемся аустените содержание углерода уменьшается в соответствии с точками линии ES. В точке 4 = 727°C оставшийся аустенит, содержащий 0,8% углерода (точка S), окончательно распадается на перлит. Перлит — это эвтектоид, мелкая механическая смесь феррита и цементита вторичного. Окончательная структура сплава — перлит и цементит вторичный.

### Вопросы для самопроверки

1. Пользуясь диаграммой железо — цементит, постройте кривую охлаждения сплава, содержащего 1,3% углерода, и укажите превращения, протекающие в сплаве при медленном охлаждении из расплавленного состояния до комнатной температуры.
2. Какая сталь называется эвтектоидной, доэвтектоидной и заэвтектоидной?

3. Пользуясь диаграммой железо — цементит, укажите структуру стали, содержащей 0,5% углерода, при 1000, 800 и 650°C.
4. Какие структуры называют аустенитом, ферритом, перлитом, цементитом и ледебуритом? 5. Сколько углерода растворяется в аустените и феррите при 727°C?
5. Почему в железоуглеродистых сплавах происходят превращения в твердом состоянии?

## **РАЗДЕЛ 5. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТАЛИ И ЧУГУНА.**

### ***ТЕМА 5.1. Основы термической обработки стали и чугуна***

***Требования к знаниям:*** сущность и назначение термической обработки металлов; структуры, образующиеся при различных скоростях охлаждения стали; основные виды термической обработки, технология ее проведения

***Требования к умениям:*** назначать вид термической обработки для данной детали, исходя из требуемых свойств материала детали.

#### ***Программа***

Термическая обработка, назначение, область применения и классификация. Превращения, происходящие при нагреве стали. Превращения, происходящие в стали при охлаждении. Образование перлита, сорбита, троостита, мартенсита. Отжиг, нормализация, закалка, отпуск и старение стали. Обработка холодом. Технология и режимы термической обработки стали. Термомеханическая обработка стали.

***Литература:*** [1] глава 6, §1-8

#### ***Методические указания***

Современная техника предъявляет все возрастающие требования к механическим свойствам металлов, которые в значительной степени можно улучшить путем термической и химико-термической обработки. Увеличение прочности деталей во многих случаях разрешает уменьшить их габариты и массу, что дает огромную экономию металла.

Изучение этой темы начните с процессов, протекающих при охлаждении аустенита с различной скоростью. Разберите диаграмму распада аустенита при непрерывном охлаждении и изотермического распада аустенита (С-образные кривые), а также структуры, получающиеся при разной скорости охлаждения аустенита. Запомните, что перлит, сорбит и троостит — это двухфазные структуры, представляющие собой ферритно-цементную смесь различной степени дисперсности (размельченности), они имеют пластинчатое строение

При большой скорости охлаждения диффузия углерода не успевает произойти, происходит только аллотропическое превращение железа, поэтому из аустенита получается однофазная структура — мартенсит, который представляет собой пересыщенный твердый раствор углерода в альфа-железе, он имеет игольчатое строение. Запомните, что чем больше скорость охлаждения аустенита, тем тверже получающиеся структуры. Нужно знать, какая температура называется мартенситной точкой. В углеродистых сталях начало мартенситного превращения происходит при температуре около 200°C. Отметьте в конспекте отличие мартенситного превращения от перлитного. В отличие от перлитного мартенситное превращение никогда не идет до конца, поэтому в стали всегда остается определенное количество остаточного аустенита; на мартенситную точку скорость охлаждения не влияет. Она практически зависит только от состава стали. Нарисуйте в конспекте диаграмму изотермического распада аустенита, отметьте на ней критическую скорость закалки и мартенситную точку и запишите, какую скорость охлаждения называют критической скоростью закалки. Запишите также название и механические свойства всех структур, получающихся при распаде аустенита. Нужно знать значение работ Д. К. Чернова, С. С. Штейнберга и других советских ученых в области теории термической обработки.

Только после усвоения влияния скорости охлаждения на получающиеся структуры и свойства стали переходите к изучению различных видов термической обработки. Перед этим повторите из темы 7 обозначения линий вторичной кристаллизации на диаграмме железо — углерод: линии PSK — точка  $A_1$ , линия GS — точка  $A_3$ , линия ES — точка  $A_{сг}$ .

Любая термическая обработка состоит из нагрева до заданной температуры, выдержки и охлаждения с заданной скоростью, поэтому термическую обработку обычно выражают графически в координатах температура — время. В зависимости от температуры нагрева и скорости охлаждения различают следующие основные виды термической обработки: отжиг, нормализацию, закалку и отпуск. Нужно знать цель и сущность каждого вида термической обработки, практику его проведения, а главное — какую структуру и свойства приобретает сталь в результате проведения каждого вида термической обработки. Это обязательно нужно отмечать в конспекте. Следует иметь в виду, что иногда брак, полученный при термической обработке, может проявиться только при работе деталей.

При изучении процесса отжига разберите, в каких случаях какой метод отжига наиболее целесообразно применять, каким сталям дают полный отжиг, а каким — неполный. Легированные стали и крупные поковки требуют очень медленного охлаждения, поэтому применение для них изотермического отжига разрешает значительно увеличить производительность.

Отжиг на зернистый перлит (сфероидизацию) целесообразно применять для инструментальных и шарикоподшипниковых сталей, так как зернистые структуры имеют повышенную пластичность, и детали при последующей закалке менее склонны к короблению, меньше опасность появления трещин. Цель отжига — получение максимальной вязкости и пластичности. А так как у разных сталей время устойчивости аустенита разное (см. S-образные кривые), то и скорость охлаждения при отжиге для разных сталей разная. Она зависит от устойчивости аустенита в области перлитного превращения. Разберите явления перегрева и пережога, разницу между ними, меры предупреждения и способы устранения этих видов брака.

При изучении процесса нормализации прежде всего отметьте разницу между отжигом и нормализацией в их назначении и способе проведения процесса. При отжиге скорость охлаждения разная для разных сталей, при нормализации же скорость охлаждения для всех сталей одна и та же — на воздухе. Поэтому после нормализации у разных сталей получается разная структура, она зависит, от критической скорости закалки. В углеродистой стали структура после нормализации получается практически такая же, как и после отжига, но более мелкая, поэтому прочность нормализованных сталей несколько выше, чем отожженных. В ряде случаев для углеродистых сталей вместо отжига можно производить нормализацию. В легированных сталях в зависимости от критической скорости закалки в структуре может быть сорбит, троостит или мартенсит.

Закалка — один из наиболее важных видов термической обработки. При изучении закалки прежде всего отметьте, как выбирают температуру нагрева в зависимости от содержания углерода в стали. Для доэвтектоидной стали всегда дают полную закалку, так как при неполной закалке остается феррит, который образует мягкие участки, а для заэвтектоидной стали можно давать неполную закалку, так как остающийся цементит твердость не снижает. Нужно знать охлаждающие среды и требования к ним. Следует иметь в виду, что при чрезмерном увеличении скорости охлаждения получают большие внутренние напряжения, коробления и могут быть трещины. Поэтому, если мартенсит можно получить при охлаждении в масле, не нужно деталь охлаждать в воде. Запишите, что называется прокаливаемостью стали и как на нее влияет критическая скорость закалки. Изучите основные методы закалки, применяемые на практике, и в каких случаях какой метод целесообразно применять. Желательно кривые охлаждения при различных методах закалки нанести на диаграмму изотермического распада аустенита, тогда наглядно видна разница между ними. Изучая ступенчатую и изотермическую закалку, обратите внимание на то, что температура горячей среды, в которой происходит выдержка, может быть одинаковой (вблизи мартенситной точки), но при ступенчатой закалке время выдержки должно

быть меньше времени устойчивости аустенита при данной температуре, поэтому окончательная структура — мартенсит, а при изотермической закалке время выдержки должно обеспечить полный распад аустенита на игольчатый троостит. Игольчатый троостит обладает значительно меньшей твердостью, чем мартенсит, поэтому изотермическую закалку нельзя применять для режущего инструмента, но она обеспечивает большую прочность при минимальных внутренних напряжениях, так как отсутствует мартенситное превращение. Ее наиболее целесообразно применять для тех деталей, которые работают с временными мгновенными перегрузками и во время работы у которых отсутствует пластическая деформация, например для пружин.

В сталях, у которых мартенситная точка лежит ниже  $0^{\circ}\text{C}$ , после закалки может остаться большое количество остаточного аустенита. Для уменьшения количества остаточного аустенита после закалки производят обработку холодом, т. е. охлаждение ниже  $0^{\circ}\text{C}$ , разработанную А. П. Гуляевым.

В результате закалки в деталях всегда возникают внутренние напряжения в связи с резким охлаждением и фазовыми превращениями. Для уменьшения напряжений, повышения вязкости, иногда для снижения твердости после закалки всегда следует отпуск. Большей частью отпуск является окончательной термической обработкой, которая определяет конечную структуру, а значит, и свойства деталей. Нужно хорошо знать температуры при различных видах отпуска, какая получается структура после каждого вида отпуска и для каких деталей обычно применяется низкий, средний и высокий отпуск. Наилучшим сочетанием между прочностью и вязкостью обладает сорбит отпуска, поэтому термическая обработка, состоящая из закалки и высокого отпуска, называется улучшением стали.

Детали, которые должны иметь твердость только на поверхности, подвергаются поверхностной закалке. В результате поверхностной закалки увеличивается также общая прочность деталей, так как увеличивается предел усталости. Изучите основные методы поверхностной закалки. Основное внимание уделите закалке токами высокой частоты, так как она наиболее легко автоматизируется и дает наилучшие результаты. При изучении поверхностной закалки газовым пламенем нужно иметь в виду, что для крупных деталей это в ряде случаев единственный метод поверхностного упрочнения.

Запомните новые прогрессивные методы упрочнения деталей: термомеханическую, ультразвуковую, термомагнитную обработку. Высокотемпературной термомеханической обработке (ВТМО) можно подвергать любые стали, а низкотемпературной (НТМО) — только те, у которых переохлажденный аустенит обладает повышенной устойчивостью, т. е. легированные.

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Механизм образования аустенита при нагреве стали.
2. Каковы механизмы и температурные районы образования структур перлитного типа (перлита, сорбита, тростита) и бейнита?
3. В чем различие между перлитом, сорбитом и троститом?
4. Что такое мартенсит и в чем сущность и особенности мартенситного превращения?
5. Что такое критическая скорость закалки?
6. От чего зависит количество остаточного аустенита?
7. В чем сущность превращений, происходящих при отпуске?
8. Что такое коагуляция и как изменяются структура и свойства стали в связи с коагуляцией карбидной фазы при отпуске?
9. Чем отличаются структуры троостита, сорбита и перлита отпуска от одноименных структур, образующихся при распаде переохлажденного аустенита?
10. В чем сущность явления отпускной хрупкости и как её можно устранить?
11. Приведите определения основных процессов термической обработки: отжига, нормализации и закалки.
12. Какие вам известны разновидности процесса отжига и для чего они применяются?

13. Какие вам известны разновидности закалки и в каких случаях они применяются?
14. Каковы виды и причины брака при закалке?
15. Какие Вам известны группы охлаждающих сред и каковы их особенности?
16. От чего зависит прокаливаемость стали и в чем ее технологическое значение?
17. Какие вам известны технологические приемы уменьшения деформации при термической обработке?
18. Для чего и как производится обработка холодом?
19. В чем сущность и особенности термомеханической обработки?
20. Как влияет поверхностная закалка на эксплуатационные характеристики изделия?

### **ТЕМА 5.2 Химико-термическая обработка стали.**

**Требования к знаниям:** сущность и назначение химико-термической обработки, ее основные виды, технологию проведения химико-термической обработки.

**Требования к умениям:** назначать химико-термическую обработку стали исходя из условий работы детали.

#### **Программа**

Сущность и назначение химико-термической обработки. Виды химико-термической обработки стали: цементация, азотирование, цианирование, сущность и назначение. Диффузионная металлизация стали: алитирование, силицирование, хромирование и др. Сущность и назначение данных процессов.

**Литература:** [1] глава 7, §1-5

#### **Методические указания**

При изучении процессов химико-термической обработки следует обращать внимание на температуру процесса, химический состав стали (особенно на процентное содержание углерода) для данного вида химико-термической обработки и на необходимость термической обработки до или после того или иного вида химико-термической обработки. Каждый вид химико-термической обработки имеет свою область применения, определенные достоинства и недостатки.

При изучении цементации особое внимание уделите газовой цементации как наиболее прогрессивному методу, который разрешает наиболее полно осуществить механизацию и автоматизацию процесса. Твердость поверхностного слоя после цементации получается только при последующей закалке, сердцевина при этом остается вязкой, так как стали с малым содержанием углерода практически не подвергаются закалке.

Достоинства азотирования — твердость не снижается при повторных нагревах до 500—600°C и увеличивается сопротивление коррозии в неэлектролитах. Но азотирование — процесс очень дорогой и непроизводительный, поэтому применять его следует только в тех случаях, когда никакая другая обработка не обеспечивает нужных свойств. Например, для деталей, которые подвергаются истиранию и работают в условиях коррозии, или для деталей, которые подвергаются истиранию и во время работы могут периодически нагреваться до 500—600°C (нельзя путать детали, которые периодически нагреваются во время работы, например штампы для горячей штамповки в момент соприкосновения с заготовкой, с деталями, которые постоянно нагреты во время работы, например лопатки газовых турбин).

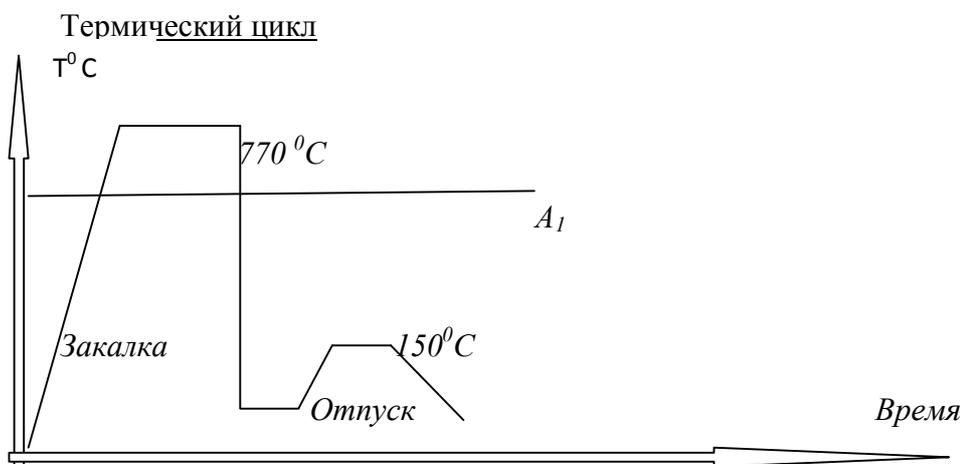
При изучении цианирования обратите внимание на свойства цианированного слоя в зависимости от температуры, при которой производится цианирование, и на область применения низко-, средне- и высокотемпературного цианирования. Высокотемпературное цианирование обычно производится в газовой среде. Этот процесс называется нитроцементацией.

Нужно иметь представление о диффузионной металлизации хромом, алюминием и другими элементами, понимать принципиальное отличие диффузионного насыщения поверхности металлами от гальванических покрытий, а главное — назначение каждого метода.

Нужно иметь представление об оборудовании, которое применяют для термической и химико-термической обработки, так как от оборудования в большой степени зависит качество деталей после термической обработки. рывно производятся все виды термической обработки данных деталей.

**Отвечать на вопросы контрольной работы, связанные с термической и химико-термической обработкой, нужно следующим образом. Вопрос:** Выберите и обоснуйте режим термической обработки для резца из стали с содержанием углерода  $C=1\%$

**Ответ:** заготовка для резца подвергается предварительной термической обработке — отжигу на зернистый цементит для получения мягкой однородной структуры. Температура отжига  $770\text{—}790^\circ\text{C}$ , охлаждение в печи. После окончательной механической обработки (кроме шлифования) резец подвергают закалке и низкому отпуску. Поскольку сталь является заэвтектоидной, закалка производится неполная, температура нагрева  $T_3=770\text{—}780^\circ\text{C}$ , время выдержки назначается в зависимости от сечения (обычно  $1\text{—}2$  ч.) Средой охлаждения является вода, так как углеродистая сталь имеет большую критическую скорость закалки. Лучшие результаты дает закалка в двух средах — в воде, а затем масле. Так как резец должен иметь высокую твердость, то он подвергается низкому отпуску при температуре  $150\text{—}200^\circ\text{C}$ . После термической обработки резец имеет структуру -  $M+Ц_2$ .



### Вопросы для самопроверки

1. В чем заключаются физические основы химико-термической обработки?
2. Химизм процесса азотирования.
3. Химизм процесса цементации.
4. Назначение цементации и режим термической обработки после нее.
5. Каковы свойства цементированных и азотированных изделий?
6. Химизм и назначение процесса цианирования.
7. В чем различие между диффузионным и гальваническим хромированием?
8. Для каких целей и как производится нитроцементация?
9. Сущность и назначение процесса борирования.
10. Как влияет поверхностное упрочнение на эксплуатационные характеристики изделий?

## РАЗДЕЛ 6. КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### ТЕМА 6.1. Чугуны

**Требования к знаниям:** виды чугунов, структуру, свойства, применение, марки по ГОСТу.

**Требования к умениям:** выбирать марку чугуна, исходя из условий работы детали

Программа

Диаграмма «железо-графит». Смешанная кристаллизация в чугунах. Классификация чугунов: белые, графитизированные, серые, высокопрочные, ковкие; их структура, получение, свойства и область применения, маркировка по ГОСТу. Легированные чугуны. Маркировка чугунов.

**Литература:** [1] глава 8, §2

### **Методические указания**

Чугун широко применяют как конструкционный материал; так как обладает хорошими литейными свойствами, а сложные по конфигурации детали легче и дешевле получать способом литья.

Вспомните каково влияние примесей на свойства чугуна. Разбирая механические свойства чугунов с графитом, нужно обращать внимание на форму графитных включений и их количество, так как от этого зависит прочность чугунов.

Графит меньше понижает вязкость металлической основы чугуна, если он имеет шарообразную форму. Такой формы графит получается при отжиге белых чугунов (ковкие чугуны) и в высокопрочных чугунах в результате модифицирования. Нужно знать способы получения ковких чугунов. Следует иметь в виду, что ковкие чугуны ковать нельзя. Они незначительно деформируются без разрушения, поэтому и получили свое название. В ковких чугунах графитные включения имеют округлую форму, поэтому металлическая основа у них менее разобщена, что обуславливает их повышенную пластичность.

В высокопрочных чугунах, модифицированных магнием, графит имеет шарообразную форму, что еще больше увеличивает прочность и пластичность. Высокопрочные чугуны могут выдерживать и некоторые ударные нагрузки. Изучите сущность модифицирования чугунов.

Металлическая основа у серых, ковких и высокопрочных чугунов может быть одинаковая — перлитная или ферритная. Обязательно нужно знать маркировку чугунов по ГОСТу. В отличие от стали чугуны маркируются не по содержанию углерода, а по механическим свойствам, так как при одинаковом содержании углерода они могут иметь разные свойства. Напишите несколько марок серых, ковких и высокопрочных чугунов, уясните значение входящих в них букв и чисел и область применения этих чугунов.

### **Пример характеристики материала по марке:**

СЧ20 –серый чугун с пластинчатым графитом, прочность при растяжении  $\sigma_B=20\text{кгс/мм}^2$

КЧ35-10 –ковкий чугун с хлопьевидным графитом, прочность при растяжении  $\sigma_B=35\text{кгс/мм}^2$ , относительное удлинение  $\delta=10\%$

### **Вопросы для самопроверки**

1. Какая разница между белыми и графитизированными чугунами?
2. От чего зависит прочность чугунов с графитом?
3. В чем сущность модифицирования чугунов? Для чего оно производится?
4. Каковы структуры серых чугунов?
5. Как получают высокопрочный чугун? Его строение, свойства и назначение.
6. В чем различие в строении ковкого и модифицированного чугунов?
7. Сравните механические свойства: серого, ковкого и высокопрочного чугунов.

### **ТЕМА 6.2. Углеродистые и легированные стали.**

**Требования к знаниям:** классификация, свойства, назначение, марки углеродистых и легированных сталей, термическая обработка и марки по ГОСТу.

**Требования к умениям:** производить выбор марки стали для заданной детали, исходя из условий работы и ее назначения. Расшифровывать марки стали, назначать вид термической обработки.

### **Программа**

Классификация углеродистых сталей. Влияние углерода и постоянных примесей на свойства стали. Стали углеродистые конструкционные: обычного качества, высококачественные. Стали

углеродистые. Назначение, свойства, Конструкционные легированные стали, назначение и свойства. Основные группы конструкционных сталей: цементируемые, пружинно-рессорные, шарикоподшипниковые, автоматные. Марки по ГОСТу, химический состав, назначение и свойства, термическая обработка легированной конструкционной стали. Стали сплавы с особыми свойствами, их классификация по назначению. Коррозионно-стойкие, жаростойкие, жаропрочные стали и сплавы. Износостойкая сталь. Стали и сплавы с особыми физическими свойствами. Маркировка, химический состав, назначение, термическая обработка.

*Литература:* [1] глава 8, §1

[2] глава 10, §1-4

### **Методические указания**

Вспомните, по каким факторам судят о качестве стали. Затем разберите маркировку углеродистой стали по ГОСТу. Выпишите в конспект несколько марок конструкционной стали обыкновенного качества, качественной и высококачественной и укажите их состав, свойства и область применения. Нужно знать влияние углерода и основных примесей на свойства углеродистой стали. Вредное влияние фосфора проявляется при работе деталей из сталей, сера же главным образом затрудняет горячую обработку давлением, на работу деталей она практически не влияет, так как детали из углеродистых сталей при высоких температурах не работают. Основное внимание обратите на требования, которые предъявляют к конструкционным и инструментальным сталям. В конструкционных сталях содержание углерода не превышает 0,65%, так как при большем содержании углерода детали становятся хрупкими. В инструментальных сталях, наоборот, содержание углерода должно превышать 0,7%, так как инструмент в первую очередь должен быть твердым (кроме штампов, деформирующих металл в горячем состоянии). Сталь специального назначения – автоматная применяется для изготовления деталей, которые обрабатываются на станках-автоматах

Для уменьшения габаритов и металлоемкости машин и оборудования, снижения их стоимости большое значение имеет применение низколегированных сталей. Добавка к стали небольшого количества (до 1—2%) недорогих легирующих элементов (кремния, марганца, хрома и некоторых других) незначительно удорожает сталь, но разрешает уменьшить размеры, увеличить долговечность и надежность деталей машин и инструмента, так как у легированных сталей повышается прочность, что в конечном итоге снижает расход металла и дает экономический эффект.

Так как свойства сталей зависят от их внутреннего строения, то изучение этой темы нужно начать с влияния легирующих элементов на структуру и свойства сталей. Изучите, почему свойства легированных сталей отличаются от свойств углеродистых при одном и том же содержании углерода. Начните с влияния легирующих элементов на положение критических точек и линий диаграммы железо — цементит. При небольшом содержании легирующих элементов (примерно 2—5%) критические линии диаграммы сдвинуты незначительно, поэтому структура низколегированных сталей, а значит, и их свойства в отожженном состоянии мало отличаются от свойств углеродистой стали. Все преимущества низколегированных сталей проявляются только после закалки, поэтому эти стали следует применять только на детали, которые по условиям работы должны подвергаться упрочняющей термической обработке. При большом содержании легирующих элементов (10—15%) критические линии  $A_1$  и  $A_3$  значительно повышаются или понижаются, структура таких сталей при комнатной температуре может получиться однофазной — ферритной или аустенитной, а в ферритных сталях при повышенном содержании углерода наряду с ферритом могут быть и карбиды. Ферритные и аустенитные стали, как правило, обладают теми или иными химико-физическими свойствами (нержавеющие, немагнитные и др.). Поскольку они однофазны, их нельзя упрочить закалкой, они обычно упрочняются пластической деформацией (наклепом). Процессы, протекающие при термической обработке легированных сталей, те же, что и в углеродистой, но при назначении режима термической обработки нужно учитывать ряд факторов.

Легированные стали можно калить в масле, расплавленных сталях, так как у них меньше критическая скорость закалки (так как почти все легирующие элементы сдвигают вправо кривые изотермического распада аустенита). Это является их большим достоинством, так как получается такая же прочность при большей вязкости. Следует отчетливо понять, что чем меньше критическая скорость закалки при той же скорости охлаждения, например, в масле, тем будет больше глубина проникновения закалки. Поэтому у легированных сталей в больших сечениях можно получить прочную структуру.

Почти все легирующие элементы понижают мартенситную точку, и после закалки у них получается больше остаточного аустенита, чем у углеродистых..

Изучая влияние легирующих элементов на отпуск, следует особое внимание обратить на отпускную хрупкость первого и второго рода. Для предупреждения отпускной хрупкости второго рода стали с вольфрамом или молибденом применяют только для крупных деталей или для деталей, которые во время работы могут периодически нагреваться.

Разберите классификацию легированных сталей по различным признакам и их маркировку. Нужно уметь правильно определить по марке стали ее химический состав и примерное назначение.

Изучая конструкционные и инструментальные стали, надо отчетливо себе представлять цель легирования, преимущества легированных сталей перед углеродистыми. Основная цель легирования конструкционных сталей — увеличение их прокаливаемости. Сталь должна обеспечить прокаливаемость в рабочем сечении детали, т. е. в том сечении, на которое действуют нагрузки. Обычно чем больше действующие нагрузки и чем больше рабочее сечение детали, тем более легирована сталь. Как правило, стали, содержащие до 0,25% углерода, подвергаются цементации или нитроцементации с последующей закалкой и низким отпуском. Их так и называют — цементируемые. Они идут на детали, которые работают с ударными нагрузками и подвергаются истиранию. Детали из сталей, содержащих 0,35—0,50% углерода, рассчитаны на действие больших нагрузок, и для улучшения свойств стали ее необходимо подвергать закалке и высокому отпуску. Называются они улучшаемые. Если такие детали подвергаются также истиранию, то дается поверхностное упрочнение (чаще всего закалка токами высокой частоты). Стали, содержащие 0,55—0,65%С, идут обычно на изготовление пружин и рессор. Они подвергаются закалке и среднему отпуску или изотермической закалке.

При изучении коррозионностойких (нержавеющих) сталей всегда нужно обращать внимание на содержание углерода и связывать их свойства со структурой. Однофазные сплавы значительно лучше сопротивляются коррозии, чем многофазные, поэтому, чем меньше в стали углерода, тем лучше она сопротивляется коррозии. Внимательно изучить термическую обработку этих сталей. Цель закалки ряда низкоуглеродистых нержавеющих сталей — увеличение не прочности (прочность при закалке не увеличивается, так как у них нет превращений в твердом состоянии), а сопротивления коррозии, так как при нагреве карбиды переходят в твердый раствор, при резком охлаждении не успевают выделиться и поэтому получается однофазная структура. Прочность сталей типа 08X18H10T достигается нагартовкой, т. е. в результате холодной пластической деформации.

Окалиностойкие и жаропрочные стали — это всегда сложнолегированные стали, которые содержат много элементов и в большом количестве. Окалиностойкость в основном зависит от химического состава, жаропрочность — от многих факторов. Термическая обработка зависит от условий работы деталей.

Изучите магнитные стали и сплавы, сплавы с определенным коэффициентом линейного расширения и стали с особыми физико-химическими свойствами. Необходимо обращать внимание на их химический состав, термическую обработку, если она производится, и область применения каждого сплава. Выпишите несколько марок сплавов с особыми физическими свойствами, укажите их химический состав, свойства и область применения.

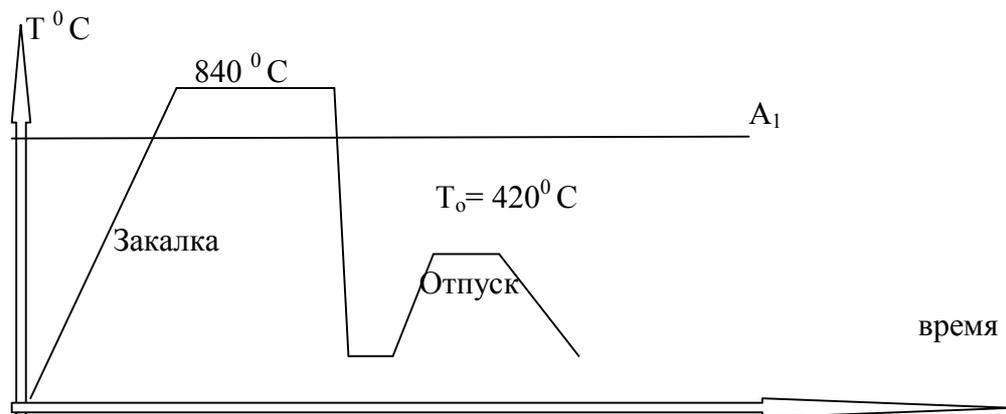
**Отвечая на вопросы контрольной работы**, связанные с выбором марки сталей для различных деталей необходимо помнить, что выбор марки стали для различных деталей тесно связан со свойствами материалов и с условиями работы деталей. Например, **вопрос:** выберите и обоснуйте марку сплава для витой пружины, работающей при высоких нагрузках

**Ответ:** Пружина работает в условиях высоких многократно повторяющихся циклов нагрузок сжатия, сохраняя упругость. Этим требованиям удовлетворяет высококачественная сталь 50ХФА содержащая примерно 0,5% углерода, по 1% хрома и вольфрама. После закалки и среднего отпуска структура стали – Тростит отпуска, которая обеспечивает требуемую прочность и упругость

Режимы термообработки:

$T_3 = 840^\circ\text{C}$ , охлаждающая среда - масло,  $T_0 = 420^\circ\text{C}$

Термический цикл



**Пример характеристики материала по марке:**

Сталь 18Х2Н4ВА- высококачественная легированная, цементируемая сталь с содержанием 0,12% углерода, 2% хрома, 4% никеля и примерно 1% вольфрама.

Сталь ШХ15СГ-Ш – Особовысококачественная легированная подшипниковая сталь с содержанием примерно по 1% углерода кремния и марганца

**Вопросы для самопроверки**

1. Какое содержание углерода может быть в стали?
2. Какие основные примеси и в каком количестве входят в углеродистые стали?
3. Как классифицируется углеродистая сталь по назначению?
4. Как классифицируется углеродистая сталь по качеству?
5. Почему сера и фосфор считаются вредными примесями?
6. Укажите область применения углеродистой стали в зависимости от содержания в ней углерода.
7. Расшифруйте марки сталей: БСт.Зсп, сталь 45, сталь 20А, А12.. Укажите их состав, свойства и область применения.
8. Как влияют легирующие элементы на положение критических точек  $A_1$  и  $A_3$  на диаграмме железо — углерод?
9. Как влияют легирующие элементы на прокаливаемость стали?
10. Почему у легированных сталей после закалки остается больше аустенита, чем у углеродистых сталей, и какое это имеет практическое значение?
11. Сущность явления отпускной хрупкости в легированных сталях.
12. В каких легированных сталях может получиться однофазная структура и почему?

13. Расшифруйте марки сталей 18ХГТ, 38ХНЗМА, укажите их термическую обработку и область применения.
14. Зачем в стали типа 12Х18Н9Т и 12Х18Н9Б добавляют титан или ниобий
15. Какие стали называют жаропрочными? Какая жаропрочность у сталей?

### **ТЕМА 6.3. Цветные сплавы**

**Требования к знаниям:** свойства, область применения, маркировка по ГОСТу сплавов на основе меди, алюминия, титана, магния и антифрикционных сплавов.

**Требования к умениям:** выбирать марку цветного сплава для детали исходя из назначения и условий работы, проводить микроанализ цветных сплавов.

#### **Программа**

Свойства и область применения меди. Сплавы на основе меди: латуни и бронзы, их состав, назначение и марки по ГОСТу. Термическая обработка сплавов меди.

Алюминий, его свойства и область применения. Деформируемые сплавы алюминия: химический состав, свойства, применение и марки по ГОСТу. Литейные сплавы алюминия: их химический состав, свойства, применение и марки по ГОСТу. Титан и его свойства. Сплавы на основе титана, их назначение, свойства и марки по ГОСТу. Сплавы на основе магния, их свойства, химический состав и марки по ГОСТу. Сплавы на основе бериллия, их свойства и применение. Назначение и виды антифрикционных сплавов. Баббиты, сплавы на медной, алюминиевой, свинцовой, цинковой основах, антифрикционные чугуны. Структура, состав, свойства, применение и марки по ГОСТу.

**Литература:** [1] глава 9, §5, глава10, §5, глава11, §36

#### **Методические указания**

Изучение медных сплавов начните с латуни. Рассмотрите влияние цинка, а затем влияние различных примесей на свойства латуней. Латуни термической обработкой практически не упрочняют. Наклепанные латуни склонны к растрескиванию при пониженных температурах. Детали из латуни, работающие при низких температурах, подвергают низкотемпературному отжигу при 200—250°С.

Изучение бронз начните с оловянной бронзы. Прежде всего уясните влияние олова на структуру и свойства бронзы, а затем влияние дополнительных элементов, которые вводят в оловянную бронзу. В зависимости от содержания олова и других элементов оловянные бронзы имеют различные свойства и применение, рассмотрите их с этой точки зрения. Затем разберите свойства и применение бронз, не содержащих олова. Особое внимание обратите на бериллиевую бронзу, которая обладает редким сочетанием свойств: высокая прочность и твердость (они приближаются к твердости и прочности закаленных конструкционных сталей) при хорошей сопротивляемости коррозии.

Нужно обязательно знать маркировку латуней и бронз.

Алюминиевые сплавы делят на две большие группы: деформируемые и литейные. При изучении деформируемых сплавов главное; внимание обратите на сплавы алюминия с медью, упрочняемые термической обработкой, которые называют дюралюминами. Для этого прежде всего разберите диаграмму состояния алюминий — медь (вспомните диаграмму с ограниченной растворимостью в твердом состоянии), а затем переходите к изучению процессов, протекающих при закалке и старении дюралюминов. Запишите, как влияет температура старения на свойства дюралюминов.

Изучая литейные сплавы, уясните сущность модифицирования. Принципиальное отличие модифицирования от легирования заключается в том, что при легировании изменяется химический состав сплава, а при модифицировании меняется только кристаллографическое строение, химический состав практически не меняется. Термической обработкой можно упрочнять только те силумины, в состав которых входит медь или магний, т. е. такие элементы, которые образуют с алюминием или кремнием твердые растворы ограниченной растворимости. Литейные сплавы

подвергают только искусственному старению, так как у них более грубая (крупнозернистая) структура. Прочность после термической обработки у них меньше, чем у деформируемых сплавов.

Необходимо знать маркировку алюминиевых сплавов. Запомните, что в отличие от железных и медных сплавов маркировка легких сплавов (алюминиевых, магниевых, титановых) не раскрывает их состав.

Обратите внимание на достоинства, недостатки и область применения магниевых сплавов, а также на технику безопасности при их обработке. Магниевые сплавы применяют преимущественно литейные, их подвергают закалке и искусственному старению. Магниевые сплавы относят к ультралёгким, но применение их ограничено вследствие маленькой удельной прочности, низких технологических свойств и ряда других недостатков. Идут они только на ненагруженные детали, основное требование к которым — малая масса.

Титановые сплавы находят все большее применение в современной технике благодаря высоким механическим и технологическим свойствам, хорошей сопротивляемости коррозии и малой плотности. В зависимости от легирующих элементов титановые сплавы могут быть однофазные и двухфазные. Однофазные сплавы, как всегда, упрочняют только обработкой давлением (наклепом), двухфазные — термической обработкой. Меняя температуру отпуска, можно в широких пределах изменять их свойства. Титановые сплавы подвергают и химико-термической обработке. О титановых сплавах говорят: легкие, как алюминий, и прочные, как сталь. Чаще всего их применяют для деталей, которые раньше изготавливали из дюралюминия или из нержавеющей хромоникелевых сплавов. Титановые сплавы примерно в 2,5 раза прочнее дюралюминия, плотность их больше примерно в 1,6 раза, поэтому применение титановых сплавов вместо алюминиевых на нагруженные детали разрешает уменьшить габариты и массу конструкции. Прочность и жаропрочность титановых сплавов близка к стали, поэтому, заменяя нержавеющие хромоникелевые стали титановыми, получают большой выигрыш в массе конструкции.

При изучении антифрикционных сплавов сначала выясните требования к ним, а затем обратите внимание на микроструктуру, которая обязательно должна быть неоднородной. У антифрикционных сплавов обязательно должна быть мягкая пластичная основа, чтобы не истирался вал и твердые составляющие, которые служат опорой для вала. Сравните между собой достоинства и недостатки баббитов и антифрикционных бронз.

**Отвечать на вопросы контрольной работы**, связанные с выбором цветных металлов для различных деталей, следует так же, как и при выборе легированных сталей — исходить из назначения и условий работы деталей.

#### **Пример характеристики материала по марке:**

АК12М2 – литейный сплав алюминия с кремнием (силумин), содержит 12% кремния и 2% меди. Обладает хорошим сочетанием литейных и механических свойств, но не является высокопрочным.

БрАЖМц 10-3-1,5 – сплав меди, алюминиевая бронза, содержит 10% алюминия, 3% железа, 1,5% марганца, сочетает высокую прочность и хорошие технологические свойства.

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Какие сплавы называют латунями?
2. Как маркируют латуни и бронзы по ГОСТу?
3. Как влияет олово на свойства оловянной бронзы?
4. Расшифруйте марку бронзы БрКМц-3-1. Укажите ее свойства и область применения.
5. Какими свойствами обладает бериллиевая бронза?
6. Как маркируют дюралюмины?
7. Почему при старении повышается прочность дюралюминов?
8. Какие сплавы называют силуминами? Их область применения.
9. Основные свойства титановых сплавов.
10. Какой термической обработке подвергают титановые сплавы?
11. Почему детали из титановых сплавов получаются легче алюминиевых?

## 12. Как маркируют баббиты?

### **ТЕМА 6.4. Порошковые материалы.**

**Требования к знаниям:** основные свойства, состав, область применения порошковых материалов.

#### **Программа**

Общие сведения о порошковой металлургии. Пористые порошковые материалы: антифрикционные, фрикционные, «фильтры», «потеющие сплавы» и другие. Свойства, состав и область применения. Металлокерамические твердые сплавы, спеченные стали и цветные сплавы. Электротехнические порошковые материалы. Состав, свойства и область применения.

**Литература** [1] глава 31, §1-3

#### **Методические указания**

Изделия из металлических порошков приобретают все более широкое применение в различных отраслях промышленности из-за высокой экономичности их производства, особенно при массовом производстве. Применение способа порошковой металлургии для изготовления мелких деталей из материалов на основе железа, меди, никеля и других позволяет в среднем сократить расход металла в 2—5 раз, трудоемкость в 1,5—2 раза, себестоимость в 1,5—2 раза по сравнению со способом изготовления изделий механической обработкой заготовок.

Необходимо знать состав, свойства и область применения пористых, конструкционных и магнитных порошковых материалов.

В конспект выпишите детали из порошковых сплавов и укажите область их применения.

Нужно знать преимущества получения деталей путем спекания перед обычными способами изготовления изделий (литьем, штамповкой, механической обработкой)

#### **Вопросы для самопроверки**

1. В чём состоит особенность получения изделий из порошков?
2. Укажите преимущества и недостатки порошковых материалов.
3. Охарактеризуйте пористые порошковые материалы.
4. Как маркируются стали полученные из порошков?

### **ТЕМА 6.5. Композиционные материалы.**

**Требования к знаниям:** строение, состав, свойства и область применения композиционных материалов.

#### **Программа**

Общие сведения о композиционных материалах. Способы получения. Область применения. Композиционные материалы: металл-металл, металл-неорганическое вещество, металл-органическое вещество, углерод-углерод, карбоволокониды, борволокониды. Строение, состав, применение.

**Литература:** [2] глава 6, §1-2

#### **Методические указания**

При изучении композиционных материалов обратите внимание на то, что композиты представляют собой неоднородные – гетерогенные системы, состоящие из 2-х или более компонентов, причём каждый из них сохраняет свои свойства. Отдельно изучите строение, свойства, виды и назначение дисперсно-упрочненных и волокнистых композиционных материалов

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Что называется матрицей в композиционных материалах?
2. Какова роль армирующих компонентов?
3. Как классифицируются армирующие компоненты в волокнистых материалах?

4. Назовите материалы матриц волокнистых композитов.

### **ТЕМА 6.6. Неметаллические конструкционные материалы.**

**Требования к знаниям:** свойства, особенности строения, состав и применение неметаллических конструкционных материалов.

#### **Программа**

Пластмасса. Основные свойства. Виды пластмасс: простые, сложные, терморезистивные, термопластичные. Состав пластмасс и область применения. Резиновые материалы. Состав, свойства, виды резин и область применения. Ситаллы, свойства и область применения. Древесина.

**Литература:** [2] глава 15, §1-2

#### **Методические указания**

Производство пластических масс основано на использовании дешевого природного сырья, что дает значительную экономию государственных средств. Применение пластмасс разрешает сэкономить значительное количество черных и цветных металлов, дерева, стекла и других дорогостоящих и трудоемких в обработке материалов.

Однако неметаллические материалы нельзя рассматривать только как заменители других материалов, в ряде случаев они превосходят их по свойствам. Пластмассы нашли широкое применение во всех областях промышленности, так как в настоящее время разработаны неметаллические материалы, обладающие высокой конструкционной прочностью, полупроводниковые, магнитные и др. Они стали важнейшим конструкционным материалом, из них делают бесшумные шестерни, подшипники, тормозные ленты и многие другие детали.

Материал этой темы подробно изложен во всех учебниках. Изучение ее начните с основных общих физико-механических свойств пластмасс. Нужно знать, какие пластмассы называют термопластичными, терморезистивными и термостабильными.

Разберите классификацию пластмассы по составу, в первую очередь обращая внимание на наполнители, так как они главным образом определяют свойства пластмасс. Нужно знать наиболее часто применяемые наполнители. Необходимо знать, какие пластмассы находят широкое применение в промышленности, область их применения. Выпишите в конспект по две-три пластмассы, обладающие общими свойствами, укажите их свойства, состав (полимер, наполнитель), метод применения и область применения.

Основное сырье для получения резины — натуральный и синтетический каучук, который получают путем синтеза простых органических веществ. Имеются различные виды синтетических каучуков, заменяющих натуральный каучук.

Резину получают путем химической переработки каучуков. Запомните основные процессы получения резиновых изделий: изготовление резиновой смеси (сырой резины), изготовление полуфабрикатов из сырой резины, вулканизация, отделка изделий. Уясните основные компоненты резины и их назначение, так как от них в значительной степени зависят свойства резиновых изделий. В зависимости от содержания серы получается мягкая и твердая резина. Разберите процесс получения твердой резины без серы — эскапона.

Резиновые изделия, которым нужна прочность (шланги, резиновые рукава, покрышки, транспортные ленты и др.), армируют, т. е. в резиновую смесь при изготовлении изделий вводят упрочняющий материал — стальную проволоку или ленту, стеклянную или капроновую ткань. При изготовлении резиноталлических изделий учитывать, что усадка и коэффициент линейного расширения резины значительно больше, чем у металла.

Разберите, как производится холодная и горячая вулканизация. В массовом производстве вулканизацию производят на специальных автоматах.

Запомните основные характерные свойства резиновых изделий, их разновидности и область применения мягкой, армированной и твердой резины.

Ситаллы получают из стекла путём регулируемой кристаллизации. Обратите особое внимание на свойства ситаллов, их технологичность и применение.

Запомните достоинства и недостатки древесины как конструкционного материала, а также способы повышения долговечности древесных изделий.

Древесные искусственные материалы изготавливают в виде фанеры, лингостона, лингофоля и др. Нужно знать, что собой представляют эти материалы, как их получают и где применяют. Армированная фанера, состоящая из листов шпона и металлической сетки, вклеенной между листами шпона, обладает высокой прочностью и устойчивостью против ударных нагрузок. Она хорошо гнется, штампруется, склеивается.

Древеснослоистые пластики (ДСП), прессованная древесина (ДП) используются как конструкционные, электроизоляционные, тепло- и звукоизоляционные материалы. Из них делают детали машин, работающие с ударными нагрузками (кулачки, сегменты зубчатых передач, прокладки и др.). Стойкость вкладышей подшипников из ДСП в 3-5 раз больше стойкости бронзовых, снижается износ стальных шеек вала, уменьшается расход смазочного масла. Выпишите достоинства и недостатки каждого древесного материала, и их область применения.

**Отвечать на вопросы контрольной работы**, связанные с характеристикой различных неметаллических материалов, следует исходить из состава, свойств и назначения материала.

Вопрос: охарактеризуйте конструкционный материал полипропилен, укажите свойства и применение материала.

#### **Пример характеристики материала:**

Полипропилен -  $(-CH_2-CHCH_3-)_n$  - является производной этилена. Применяя металлоорганические катализаторы, получают полипропилен, содержащий значительное количество стереорегулярной структуры. Это жесткий нетоксичный материал с высокими физико-механическими свойствами. По сравнению с полиэтиленом этот пластик более теплостоек - сохраняет форму до температуры  $150^\circ C$ . Полипропиленовые плёнки более прочны и более газонепроницаемы, чем полиэтиленовые, а волокна эластичны, прочны и химически стойки. Нестабилизированный полипропилен подвержен быстрому старению. Недостатком пропилена является его невысокая морозостойкость (от  $-10$  до  $-20^\circ C$ ). Полипропилен применяют для изготовления труб, конструктивных деталей автомобилей, мотоциклов, холодильников, корпусов насосов, различных емкостей и др. Пленки используют в тех же целях, что и полиэтиленовые.

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Что лежит в основе классификации полимеров?
2. Какие материалы относятся к обратимым и необратимым полимерам?
3. Какие вы знаете наполнители пластмасс?
4. Для чего вводят в пластмассы отвердители?
5. Приведите примеры пластиков с твердыми наполнителями.
6. Укажите область применения термопластов и реактопластов.
7. В чем преимущества пластмасс по сравнению с металлическими материалами? Каковы их недостатки?
8. Что представляет собой резина?
9. Что такое натуральный каучук?
10. Какие Вы знаете синтетические каучуки?
11. Какие компоненты относятся к совмещающимся и как они влияют на свойства резины?
12. Объясните роль порошковых наполнителей.
13. В каких случаях применяются волокнистые наполнители?
14. Объясните процесс вулканизации и его сущность.
15. Где применяются резинотехнические изделия?

## РАЗДЕЛ 7. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### *Тема 7.1 Углеродистая и легированные инструментальные стали*

**Требования к знаниям:** Классификация, свойства, назначение, марки инструментальных сталей.

**Требования к умениям:** производить выбор марки стали для инструмента исходя из условий его работы. Расшифровывать марки инструментальных сталей, назначать вид термической обработки.

#### **Программа**

Инструментальные стали. Классификация легированной инструментальной стали по назначению и свойствам.

Стали для измерительного инструмента: требования, предъявляемые к ним, марки по ГОСТу, термическая обработка. Стали для штампового инструмента. Стали для инструмента холодного деформирования, требования, предъявляемые к ним; марки по ГОСТу, термическая обработка. Стали для инструмента горячего деформирования, требования, предъявляемые к ним; марки по ГОСТу, термическая обработка. Стали для режущего инструмента. Условия эксплуатации режущего инструмента и требования, предъявляемые к материалам для металлорежущего инструмента. Углеродистые и низколегированные стали режущего инструмента, свойства, состав, термическая обработка и марки сталей по ГОСТу. Быстрорежущая сталь: состав, свойства, назначение, термическая обработка и марки сталей по ГОСТу.

**Литература:** [2] глава 13, §1-5

#### **Методические указания**

Основное достоинство легированных инструментальных сталей — возможность их закалки в масле или расплавленных солях, так как при этом возникают меньшие коробления и меньшая хрупкость. Требования к инструментальным сталям и их термическую обработку нужно разбирать исходя из их применения. Основное требование к сталям, идущим на изготовление режущего и измерительного инструмента и для штампов, деформирующих металл в холодном состоянии, — это твердость и износоустойчивость. Поэтому в таких сталях содержание углерода должно быть порядка 1%. Окончательной термической обработкой являются закалка и низкий отпуск, при котором сохраняется твердость (кроме быстрорежущих сталей), для некоторого ударного инструмента дают средний отпуск. В сталях для штампов, деформирующих металл в горячем состоянии, содержание углерода среднее — 0,4—0,6%, так как они должны быть прочными и выдерживать ударные нагрузки при нагреве. В эти стали всегда входят вольфрам или молибден, которые предупреждают возникновение хрупкости при нагреве. Отпуск всегда дается высокий. Температура отпуска выбирается в зависимости от условий работы штампа, она всегда должна быть выше температуры нагрева поверхности штампа во время работы.

Режущий инструмент из низколегированных сталей не может работать при больших скоростях резания, так как при нагреве до 200—250°C его твердость падает. Сохраняют твердость при нагреве до 500—600°C только быстрорежущие стали. Нужно знать, что быстрорежущие стали маркируются по основному легирующему элементу, например P18 - цифра 18 показывает процентное содержание в стали вольфрама - 18%. Начертите в конспекте график окончательной термической обработки быстрорежущей стали и разберите отдельные операции процесса. Обратите внимание на особенности ее термической обработки. Если неправильно провести термическую обработку, то во время работы твердость инструмента начинает падать при температурах значительно ниже 600°C. Запомните, что после высокого отпуска твердость быстрорежущей стали повышается, так как в результате отпуска часть остаточного аустенита переходит в мартенсит.

**В контрольной работе при выборе марки материала для различного инструмента необходимо помнить, что условия работы инструмента определяют свойства материалов.**

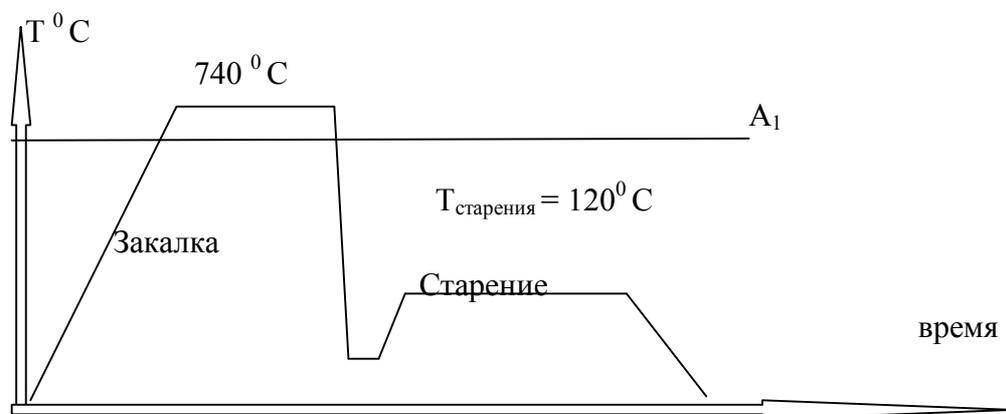
Исходя из этого, нужно отвечать на вопросы контрольной работы, связанные с выбором марки материала для различного инструмента. Например, **вопрос:** выберите и обоснуйте марку сплава для точного измерительного инструмента (калибра)

**Ответ:** калибр непосредственно соприкасается с поверхностью детали. Сплав для инструмента должен быть твердым и износоустойчивым. Для сохранения точного профиля и размера после термической обработки сталь должна мало деформироваться при закалке, не подвергаться естественному старению. Этим требованиям удовлетворяет сталь ХГ, содержащая примерно по 1 % углерода, хрома и марганца. Она мало деформируется при закалке и длительное время сохраняет свои размеры. После закалки и старения твердость обеспечивается структурой – Мартенсит+Карбиды вторичные.

#### Режимы термообработки:

$T_3 = 740^{\circ}\text{C}$ , охлаждающая среда - масло,  $T_{\text{старения}} = 120^{\circ}\text{C}$

#### Термический цикл



#### **Вопросы самопроверки**

1. Какие требования предъявляются к сталям для режущего инструмента?
2. Какие требования предъявляются к сталям для измерительного инструмента?
3. Какие требования предъявляются к сталям для штампового инструмента?
4. Расшифруйте стали P18 и P10K5Ф5 и укажите их термическую обработку.
5. Что такое красностойкость материала?
6. Почему в инструментальных сталях содержание углерода должно быть больше 0,7%.
7. Чем инструментальные стали углеродистые и легированные отличаются?
8. Охарактеризуйте свойства быстрорежущей стали.

#### **ТЕМА 7.2. Твердые сплавы.**

**Требования к знаниям:** виды, состав, область применения, марку по ГОСТу твердых сплавов.

**Требования к умениям:** выбирать материал для инструмента, работающего в определенных условиях.

#### **Программа**

Твердые сплавы. Виды и особенности производства. Химический состав и область применения литых и порошковых инструментальных твердых сплавов. Металлокерамические, сверхтвердые сплавы. Состав, маркировка по ГОСТу и область применения. Абразивные материалы: состав, область применения и маркировка

**Литература:** [2] глава 13, § 2-5

### **Методические указания**

При изучении твёрдых сплавов уясните, что это материалы, состоящие из зёрен карбидов или карбонитридов тугоплавких материалов, соединённых металлической связкой и изготовленные методом порошковой металлургии. Рассмотрите одно-, двух- и трёхкарбидные сплавы, их состав свойства и применение. Выясните чем твёрдые сплавы отличаются от режущей керамики. Рассмотрите сверхтвёрдые материалы на основе алмаза и кубического нитрида бора. При изучении абразивных материалов обратите внимание на природу свойства и назначение материалов.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Что представляют собой твердые сплавы? Каковы их свойства и преимущества?
2. Какие Вы знаете безвольфрамовые твердые сплавы?
3. Укажите марки твердых сплавов, их состав и назначение.
4. Какие Вы знаете поликристаллические сверхтвердые материалы на основе нитрида бора?
5. Каковы особенности и области применения металлокерамических сплавов?
6. На основе каких веществ изготавливают абразивные материалы?
7. На каких операциях металлообработки применяют абразивный инструмент?
8. Как изготовлены шлифовальные круги?

### **Рекомендуемая литература.**

#### **Основная:**

1. Кузьмин Б.А. и др. «Технология металлов и конструкционные материалы». М.:Машиностроение. 1984 г.
2. Адаскин А.М. и др., под редакцией Соломенцева Ю.М. «Материаловедение» -М: Высшая школа, 2005г.
3. Самохоцкий А.И., Кунявский М.Н. Лабораторные работы по материаловедению и термической обработке металлов. М.: Машиностроение, 1981 г.
4. Никифоров В.М. «Технология металлов и конструкционные материалы». М.: Машиностроение, 1980 г.

#### **Дополнительная :**

5. Лахтин Ю.М. «Основы материаловедения». М.: Металлургия, 1988 г.
6. Гелин Ф.Д. и другие «Материаловедение» 1989 г.
7. Марочник сталей (под ред. Сорокина В.Г.) М.: Машиностроение, 1989 г.
8. Журавлёв В.И. , Николаева О.Н. «Машиностроительные стали» 1992 г. (Справочник)
9. Раскатов В.М и другие «Машиностроительные материалы» 1990 г. (справочник)
10. Арзамасов Б. М. и другие «Конструкционные материалы » 1990 г. (справочник)
11. В.В. Васильев «Композиционные материалы» 1990 г.(Справочник)
12. «Справочник металлиста» том 2 (под редакцией Рахштадта А.Г.) 1996 г.
13. Козлов Ю.С. «Материаловедение» 1999

### **Инструкция по оформлению контрольной работы**

Контрольная работа выполняется в отдельной тетради в клеточку, текст должен быть написан четко, через строчку, поля обязательны. Ответ на каждый вопрос надо начинать с новой страницы.

Графическая часть работы (рисунки, графики) должна быть выполнена карандашом в тетради, либо на миллиметровке, которую необходимо вклеить в тетрадь. В конце контрольной работы необходимо написать перечень используемой литературы, поставить дату и подпись и сдать на проверку. При выполнении работы необходимо пользоваться не только основной, но и дополнительной литературой, использовать различные справочники и Internet-ресурсы.

После получения контрольной работы внимательно просмотреть все замечания, внести соответствующие исправления и дополнения. Незачтённую контрольную работу необходимо выполнить заново (всю или часть ее, в зависимости от рекомендации преподавателя), в той же тетради, не изымая из нее проверенных страниц, и сдать на повторную проверку. Зачтенные контрольные и практические работы студент предъявляет на экзамене. Номера вопросов студент выбирает в соответствии с данными, приведёнными в таблице №1

Таблица №1

Вариант	Номера заданий
1.	20,21,60,61,100,101
2.	19,22,59,62,99,102
3.	18,23,58,63,98,103
4.	17,24,57,64,97,104
5.	16,25,56,65,96,105
6.	15,26,55,66,95,106
7.	14,27,54,67,94,107
8.	13,28,53,68,93,108
9.	12,29,52,69,92,109
10.	11,30,51,70,91,110
11.	10,31,50,71,90,111
12.	9,32,49,72,89,112
13.	8,33,48,73,88,113
14.	7,34,47,74,87,114
15.	6,35,46,75,86,115
16.	5,36,45,76,85,116
17.	4,37,44,77,84,117
18.	3,38,43,78,83,118
19.	2,39,42,79,82,119
20.	1,40,41,80,81,120

## Задание на контрольную работу

### Задание №1-20

Начертите диаграмму состояния железо-углеродистых сплавов, укажите параметры основных точек, структуру сплавов в каждой области. Кратко охарактеризуйте структуры: феррит, аустенит, цементит, перлит, ледебурит.

Постройте кривую охлаждения для заданного сплава, опишите какие процессы произойдут с заданным сплавом при охлаждении от температуры 1600<sup>0</sup>С до 20<sup>0</sup>С. Какие структуры имеет сплав в точках №1 и №2.

Охарактеризуйте сплав.

Исходные данные взять в таблице №2 согласно варианту.

Таблица №2

№ задания	ПОКАЗАТЕЛИ		
	Содержание углерода, %	Температура точки №1	Температура точки №2
1.	0,3	1400	500
2.	2,7	1100	700
3.	0.5	1300	300
4.	2,5	1100	200
5.	0,7	1200	150
6.	2,3	1300	500
7.	0.9	1150	600

8.	1,5	1350	250
9.	1,1	1220	350
10.	2,1	1100	450
11.	1,7	1300	500
12.	1,9	1000	700
13.	1,3	1150	180
14.	0,4	1300	300
15.	2,8	1100	600
16.	0,6	1200	650
17.	2,6	1150	200
18.	1,0	1000	550
19.	1,8	1100	450
20.	1,2	1050	400

### Задание № 21-40

Выберите материал для изготовления детали. Выбор обоснуйте. Назначьте вид

Выберите вид термической обработки для заданного материала с целью получения определённых эксплуатационных свойств, исходя из типа детали. Охарактеризуйте заданный сплав. Определите режимы термической обработки. Зарисуйте термический цикл обработки. Проанализируйте изменение структур при проведении термической обработки. Охарактеризуйте полученную структуру.

Исходные данные взять в таблице №3 согласно варианту.

Таблица №3

№ задания	Материал детали	Тип детали
21.	Сталь45	Вал
22.	Сталь15	Шестерня
23.	Сталь 65	Витая пружина
24.	Сталь 20	Зубчатое колесо
25.	Сталь40	Ось
26.	Сталь 20	Шестерня
27.	Сталь70	Тарельчатая пружина
28.	Сталь35	Вал
29.	Сталь25	Зубчатое колесо
30.	Сталь60	Витая пружина
31.	Сталь30	Вал
32.	Сталь25	Зубчатое колесо
33.	Сталь55	Тарельчатая пружина
34.	Сталь 15	Шестерня
35.	Сталь30	Ось
36.	Сталь70	Витая пружина
37.	Сталь15	Зубчатое колесо
38.	Сталь45	Вал
39.	Сталь55	Тарельчатая пружина
40.	Сталь20	Шестерня

### Задание №41-60

Выберите материал( сталь) для изготовления детали. Выбор обоснуйте. Назначьте вид термической обработки для выбранного материала с целью получения определённых эксплуатационных свойств. Охарактеризуйте свойства материала. Определите режимы термической обработки. Зарисуйте термический цикл обработки.

Исходные данные взять в таблице №4 согласно варианту.

Таблица №4

№ задания	Заданная деталь или изделие
41.	Шестерня коробки скоростей автомобиля, работающая при высоких ударных нагрузках
42.	Сверло с теплостойкость не ниже 600 <sup>0</sup> С для обработки относительно твердых материалов.
43.	Корпус подшипника диаметром 70мм
	Линейка штангенциркуля
45.	Крепёжный болт для мебели, изготавливается в условиях массового производства
46.	Пружина для точного механизма, работающего при высоких нагрузках
47.	Матрица штампа горячей штамповки
48.	Рессора автомобиля
49.	Протяжка для обработки незакалённых материалов
50.	Корпус сосуда для хранения слабых кислот
51.	Зубчатое колесо редуктора тихоходного механизма
52.	Крепёжная деталь, работает при температуре 620 <sup>0</sup> С
53.	Измерительная скоба
54.	Подшипник скольжения, работает на больших скоростях
55.	Вал первой передачи коробки скоростей автомобиля
56.	Продольная пила по дереву
57.	Фреза, обрабатывающая нержавеющие стали. Теплостойкость до 630 <sup>0</sup> С
58.	Коленчатый вал диаметром 35мм; должен иметь высокую ударную вязкость и повышенную износостойкость
59.	Палец работает в условиях повышенного истирания поверхности.
60.	Пуансон штампа работает в условиях повышенных ударных нагрузок.

### Задание №61-80

Выберите материал (цветной сплав) для изготовления детали. Выбор обоснуйте. Охарактеризуйте свойства материала.

Исходные данные взять в таблице №5 согласно варианту.

Таблица №5

№ задания	Заданная деталь или изделие
61.	Пружинящий контакт реле неискрящий при трении
62.	Обшивка крыла реактивного самолёта
63.	Хирургический скальпель
64.	Зубчатое колесо, работающее при невысоких нагрузках
65.	Вентиль, работающий в морской воде
66.	Вкладыш подшипника скольжения
67.	Бак для топлива
68.	Заглушка, работающая при температуре 1000 <sup>0</sup> С
69.	Художественное литьё
70.	Заклёпки, обладающие довольно высокой прочностью
71.	Детали корпуса железнодорожных вагонов
72.	Пружина точного прибора
73.	Обшивка корпуса морского судна
74.	Вентиль горячей воды
75.	Радиаторные трубки
76.	Детали химического оборудования
77.	Шестерня, работающая в коррозионной среде
78.	Лопасты воздушных винтов самолётов
79.	Блоки цилиндров автомобильных двигателей
80.	Ёмкость для хранения уксусной кислоты

**Задание № 81-100**

Охарактеризуйте полимерные материалы, укажите полимер, основные свойства, особенности применения.

Исходные данные взять в таблице согласно варианту.

Исходные данные взять в таблице №6 согласно варианту.

Таблица №6

№ задания	Полимерный материал
81.	Полиэтилен
82.	Фторопласт
83.	Поливинилхлорид
84.	Силиконы
85.	Резина на основе бутадиенового каучука
86.	Полистирол
87.	Полиамиды
88.	Полиуретаны
89.	Полиакрилаты
90.	Поликарбонаты
91.	Полистирол
92.	Резина на основе бутадиенового каучука
93.	Текстолит
94.	Гетинакс
95.	Асботекстолит
96.	Полипропилен
97.	ДСП(древесно-стружечная плита)
98.	Полиэтилентерефталат
99.	Стеклотекстолит
100.	Полиэтилен

**Задание № 100-120**

Охарактеризуйте материалы по их маркам. Укажите состав.

Исходные данные взять в таблице №7 согласно варианту.

Таблица №7

№ задания	Марки материалов
101.	Сталь 40ХН, Р18 , 18Х2Н4МА , ШХ6 , 20Х3МВФ , А35Е , 14Г2СФД , Т30К4 , БрБ2, АК12
102.	Сталь 14Х1МР, 30ХН3А, Р6М5, Ст2ПС, ШХ9, АС40ХМ, ЛС59-2 , Д16 , МА5 , ТТ7К12
103.	Сталь 06ХН2МДТ , 10Х23Н18 , 4ХМФС , Л96 , Вст.3ПС , ШХ6, БрОЦС4-4-2,5 АМц , МЛ9 , ВТ8.
104.	Сталь Р9М4К8 , 14Г2СФД , 30ХВ , У7 , Сталь 55 , 12Х18Н9Т , ЛАН 59-3-3, Т15К4, ВТ22, Амг6
105.	Сталь 40Х9С2, 5ХНМ, 25Х2М1Ф, 40Х15Н7Г7Ф2МС, ШХ15СГ, ВСт6ПС, АС12ХГМ, БрКМЦ3-1, ВТ3-1, Амг3
106.	Сталь 60, 20Х20Н14С2, Х12Ф1, 30ХГС, Вст3КП , 10ХСНД, АК6, МА2 , ЛМцА 57-3-1.

107.	Сталь 37Х12Н8Г8МФБ, Сталь20-Ш, 75ХСФ, Р9, 20ХН4ФА, А12, БрАЖС7-1,5-1,5, АМг3, ВК6, ВТ3-1
108.	Сталь 06ХН2МДТ, 10Х23Н18, 4ХМФС, Л96, Вст.3ПС, ШХ6, БСрОЦС4-4-2,5 АМц, МЛ9, ВТ8.
109.	Сталь 5ХГМ, 10Х14Г14Н4Т, 30ХН2МФА, Р9, А40Г, Х12М, БрБ2, АК4, Т30К6, МА5
110.	Сталь40Х, 18ХГТ, У11ГА, 20Х13МВБ, Вст3КП, ШХ4, БрАЖМц 10-3-1,5, Д16, ВТ9, МА2
111.	Сталь 08Х13, 40Х, 12Х25Н16Г7Р, 30ХН2МРА, АС40, 9ХВ, Р18, ЛС59-2, Амц, МЛ10.
112.	Сталь 15ХСНД, 17Х18Н9, 20ХГСФЛ, 35ХН1М2ФА, У8А, Х12Ф, АК12М2, Д1, ВТ9,Т30К4
113.	Сталь 45ХН2МА, 18ХГТ, 75ХСМФ, 10Х14АГ13, Вст6СП, А35, БрАЖН 11-6-6, АК12, МА8, ТТ7К12.
114.	Сталь АС20ХГМ, 30ХН3М, 08Х17Н13М2Т, 70С3А, Бст4СП, ШХ6, БрАЖ9-4, Д16, МЛ5,
115.	Сталь 55, 12Х18Н9Т, 30ХГС, Вст3КП, 10ХСНД, ЛАН 59-3-3, Т15К4, ВТ22, Амг6, ЛС59-2
116.	Сталь ШХ15СГ, 40Х9С2, 5ХНМ, ВСт6ПС, АС12ХГМ, БрКМЦ3-1, ВТ3-1, Л70, ВЧ45,Д18
117.	Сталь30ХН2МФА, 60С2ХФА, 30ХГСА, У7, Р9М4К8, БрАЖМц 10-3-1,5, ВТ5, МЛ5, Вк8, КЧ37-12
118.	Сталь12Х18Н9Т, 40Х15Н7Г7Ф2МС, У8А, А20, ШХ4, ЛАН 59-3-3, Т15К4, ВТ22, Амг6,СЧ12
119.	Сталь10Х14АГ13, ВСт6СП, 20ХН4ФА, А12, Вст6СП, А35, БрАЖН 11-6-6, АК12М2, МА8, ТТ7К12.
120.	Сталь 55ГС, АС40, 50ХФА, Р6М5, 30ХГСА, У11,Амг3, БрС30, ВК10, Д18,

## Вопросы к итоговой аттестации по дисциплине «Материаловедение»

1. Охарактеризуйте дисциплину «Материаловедение» как науку.
2. Приведите классификацию углеродистой конструкционной стали.
3. Охарактеризуйте процесс кристаллизации металлов.
4. Укажите основные марки, свойства и применение углеродистой инструментальной стали.
5. Охарактеризуйте строение металлов.
6. Укажите основные принципы маркировки легированной стали.
7. Охарактеризуйте строение стального слитка.
8. Укажите основные марки, свойства и применение легированной конструкционной цементируемой стали.
9. Охарактеризуйте аллотропию металлов на примере железа.
10. Укажите основные марки, свойства и применение легированной конструкционной улучшаемой стали.
11. Охарактеризуйте метод испытания металла на растяжение.
12. Укажите основные марки, свойства и применение легированной конструкционной шарикоподшипниковой стали.
13. Охарактеризуйте механические свойства металлов.
14. Укажите основные марки, свойства и применение легированной конструкционной пружинно- рессорной стали.
15. Охарактеризуйте сущность метода определения твёрдости металла по Бринеллю.
16. Укажите основные марки, свойства и применение легированной конструкционной автоматной стали.
17. Охарактеризуйте сущность метода определения твёрдости металла по Роквеллу.
18. Укажите основные марки, свойства и применение легированная стали для измерительного инструмента.
19. Охарактеризуйте характер взаимодействия элементов в сплавах в твёрдом и жидком состоянии.
20. Укажите основные марки, свойства и применение легированной штамповой стали.
21. Охарактеризуйте методы исследования структуры металлов.
22. Укажите основные марки, свойства и применение легированной стали для режущего инструмента.
23. Приведите сравнительную характеристику основных сплавов железа.
24. Укажите основные марки, свойства и применение твёрдых инструментальных сплавов.
25. Охарактеризуйте технологическую схему получения стали.
26. Укажите основные марки, свойства и применение жаростойких сталей.
27. Охарактеризуйте основные структуры железо – углеродистых сплавов.
28. Укажите основные марки, свойства и применение коррозионно-стойких сталей.
29. Охарактеризуйте технологическую схему получения чугуна.
30. Укажите основные марки, свойства и применение жаропрочных сталей.
31. Охарактеризуйте линии, точки и области диаграммы состояния «Железо- углерод»
32. Укажите основные марки, свойства и применение магнитных сталей и сплавов.
33. Охарактеризуйте основные виды процессов термической обработки металлов.
34. Укажите основные марки, свойства и применение меди.
35. Охарактеризуйте превращения в стали при охлаждении с различными скоростями.
36. Укажите основные марки, свойства и применение бронзы.
37. Охарактеризуйте превращения в стали при нагреве под термическую обработку.
38. Укажите основные марки, свойства и применение латуни.
39. Охарактеризуйте процесс отжига стали.
40. Укажите основные марки, свойства и применение алюминия.

41. Охарактеризуйте процесс закалки стали.
42. Укажите основные марки, свойства и применение деформируемых алюминиевых сплавов.
43. Укажите основные дефекты термической обработки и их устранение.
44. Укажите основные марки, свойства и применение магния и его сплавов.
45. Охарактеризуйте процесс отпуска закалённой стали.
46. Укажите основные марки, свойства и применение литейных сплавов алюминия.
47. Укажите основные марки, свойства и применение титана и его сплавов.
48. Охарактеризуйте процесс азотирования стали.
49. Укажите основные марки, свойства и применение порошковых материалов.
50. Охарактеризуйте процессы диффузионной металлизации стали.
51. Укажите классификацию, состав, строение и общие свойства пластмасс.
52. Охарактеризуйте процесс цианирования стали.
53. Укажите основные марки, свойства и применение композиционных материалов.
54. Охарактеризуйте виды, свойства и назначение чугунов.
55. Укажите основные свойства и применение термопластичных пластмасс.
56. Охарактеризуйте процесс термообработки быстрорежущей стали.
57. Укажите основные виды, свойства и применение терморезистивных пластмасс.
58. Охарактеризуйте процесс термообработки дуралюмина.
59. Укажите основные виды, свойства и применение резины.
60. Охарактеризуйте процессы диффузионной металлизации стали.
61. Укажите классификацию, состав, строение и общие свойства пластмасс.