

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Блинова Светлана Павловна  
Должность: Заместитель директора по учебно-воспитательной работе  
Дата подписания: 22.05.2025 05:41:45  
Уникальный программный ключ:  
1cafd4e102a27ce11a89a2a7ceb20237f3ab5c65

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Норильский государственный индустриальный институт» Политехнический колледж**

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

**Методические указания и контрольные задания для студентов заочной формы обучения**

**по специальности 15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)**

Методические указания и контрольные задания для студентов заочной формы обучения по дисциплине «Материаловедение» по специальности 15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям).

Организация-разработчик: Политехнический колледж ФГБОУ ВО «Норильский государственный индустриальный институт»

Разработчик: Колупаева Е.А. – преподаватель.

Рассмотрена на заседании цикловой комиссии: Автоматизации технологических процессов.

Председатель комиссии: Петухова А.В.

Утверждена методическим советом политехнического колледжа ФГБОУ ВО «Норильский государственный индустриальный институт»

Протокол заседания методического совета №\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зам. директора по УР \_\_\_\_\_ С.П. Блинова

## **ВВЕДЕНИЕ**

Дисциплина «Материаловедение» изучает строение, свойства и структуру металлов и сплавов, их взаимосвязь, а также методы обработки для получения необходимых свойств. Знание материаловедения необходимо при изучении общетехнических и специальных дисциплин в процессе курсового и дипломного проектирования. В этом плане курс «Материаловедение» играет самостоятельную роль, обеспечивая общетехническую подготовку.

Возможность использования материала определяется его составом, строением, структурой и, следовательно, свойствами. При этом требования, предъявляемые к материалам в промышленности в зависимости от условий их использования, эксплуатации или потребления, определяется понятием «качество материала». Во всех странах задача обеспечения качества имеет важнейшее значение и рассматривается на государственном уровне. Материаловедение дает возможность решения задач научного обеспечения материалов.

В настоящее время наибольшее распространение получила систематизация материалов, которую можно назвать «отраслевой», непосредственно связанной с производством или применением данного материала. Наибольшие возможности для решения задач материаловедения предоставляет систематизация веществ по их агрегатным состояниям в нормальных условиях. При этом внутри каждой группы есть возможность учесть вид образующих частиц, состав, физическую природу, строение и структуру, а также происхождение.

На протяжении всей истории своего развития материаловедение как техническая дисциплина тесно связано с достижениями фундаментальных наук (физики, химии, механики). Поэтому изучаемы вопросы автором излагаются в соответствии с основами термодинамики, кристаллографии, атомно-кристаллического строения твердых тел и их дефектной структуры, физическими основами деформации и разрушения материалов. При изложении вопросов строения и свойств конкретных классов конструктивных материалов, включая и принципиально новые, разрабатываемые в последние годы – порошковые и композиционные материалы, аморфные сплавы и сплавы на основе тугоплавких металлов, предваряется приведением основ легирования и термической обработки сталей.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь:

- выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения в производстве;

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен знать:

- область применения, методы измерения параметров и свойств материалов;

- способы получения материалов с заданным комплексом свойств;

- правила улучшения свойств материалов;

- особенности испытания материалов.

После изучения дисциплины студенты выполняют контрольную работу. Итоговой формой контроля знаний является экзамен.

## ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование разделов и тем
<b>Введение</b>
<b>Раздел 1 Физико-химические закономерности формирования структуры материалов</b>
Тема 1.1 Строение и свойства материалов
Тема 1.2 Формирование структуры литых материалов
Тема 1.3 Диаграммы состояния металлов и сплавов
Тема 1.4 Формирование структуры деформированных металлов и сплавов
Тема 1.5 Термическая и химико-термическая обработка металлов и сплавов
<b>Раздел 2 Материалы, применяемые в машино- и приборостроении</b>
Тема 2.1 Конструкционные материалы
Тема 2.2 Материалы с особыми технологическими свойствами
Тема 2.3 Износостойкие материалы
Тема 2.4 Материалы с высокими упругими свойствами
Тема 2.5 Материалы с малой плотностью
Тема 2.6 Материалы с высокой удельной прочностью
Тема 2.7 Материалы, устойчивые к воздействию температуры и рабочей среды
Тема 2.8 Неметаллические материалы
<b>Раздел 3 Материалы с особыми физическими свойствами</b>
Тема 3.1 Материалы с особыми магнитными свойствами

Тема 3.2 Материалы с особыми тепловыми свойствами
Тема 3.3 Материалы с особыми электрическими свойствами
<b>Раздел 4 Инструментальные материалы</b>
Тема 4.1 Материалы для режущих и измерительных инструментов
Тема 4.2 Стали для инструментов обработки металлов давлением
<b>Раздел 5 Порошковые и композиционные материалы</b>
Тема 5.1 Порошковые материалы
Тема 5.2 Композиционные материалы
<b>Раздел 6 Основные способы обработки материалов</b>
Тема 6.1 Литейное производство
Тема 6.2 Обработка металлов давлением
Тема 6.3 Обработка металлов резанием
Тема 6.4 Процессы формирования разъемных и неразъемных и соединений

## **Содержание учебной дисциплины**

### **Введение**

Значение и содержание учебной дисциплины «Материаловедение» и связь ее с другими дисциплинами общепрофессионального и специального циклов дисциплин. Значение материаловедения в решении важнейших технических проблем, Новейшие достижения и перспективы развития в области материаловедения.

### **Методические указания**

Приступая к изучению дисциплины особое внимание, обратите на перспективу развития металлургической и металлообрабатывающей промышленности, экономическую эффективность от внедрения новых прогрессивных методов получения и обработки конструкционных материалов, а также на улучшение качества и разработку новых конструкционных металлических и неметаллических конструкционных материалов. Уясните, какое значение имеет увеличение выпуска материалов высокого качества, автоматизация и интенсификация производственных процессов.

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Какие вопросы изучает материаловедение?
- 2 Какой вклад внесли наши соотечественники в развитие материаловедения как науки?
- 3 Какие печи используются для выплавки чугуна, стали?
- 4 Какой металл является важнейшим промышленным металлом?

Литература: [1, с. 3 - 16]; [3, с. 4 - 6].

## **Раздел 1 ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛОВ**

### **Тема 1.1 Строение и свойства материалов**

Студент должен:

*знать:*

- о дефектах кристаллического строения;
- о фазовом составе сталей и сплавов;

- кристаллическое строение металлов;
- типы кристаллических решеток;
- особенности структуры;
- методы исследования строения металлов;
- характерные свойства материалов и методы их испытаний.

Элементы кристаллографии: кристаллическая решетка, анизотропия; дефекты кристаллических решеток, влияние типа связи на структуру и свойства кристаллов; свойства металлов и сплавов, методы испытания металлов.

### **Методические указания**

Изучение этого раздела нужно начать с атомно-кристаллического строения металлов. Уясните сущность аллотропических превращений в металлах.

Разберите дефекты кристаллического строения и процесс кристаллизации. 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 квази-изотропными веществами.

Запомните, что свойства реальных металлов отличаются от идеальных, так как:

- 1 все реальные металлы являются поликристаллами;
- 2 в кристаллическом строении имеется ряд дефектов (несовершенств). Разберите, какие виды несовершенств бывают в кристаллическом строении, а также на каких свойствах и как это отражается.

При изучении испытания на растяжение установите отличия диаграмм растяжения для пластичных и хрупких материалов и установите значения характерных точек 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. Рассмотрите область применения каждого способа, его достоинства и недостатки. Определение ударной вязкости особенно важно для ма-



териалов, которые идут на изготовление деталей, работающих с ударными нагрузками, потому что металлы с одинаковой пластичностью могут иметь разную вязкость, установите 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), изучите 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. Определите 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.

После изучения всех способов определения механических свойств разберите основные физические методы контроля металлов (рентгеновский, спектральный и др.), достоинства, недостатки и область применения каждого метода.

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Перечислите физические, химические, механические, технологические свойства металлов.
  - 2 Какие вещества имеют кристаллическую решетку?
  - 3 Какие дефекты могут иметь кристаллические решетки?
  - 4 Опишите явление анизотропии.
  - 5 Что такое полиморфизм?
  - 6 Как проводятся испытания на растяжение?
  - 7 Как проводятся испытания на твердость по методу Бринелля, Роквелла, Виккерса?
  - 8 Что характеризует предел прочности?
  - 9 Как определяется предел текучести? Как он обозначается?
  - 10 В чем сущность ультразвуковой дефектоскопии?
  - 11 В чем недостаток магнитной дефектоскопии?
- Литература: [1, с. 16 – 21; с. 24 - 39]; [3, с. 7 – 10; 13 - 29].

## Тема 1.2 Формирование структуры литых материалов

Студент должен:

*знать:*

- сущность процессов кристаллизации металлов и сплавов;
- особенности строения слитков;
- сущность процесса получения монокристаллов;
- свойства аморфных материалов.

Кристаллизация металлов и сплавов. Форма кристаллов и строение слитков. Получение монокристаллов. Аморфное состояние материалов.

### Методические указания

При изучении процесса кристаллизации необходимо уяснить зависимость параметров кристаллизации от степени переохлаждения и их влияние на формирование структуры литого металла, возможность искусственного воздействия на строение путем модифицирования. Обратите внимание на образование дендритной структуры.

Запомните: кристаллизация складывается из двух этапов (рисунок 1.1):

- образование центров кристаллизации;
- рост кристаллов.

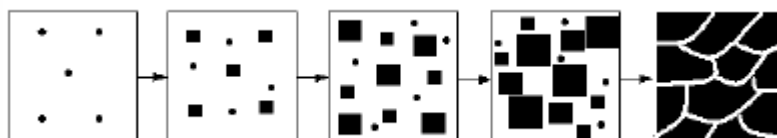
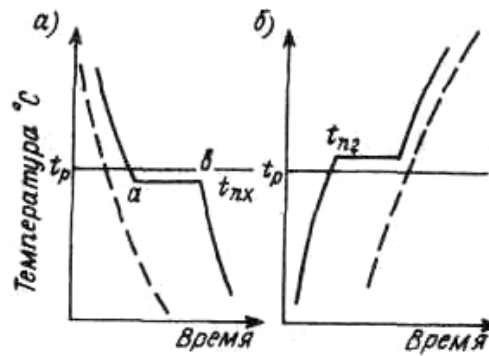


Рисунок 1.1 - Схема процесса кристаллизации металла

У аморфных веществ кривые охлаждения плавные, без площадок и уступов: аллотропии у этих веществ быть не может, а плавление и затвердевание происходят в широком интервале температур (штриховые линии на рисунке 1.2).

У кристаллических веществ, кристаллизация (плавление) протекает при постоянной температуре, что на кривой охлаждения (нагрева) отражается горизонтальной площадкой *ab* (рисунок 1.2).



$t_p$  – равновесная температура;  $t_{нх}$  – температура переохлаждения;  $t_{нг}$  – температура перегрева

Рисунок 1.2 – а) кривая охлаждения металла; б) кривая нагрева металла

Подробно рассмотрите кривые охлаждения и нагрева железа, которые приведены на рисунке 1.3. Равновесная температура плавления и затвердевания чистого железа равна  $1539\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Наличие критических точек при меньших температурах указывает на аллотропические превращения в железе.

Критические точки превращений железа обозначают буквой А, индексы 2, 3 и 4 служат для выделения каждого из превращений; индексом 1 обозначают превращения на диаграмме железо – углерод.

При нагреве приписывают букву с, а при охлаждении букву r, поскольку температуры превращений при нагреве выше, а при охлаждении ниже равновесных.

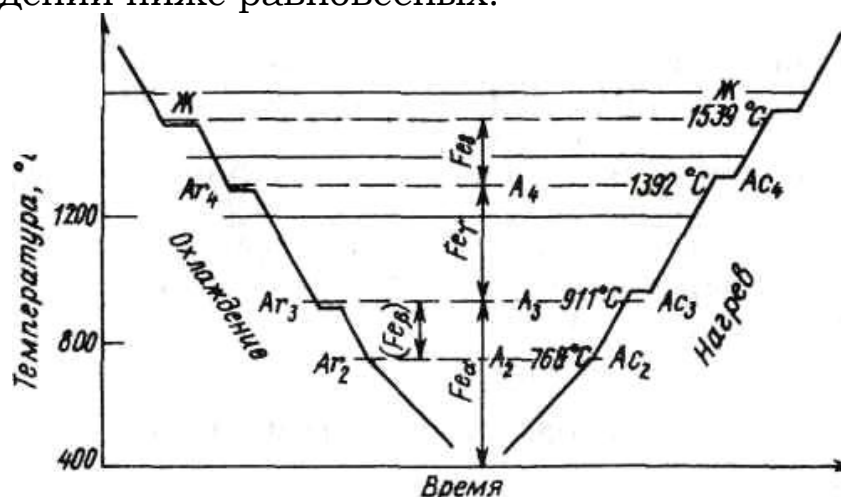


Рисунок 1.3 - Кривые охлаждения и нагрева железа

При температуре ниже  $768\text{ }^{\circ}\text{C}$  железо ферромагнитно. При нагреве в точке  $A_{c2}$  железо становится парамагнитным.

На кривой в точке  $A_2$  имеется перегиб, но решетка не пе-

рестраивается (магнитное превращение не имеет гистерезиса:  $A_{c2} = A_{r2}$ ) и железо до точки  $A_{c3}$ , имеет кристаллическую решетку центрированного куба; эту модификацию называют  $\alpha$  - железо.

Парамагнитную часть этой модификации - между точками  $A_2$  и  $A_3$  - называют  $\beta$ -железо.

В точке  $A_{c3}$   $\alpha$ -железо переходит в  $\gamma$ -железо с кристаллической решеткой гранецентрированного куба.

В точке  $A_{c4}$ ,  $\gamma$ -железо переходит в  $\delta$ -железо, причем кристаллическая решетка вновь рестраивается из гранецентрированного куба в центрированный куб, поэтому  $\delta$ -железо называют также высокотемпературной модификацией  $\alpha$ -железа.

При охлаждении аллотропические превращения идут в обратной последовательности.

Из перечисленных превращений наибольшее практическое значение имеют превращения в точке  $A_3$  как при нагреве ( $A_{c3}$ ), так и при охлаждении ( $A_{r3}$ ).

$\gamma$ -железо способно растворить до 2,14 % углерода при температуре 1147 °С,  $\alpha$ -железо - до 0,02 % при 723 °С и лишь 0,006 % при 0 °С.

Обратите внимание на то, что превращение в точке  $A_3$  сопровождается изменением объема. Так как плотность кристаллической решетки  $\gamma$ -железа больше плотности решетки  $\alpha$  - железа, в точке  $A_{c3}$  объем уменьшается, а в точке  $A_{r3}$  - увеличивается.

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Что называется кристаллизацией металлов и сплавов?
- 2 В каких координатах строятся кривые кристаллизации металла?
- 3 Назовите этапы кристаллизации?
- 4 Какие вещества называются аморфными? Кристаллическими?
- 5 Опишите протекание процессов охлаждения и нагрева чистого железа.
- 6 Сколько модификаций у железа?
- 7 Что происходит с железом при температуре 768 °С.
- 8 Какую элементарную ячейку имеет  $\alpha$  – железо?
- 9 Какую элементарную ячейку имеет  $\gamma$  - железо?

Литература: [1, с. 21 - 24]; [2, с. 6 - 8]; [3, с. 10 - 13].

### **Тема 1.3 Диаграммы состояния металлов и сплавов**

Студент должен:

*знать:*

- классификацию сплавов и основные определения;
- диаграммы состояния сплавов;
- понятие о ликвации;
- диаграмму состояния Fe - Fe<sub>3</sub>C (железо-цементит), ее критические точки;
- классификацию железоуглеродистых сталей и сплавов.

Понятие о сплавах. Классификация и структура металлов и сплавов. Основные равновесные диаграммы состояния двойных сплавов. Физические и механические свойства сплавов в равновесном состоянии.

Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов. Влияние легирующих элементов на равновесную структуру сталей.

### **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. Рассмотрите основные понятия, что называют компонентом, фазой, системой, сплавом, а также что может быть фазой.

В зависимости от природы компонентов образуются следующие виды сплавов:

- механическая смесь компонентов;
- твердый раствор компонентов;
- химическое соединение компонентов.

По числу элементов сплавы делят на двойные, тройные и т. д.

Диаграммы строят при медленном охлаждении, поэтому структуры на диаграмме соответствуют равновесному состоянию. В каждой области диаграммы подписывают структуры сплава.

Рассматривая диаграмму состояния сплавов, компоненты которых в твердом состоянии не растворяются друг в друге (свинец - сурьма), 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.

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. 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.

Изучая систему сплавов, образующих устойчивое химическое соединение (магний - кальций, цинк - магний), запомните, что диаграммы состояния можно рассматривать как состоящие из двух самостоятельных диаграмм, у которых вторым компонентом является химическое соединение. 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.

Изучение диаграммы состояния железо - цементит в соответствии с рисунком 1.4 начните с повторения аллотропических превращений железа.

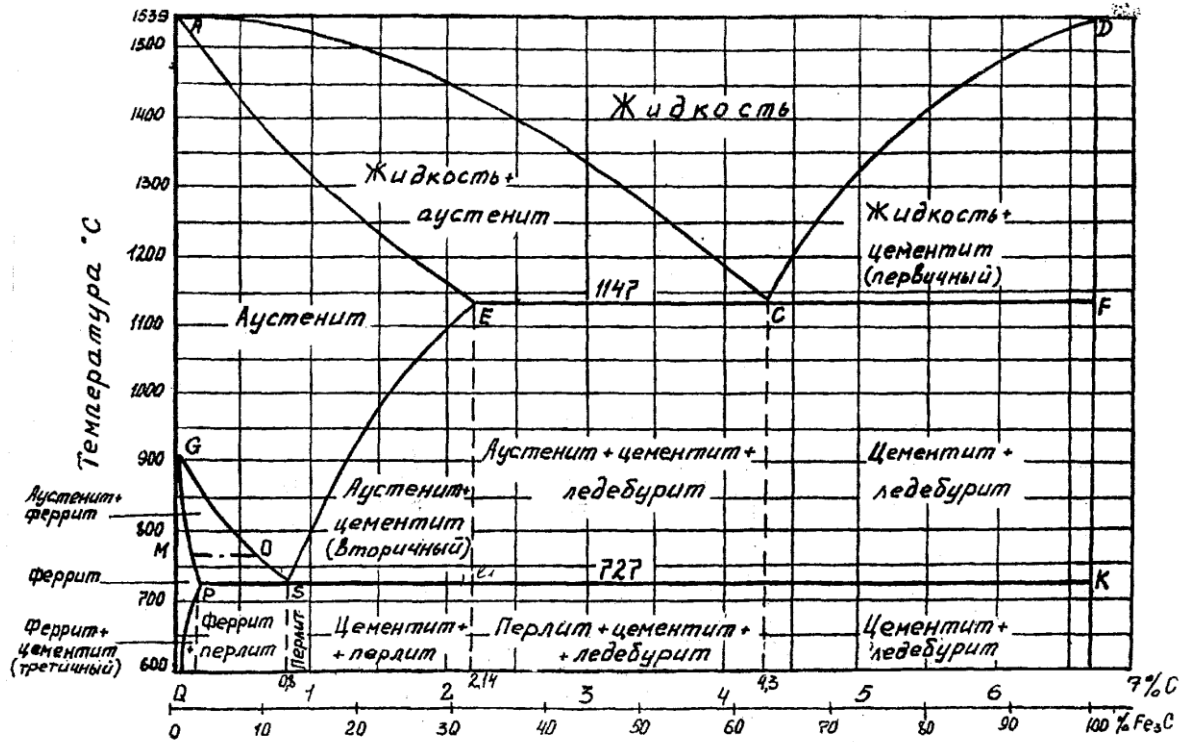


Рисунок 1. 4 – Диаграмма состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C

Разберите все превращения, протекающие в железоуглеродистых сплавах при медленном охлаждении, и получающиеся при этом структуры, особенно превращения в твердом состоянии. Рассмотрите, чем характерны все критические точки и линии диаграммы, их температуры и содержание углерода. Запомните, что в результате вторичной кристаллизации по линии GS при охлаждении начинается превращение аустенита в феррит вследствие аллотропического превращения  $\gamma$ -железа в  $\alpha$ -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. Критические точки, образующие линию GS, принято обозначать при нагреве  $A_{c3}$ , а при охлаждении -  $A_{r3}$ . По линии ES при охлаждении из аустенита начинает выделяться вторичный цементит вследствие уменьшения растворимости углерода в аустените 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 (правило отрезков). Критические точки, образующие линию ES, принято обозначать  $A_{cm}$ . 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  $\gamma$ -железо при температуре ниже  $727^\circ\text{C}$  существовать не может, а  $\alpha$ -железо практически углерод не растворяет (точка  $P$ ). При температуре  $727^\circ\text{C}$  во всех сплавах содержится в аустените  $0,8\%$   $C$  (точка  $S$ , куда сходятся линии  $GS$  и  $ES$ ), значит состав перлита также постоянен и содержит  $0,8\%$  углерода. Критические точки, образующие линию  $PSK$ , при нагреве обозначают  $A_{c1}$ , а при охлаждении  $A_{r1}$ .

Отметьте, что температура, при которой из аустенита начинает выделяться феррит или цементит (линии  $GS$  и  $ES$ ), зависит от состава сплава, а превращение аустенита в перлит происходит во всех сплавах при одной и той же температуре ( $727^\circ\text{C}$ ).

Нужно знать, что в простых углеродистых сплавах в равновесном состоянии при температуре ниже  $727^\circ\text{C}$  аустенит существовать не может, он распадается на перлит (эвтектоидную смесь феррита и цементита вторичного).

Запомните равновесные структуры железоуглеродистых сплавов: аустенит, феррит, перлит, цементит, ледебурит. Запомните разницу между эвтектикой и эвтектоидом: эвтектика - продукт первичной кристаллизации, а эвтектоид - продукт вторичной кристаллизации, он образуется при распаде твердого раствора. И эвтектика, и эвтектоид образуются в том случае, если вещества друг в друге не растворяются в твердом состоянии.

Изучите влияние легирующих элементов на критические точки железа и стали и выясните как они влияют на структуру стали.

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Что называется диаграммой состояния?
- 2 Какой сплав называется эвтектическим, до- и заэвтектическим?
- 3 Какие виды твердых растворов вы знаете?
- 4 Что называется ликвацией?
- 5 Назовите линии ликвидуса и солидуса на диаграмме железо - цементит.
- 6 Какие превращения происходят в сплавах железо - цементит по линиям  $GS$  и  $ES$ ?
- 7 Назовите линию эвтектоидного превращения.
- 8 Дайте определения структурам: феррит, аустенит, перлит, цементит и ледебурит.



9 Какие легирующие элементы являются карбидообразующими?

10 Почему в железоуглеродистых сплавах происходят превращения в твердом состоянии?

11 Какое практическое значение имеет диаграмма железо - цементит?

Литература: [1, с. 39 – 47, с.73 - 75]; [2, с. 10 - 14]; [3, с. 29 – 38, с. 78 - 86].

### **Тема 1.4 Формирование структуры деформированных металлов и сплавов**

Студент должен:

*знать:*

– особенности пластической деформации моно- и поликристаллов;

– диаграмму растяжения металлов;

– явления возврата и рекристаллизации;

*уметь:*

– определять, в каких случаях целесообразно применять наклепанный металл, а в каких производить рекристаллизацию.

Пластическая деформация моно- и поликристаллов. Диаграмма растяжения металлов. Пластическая деформация поликристаллических металлов. Деформирование двухфазных сплавов. Свойства пластически деформированных металлов.

Возврат и рекристаллизация.

### **Методические указания**

Особое внимание уделите дислокационному механизму пластической деформации скольжением в монокристаллах и в поликристаллическом металле. Как в поликристаллическом металле распространяется деформация от зерна к зерну. Разберитесь в причинах легкоподвижности дислокаций в кристаллической решетке, в плоскостях легчайшего скольжения. Почему сверхчистые металлы имеют меньшую прочность, чем технически чистые? Подробнее изучите причины деформационного упрочнения металлов, вклад атмосфер на дислокациях, дислокационных конфигураций, включений фаз другой природы и других препятствий в упрочнение.

Понимание процессов, происходящих при холодной пластической деформации и при нагреве деформированного

металла, позволяет разделить пластическую деформацию (обработку давлением) на холодную и горячую.

В каких случаях прибегают к поверхностному упрочнению деталей?

Рассмотрите сущность и назначение поверхностного наклепа, его влияние на эксплуатационные свойства деталей машин и станков.

Запомните, что легкоплавкие металлы упрочнить наклепом нельзя, так как у них температура рекристаллизации ниже комнатной.

Начальное частичное снятие искажений кристаллической решетки при нагреве называется возвратом. При возврате уменьшаются твердость, прочность металлов, повышается пластичность. У сталей возврат наблюдается при нагреве до 200 - 300 °С. При дальнейшем нагреве происходит полное снятие искажений кристаллической решетки, образование и рост зерен за счет наклепанных, восстановление пластичности металла. Образование новых зерен называется рекристаллизацией, а температуру, при которой начинают возникать новые мельчайшие зерна - температурой рекристаллизации (порогом рекристаллизации).

Изучите зависимость, которую установил А.А.Бочвар между температурой рекристаллизации металлов и их температурой плавления. При определении температуры рекристаллизации не следует забывать, что зависимость установлена для абсолютных температур, выражаемых в кельвинах.

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Какая деформация считается упругой, пластической?
- 2 Как влияет количество дислокаций на прочность металла?
- 3 В чем сущность процессов возврата и рекристаллизации?
- 4 Как определяется температура рекристаллизации?
- 5 С какой целью производится наклеп металла?

Литература: [1, с. 73 - 75, с. 239 - 243]; [2, с. 53 - 54].

### **Тема 1.5 Термическая и химико-термическая обработка металлов и сплавов**

Студент должен:

*иметь представление:*

– о перспективах развития термической и химико - термической обработки материалов;

– о возможных дефектах материалов при термической и химико-термической обработке материалов;

*знать:*

– основные виды и процессы термической и химико-термической обработки материалов и сплавов;

– влияние термической и химико - термической обработки на структуру и свойства материалов и сплавов;

– основное оборудование для термической и химико-технической обработки;

*уметь:*

– выбирать термическую обработку деталей исходя из требуемых свойств;

– обосновывать выбранный режим термической обработки;

– указывать свойства сталей после различных видов термической обработки;

– выбирать вид химико-термической обработки исходя из марки стали и требуемых свойств.

Определение и классификация видов термической обработки. Превращения в металлах и сплавах при нагреве и охлаждении. Основное оборудование для термической обработки. Виды термической обработки стали: отжиг, нормализация, закалка, отпуск закаленных сталей. Поверхностная закалка сталей. Дефекты термической обработки и методы их предупреждения и устранения. Термомеханическая обработка, виды, сущность, область применения.

Определение и классификация основных видов химико-термической обработки металлов и сплавов. Цементация стали. Азотирование стали. Ионное (плазменное) азотирование и цементация. Диффузионное насыщение сплавов металлами и неметаллами.

### **Методические указания**

Термическая обработка материалов производится с целью изменения их структуры и свойств. Она складывается из регламентированных режимов нагрева до заданной температуры, выдержки и последующего охлаждения. При нагреве сталей происходит изменение их фазового состава и структуры. Изменения свойств возникают в связи с различием в видах превращений, успевающих протекать при нагреве и охлаждении. Особое внимание следует обратить на изотермический распад аустенита в перлитоподобные структуры

и на закономерности превращения перлитных структур в аустенит. Изотермические диаграммы позволяют установить связь между температурными условиями превращения и формирующейся структурой.

Для практических целей следует изучить основные способы термической обработки: отжиг, нормализацию, закалку и отпуск стали. При этом следует ознакомиться и с оборудованием, применяемым в термических цехах. Знание диаграммы состояний и диаграмм изотермического превращения позволит установить структуру, получаемую в результате каждого из видов термической обработки сплавов, а по ней, с помощью закона Курнакова, оценивать и свойства стали, приобретаемые ею после термообработки.

Свойства стали не одинаковы в различных сечениях образца или детали. Поэтому следует усвоить различия между закаливаемостью и прокаливаемостью стали. При термической обработке стали могут возникать различные дефекты: перегрев и пережог стали, селективное окисление компонентов, деформации и трещины. Эти явления обусловлены несоблюдением рекомендуемых и регламентированных режимов обработки.

Разберите основные методы поверхностной закалки. Уделите внимание закалке токами высокой частоты (ТВЧ), так как ее наиболее легко автоматизировать и получить наилучшие результаты. При изучении поверхностной закалки газовым пламенем надо иметь в виду, что для крупных деталей это в ряде случаев единственный метод поверхностного упрочнения. Нужно знать новые прогрессивные методы упрочнения деталей: термомеханическую, ультразвуковую, термомагнитную обработку. Запишите, что высокотемпературной термомеханической обработке (ВТМО) можно подвергать любые стали, а низкотемпературной (НТМО) - только те, у которых переохлажденный аустенит обладает повышенной устойчивостью, т.е. легированные.

Химико-термическую обработку металлов (ХТО) используют в тех случаях, когда необходимо обеспечить заданные различия свойств изделия на его поверхности и в объеме. В результате ХТО сталей повышается прочность и твердость поверхностных слоев, износостойчивость, усталостная прочность, окалиностойкость, кислотоупорность.

При рассмотрении технологии ХТО следует иметь в виду, что насыщение может происходить и в твердой, и в жидкой, и в газовой средах. Следует обратить внимание на наиболее удачные варианты для различных марок стали.

Следует обратить внимание на диффузионную металлизацию хромом, алюминием и другими элементами, понимать принципиальное отличие диффузионного насыщения поверхности металлами от гальванических покрытий, а главное - назначение каждого метода.

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Перечислите основные виды термической обработки.
- 2 Каково значение термической обработки в повышении прочности металлов?
- 3 Как влияет скорость охлаждения на продукты распада аустенита?
- 4 Какая скорость охлаждения называется критической скоростью закалки?
- 5 Какая температура называется мартенситной точкой?
- 6 Чем отличаются отжиги первого и второго рода?
- 7 Чем отличается процесс нормализации от отжига?
- 8 Как влияет критическая скорость закалки на выбор охлаждающей среды при закалке?
- 9 Для каких деталей и почему наиболее целесообразно производить после закалки обработку холодом?
- 10 Перечислите основные виды отпуска.
- 11 В каких случаях производят поверхностную закалку?
- 12 Перечислите основные виды химико-термической обработки деталей.
- 13 В чем преимущества газовой цементации?
- 14 При каких условиях работы деталей целесообразно производить азотирование?
- 15 Перечислите основные виды диффузионной металлизации.

Литература: [1, с. 87 – 107]; [3, с. 92 - 130].

## **Раздел 2 МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В МАШИНО- И ПРИБОРОСТРОЕНИИ**

### **Тема 2.1 Конструкционные материалы**

Студент должен:

*знать:*

– общие требования, предъявляемые к конструкционным материалам;

- классификацию конструкционных материалов;
- технические характеристики конструкционных материалов;
- методы повышения конструктивной прочности;
- маркировку и область применения сталей;
- принцип выбора сталей для конкретных условий работы.

Общие требования, предъявляемые к конструкционным материалам. Классификация конструкционных материалов и их технические характеристики. Влияние углерода и постоянных примесей на свойства чугунов; виды чугунов.

Влияние углерода и постоянных примесей на свойства сталей. Углеродистые стали: обыкновенного качества и качественные стали. Легированные стали.

### **Методические указания**

К конструкционным материалам относятся металлические (металлы и сплавы) и неметаллические (полимеры и минералы). Следует знать, что наиболее распространены сплавы на основе железа – сталь и чугун.

К конструкционным материалам, применяемым для изготовления разнообразных деталей машин, предъявляют следующие требования:

- сочетание высокой прочности и достаточной вязкости;
- хорошие технологические свойства;
- экономичность;
- недефицитность.

Высокая конструкционная прочность материалов, достигается путем рационального выбора химического состава, режимов термической обработки, методов поверхностного упрочнения, улучшением металлургического качества.

Следует знать, что решающая роль в составе конструкционных сталей отводится углероду. Он увеличивает прочность стали, но снижает пластичность и вязкость, повышает порог хладоломкости. Поэтому его содержание регламентировано и редко превышает 0,6 %.

Влияние на конструкционную прочность оказывают легирующие элементы. Повышение конструкционной прочности при легировании связано с обеспечением высокой прокаливаемости, уменьшением критической скорости закалки, измельчением зерна.

Применение упрочняющей термической обработки улучшает

комплекс механических свойств.

Элементы, специально вводимые в сталь в определенных концентрациях с целью изменения ее строения и свойств, называются легирующими элементами, а стали – легированными.

Содержание легирующих элементов может изменяться в очень широких пределах: хром или никель – 1% и более процентов; ванадий, молибден, титан, ниобий – 0,1... 0,5%; также кремний и марганец – более 1%.

В конструкционных сталях легирование осуществляется с целью улучшения механических свойств (прочности, пластичности). Кроме того меняются физические, химические, эксплуатационные свойства.

Легирующие элементы повышают стоимость стали, поэтому их использование должно быть строго обоснованно.

Обратите внимание, что легирующие элементы в большинстве случаев растворяются в аустените, образуя твердые растворы замещения. Легированные стали требуют более высоких температур нагрева и более длительной выдержки для получения однородного аустенита, в котором растворяются карбиды легирующих элементов.

Малая склонность к росту аустенитного зерна – технологическое преимущество большинства легированных сталей. Все легирующие элементы снижают склонность аустенитного зерна к росту, кроме марганца и бора. Элементы, не образующие карбидов (кремний, кобальт, медь, никель), слабо влияют на рост зерна. Карбидообразующие элементы (хром, молибден, вольфрам, ванадий, титан) сильно измельчают зерно.

*Стали классифицируются по нескольким признакам.*

1 По структуре после охлаждения на воздухе выделяются три основных класса сталей:

- перлитный;
- мартенситный;
- аустенитный.

Стали перлитного класса характеризуются малым содержанием легирующих элементов; мартенситного – более значительным содержанием; аустенитного – высоким содержанием легирующих элементов.

Классификация связана с кинетикой распада аустенита. Диаграммы изотермического распада аустенита для сталей различных классов представлены на рисунке 2.1.

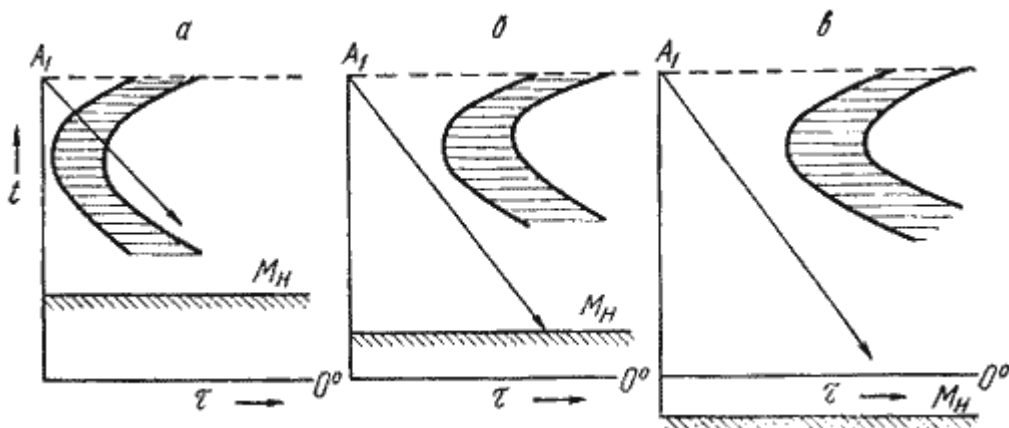


Рисунок 2.1 - Диаграммы изотермического распада аустенита для сталей перлитного (а), мартенситного (б) и аустенитного (в) классов

По мере увеличения содержания легирующих элементов устойчивость аустенита в перлитной области возрастает, а температурная область мартенситного превращения снижается.

Для сталей перлитного класса кривая скорости охлаждения на воздухе пересекает область перлитного распада (рисунок 2.1 а), поэтому образуются структуры перлита, сорбита или троостита.

Для сталей мартенситного класса область перлитного распада сдвинута вправо (рисунок 2.1 б). Охлаждение на воздухе не приводит к превращению в перлитной области. Аустенит переохлаждается до температуры мартенситного превращения и происходит образование мартенсита.

Для сталей аустенитного класса увеличение содержания углерода и легирующих элементов сдвигает вправо область перлитного распада, а также снижает мартенситную точку, переводя ее в область отрицательных температур (рисунок 2.1 в). Сталь охлаждается на воздухе до комнатной температуры, сохраняя аустенитное состояние.

2 По степени легирования (по содержанию легирующих элементов):

- низколегированные – 2,5...5%;
- среднелегированные – до 10%;
- высоколегированные – более 10%.

3 По числу легирующих элементов:

- трехкомпонентные (железо, углерод, легирующий элемент);
- четырехкомпонентные (железо, углерод, два легирующих элемента) и так далее.



4 По составу:

- никелевые, хромистые, хромоникелевые, хромоникельмолибденовые и так далее (признак – наличие тех или иных легирующих элементов).

5 По назначению:

- конструкционные;
- инструментальные (режущие, мерительные, штамповые);
- стали и сплавы с особыми свойствами (резко выраженные свойства – нержавеющие, жаропрочные и термоустойчивые, износостойчивые, с особыми магнитными и электрическими свойствами).

Машиностроительные стали предназначены для изготовления различных деталей машин и механизмов.

*Они классифицируются:*

- по химическому составу (углеродистые и легированные);
- по обработке (цементуемые, улучшаемые);
- по назначению (пружинные, шарикоподшипниковые).

Следует отметить, что *низкоуглеродистые стали* 05 кп, 08, 10, 10 пс обладают малой прочностью высокой пластичностью. Применяются без термической обработки для изготовления малонагруженных деталей – шайб, прокладок и т.п.

*Среднеуглеродистые стали* 35, 40, 45 применяются после нормализации, термического улучшения, поверхностной закалки.

В нормализованном состоянии по сравнению с низкоотпущенным обладают большей прочностью, но меньшей пластичностью. После термического улучшения наблюдается наилучшее сочетание механических свойств. После поверхностной закалки обладают высокой поверхностной твердостью и сопротивлением износу.

*Высокоуглеродистые стали* 60, 65, 70, 75 используются как рессорно-пружинные после среднего отпуска. В нормализованном состоянии – для прокатных валков, шпинделей станков.

Достоинства углеродистых качественных сталей – дешевизна и технологичность. Но из-за малой прокаливаемости эти стали не обеспечивают требуемый комплекс механических свойств в деталях сечением более 20 мм.

*Цементуемые стали* используются для изготовления деталей, работающих на износ и подвергающихся действию переменных и ударных нагрузок. Детали должны сочетать высокую поверхностную прочность и твердость и достаточную вязкость сердцевины.

Цементации подвергаются низкоуглеродистые стали с со-

держанием углерода до 0,25%, что позволяет получить вязкую сердцевину. Для деталей, работающих с большими нагрузками, применяются стали с повышенным содержанием углерода (до 0,35 %).

Обратите внимание, что с повышением содержания углерода прочность сердцевины увеличивается, а вязкость снижается. Детали подвергаются цианированию и нитроцементации.

Цементуемые углеродистые стали 15, 20, 25 используются для изготовления деталей небольшого размера, работающих в условиях изнашивания при малых нагрузках (втулки, валики, оси, шпильки и др.). Твердость на поверхности составляет 60...64 HRC, сердцевина остается мягкой.

*Цементуемые легированные стали* применяют для более крупных и тяжелонагруженных деталей, в которых необходимо иметь, кроме высокой твердости поверхности, достаточно прочную сердцевину (кулачковые муфты, поршни, пальцы, втулки).

Хромистые стали 15X, 20X используются для изготовления небольших изделий простой формы, цементуемых на глубину  $h = 1...1,5$  мм. При закалке с охлаждением в масле, выполняемой после цементации, сердцевина имеет бейнитное строение. Вследствие этого хромистые стали обладают более высокими прочностными свойствами при несколько меньшей пластичности в сердцевине и большей прочностью в цементованном слое.

Никель увеличивает глубину цементованного слоя, препятствует росту зерна и образованию грубой цементитной сетки, оказывает положительное влияние на свойства сердцевины. Хромоникелевые стали 20ХН, 12ХН3А применяют для изготовления деталей средних и больших размеров, работающих на износ при больших нагрузках (зубчатые колеса, шлицевые валы). Одновременное легирование хромом и никелем, который растворяется в феррите, увеличивает прочность, пластичность и вязкость сердцевины и цементованного слоя. Стали мало чувствительны к перегреву. Большая устойчивость переохлажденного аустенита в области перлитного и промежуточного превращений обеспечивает высокую прокаливаемость хромоникелевых сталей и позволяет проводить закалку крупных деталей с охлаждением в масле и на воздухе.

Стали, дополнительно легированные вольфрамом или молибденом (18X2H4BA, 18X2H4MA), применяют для изготовления крупных тяжелонагруженных деталей. Эти стали являются лучшими конструкционными сталями, но дефицитность никеля ограничивает их применение.

Хромомарганцевые стали применяют вместо дорогих хромоникелевых, однако эти стали менее устойчивы к перегреву и имеют меньшую вязкость. Введение небольшого количества титана (0,06...0,12%) уменьшает склонность стали к перегреву (стали 18ХГТ, 30ХГТ).

Обратите внимание на улучшаемые стали. Это стали, подвергаемые термическому улучшению, широко применяют для изготовления различных деталей, работающих в сложных напряженных условиях (при действии разнообразных нагрузок, в том числе переменных и динамических). Стали приобретают структуру сорбита, хорошо воспринимающую ударные нагрузки. Важное значение имеет сопротивление хрупкому разрушению.

Улучшению подвергаются среднеуглеродистые стали с содержанием углерода 0,30...0,50%.

Улучшаемые углеродистые стали 35, 40, 45 дешевы, из них изготавливают детали, испытывающие небольшие напряжения (сталь 35), и детали, требующие повышенной прочности (стали 40, 45). Но термическое улучшение этих сталей обеспечивает высокий комплекс механических свойств только в деталях небольшого сечения, так как стали обладают низкой прокаливаемостью. Стали этой группы можно использовать и в нормализованном состоянии.

Детали, требующие высокой поверхностной твердости при вязкой сердцевине (зубчатые колеса, валы, оси, втулки), подвергаются поверхностной закалке токами высокой частоты. Для снятия напряжений проводят низкий отпуск.

*Улучшаемые легированные стали* применяют для более крупных и более нагруженных ответственных деталей. Стали обладают лучшим комплексом механических свойств: выше прочность при сохранении достаточной вязкости и пластичности, ниже порог хладоломкости.

Хромистые стали 30Х, 40Х, 50Х используются для изготовления небольших средненагруженных деталей. Эти стали склонны к отпускной хрупкости, поэтому после высокого отпуска охлаждение должно быть быстрым.

Повышение прокаливаемости достигается микролегированием бором (35ХР). Введение в сталь ванадия значительно увеличивает вязкость (40ХФА).

Хромокремнистые (33ХС) и хромокремниймарганцевые (хромансил) (25ХГСА) стали обладают высокой прочностью и умеренной вязкостью. Стали хромансилы обладают высокой свариваемостью, из них изготавливают стыковочные сварные узлы,

кронштейны, крепежные и другие детали. Широко применяются в автомобилестроении и авиации.

Хромоникелевые стали 45ХН, 30ХН3А отличаются хорошей прокаливаемостью, прочностью и вязкостью, но чувствительны к обратимой отпускной хрупкости. Для уменьшения чувствительности вводят молибден или вольфрам. Ванадий способствует измельчению зерна.

Стали 36Х2Н2МФА, 38ХН3ВА др. обладают лучшими свойствами, относятся к мартенситному классу, слабо разупрочняются при нагреве до 300...400°С. из них изготавливаются валы и роторы турбин, тяжелонагруженные детали редукторов и компрессоров.

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

Необходимо знать влияние углерода и основных 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.

Выбор марки стали или чугуна для различных деталей производят исходя из свойств материала и условий работы деталей.

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Какой сплав называется углеродистой сталью, чугуном?
- 2 По какому принципу чугун делится на белый и серый?
- 3 Какая форма графита обеспечивает наиболее высокие механические свойства чугунов?
- 4 Расшифруйте марки чугунов: СЧ 12, КЧ 35-10, ВЧ 45-5. Укажите их область применения.
- 5 Как влияет углерод на свойства сталей?
- 6 Перечислите полезные и вредные примеси сталей.
- 7 Как влияют основные постоянные примеси на свойства стали?
- 8 Каковы виды углеродистой стали по назначению?
- 9 Расшифруйте марки сталей: БСт 3сп, сталь 45, сталь У10А. Укажите их состав, свойства и область применения.
- 10 Какая сталь называется высококачественной?
- 11 Какая сталь называется легированной?
- 12 Как влияют легирующие элементы на критические точки и линии диаграммы железо - цементит?
- 13 Как влияют различные легирующие элементы на свойства стали?
- 14 Расшифруйте марки сталей 18ХГТ, 38ХН3МА, 4Х5В2ФС, укажите их термическую обработку и область применения.
- 15 Расшифруйте стали Р18 и Р10К5Ф5 и укажите их термическую обработку.
- 16 Зачем в стали типа 12Х18Н9Т и 12Х18Н9Б добавляют титан или ниобий?
- 17 Какие стали и сплавы относятся к коррозионностойким, жаростойким и жаропрочным? Какие химические элементы придают им эти свойства? Назовите области их применения.

Литература: [1, с. 48 – 49, 75 – 87, 107 - 123]; [2, с. 14 - 17]; [3, с. 86 – 92, 139 - 156].

### **Тема 2.2 Материалы с особыми технологическими свойствами**

Студент должен:

*знать:*

- классификацию сталей с улучшенной обрабатываемостью резанием;
- свойства, характеризующие технологическую пластичность;
- факторы, влияющие на свариваемость;
- железоуглеродистые сплавы с высокими литейными свойствами;
- свойства и классификацию меди и медных сплавов;

*уметь:*

- выбирать материалы по их технологическим характеристикам.

Стали с улучшенной обрабатываемостью резанием. Стали с высокой технологической пластичностью и свариваемостью. Медные сплавы: общая характеристика и классификация, латуни, бронзы.

### **Методические указания**

Стали обладающие улучшенной обрабатываемостью резанием – это автоматные стали, отличаются от других конструкционных сталей повышенным содержанием серы (до 0,3%) и фосфора (до 0,15%). Сера образует большое количество включений сернистого марганца MnS, нарушающих сплошность металла, а фосфор, растворяясь в феррите, сильно снижает его вязкость. Обрабатываемость улучшают также присадкой к стали небольшого количества свинца и селена.

Следует знать, что при механической обработке автоматных сталей образуется короткая, ломкая стружка, что особенно важно при работе на быстроходных станках-автоматах. Поверхность обработанных деталей получается чистой и ровной. Недостаток автоматных сталей - пониженная пластичность. Это связано с тем, что большое количество сернистых включений образует полосчатую структуру. Поэтому автоматные стали применяют для изготовления малоответственных деталей, от которых не требуется высоких механических свойств (крепежные детали, пальцы, втулки и т. п.).

Автоматные стали также легируют хромом, никелем, молибденом.

При рассмотрении вопроса свариваемости сталей обратите внимание на процентное содержание в них углерода необходимое для обеспечения хорошей их свариваемости.

Медь обладает высокой пластичностью, электро- и теплопроводностью, повышенной коррозионной стойкостью.

Медь является основой в сплавах, широко применяемых во всех отраслях машино- и приборостроения.

Примеси негативно влияют на свойства меди и самыми вредными из них являются висмут и свинец

В технике широко используют сплавы меди с цинком, оловом, алюминием, бериллием, кремнием, марганцем, никелем, свинцом.

Легирование меди обеспечивает повышение ее механических, технологических и антифрикционных свойств.

Сплавы меди с цинком называют латунями и томпаками, все другие ее сплавы, за исключением сплавов с никелем, называют бронзами.

При изучении 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°C.

При изучении бронз, 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, обратите внимание 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. Обязательно рассмотрите маркировку латуней и бронз.

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Какие стали называются автоматными?
- 2 Почему автоматные стали обладают хорошей обрабатываемостью резанием?
- 3 Какие стали обладают хорошей свариваемостью?
- 4 Какой сплав называется латуню? бронзой?
- 5 Как влияет содержание цинка на свойства латуней?
- 6 Какие бронзы применяют в качестве антифрикционных

сплавов?

7 Расшифруйте сплав ЛМцЖ55-3-1 и БрАЖМц10-3-1,5. Укажите их свойства и область применения.

8 Укажите область применения бериллиевой бронзы.

Литература: [1, с. 113 – 116, 131 – 135]; [3, с. 140 – 143, 169 – 172].

### **Тема 2.3 Износостойкие материалы**

Студент должен:

*знать:*

- классификацию видов изнашивания материалов;
- материалы, устойчивые к абразивному изнашиванию: свойства, классификация, маркировка и область применения;
- материалы, устойчивые к усталостному виду изнашивания;
- антифрикционные материалы: их классификацию, свойства, применение;

Материалы с высокой твердостью поверхности. Антифрикционные материалы: металлические и неметаллические, комбинированные, минералы.

### **Методические указания**

Для работы в условиях изнашивания, сопровождаемого большими удельными нагрузками используется высокомарганцевая сталь 110Г13Л, имеющая в своем составе 1...1,4% углерода, 12...14 % марганца. Сталь имеет аустенитную структуру и относительно низкую твердость (200...250 НВ). В процессе работы, когда на деталь действуют высокие нагрузки, которые вызывают в материале напряжения, превосходящие предел текучести, происходит интенсивное наклепывание стали и рост ее твердости и износостойкости. При этом сталь сохраняет высокую вязкость. Благодаря этим свойствам сталь широко используется для изготовления корпусов шаровых мельниц, щек камнедробилок, крестовин рельсов, гусеничных траков, козырьков землечерпалок и т.д.

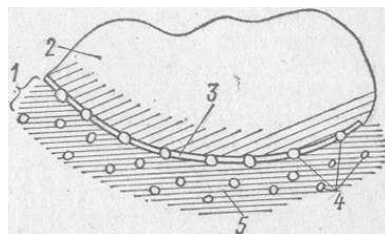
Склонность к интенсивному наклепу является характерной особенностью сталей аустенитного класса.



В подшипниках скольжения между осью и втулкой происходит трение, вызывающее износ обеих деталей. Для повышения срока службы трущихся поверхностей вкладыши подшипников изготавливают из специальных антифрикционных сплавов. Они предохраняют от износа вал, минимально изнашиваются, создавая условия для нормальной смазки и облегчая работу трущегося узла, т. е. уменьшая коэффициент трения.

Подшипниковый материал представляет собой сочетание достаточно прочной, относительно пластичной и вязкой основы, в которой имеются твердые опорные включения. При этих условиях изнашивается пластичная основа, вал в основном лежит на твердых опорных включениях и, следовательно, трение идет не по всей поверхности подшипника и смазка удерживается в изнашивающихся местах пластичной основы. Схематически условия, создающиеся при работе вала с вкладышем, показаны на рисунок 2.2.

К антифрикционным материалам относятся сплавы на основе олова и свинца (так называемые баббиты), меди, алюминия, цинка, антифрикционные чугуны и порошковые подшипниковые материалы.



1 - вкладыш; 2 - вал; 3 - пространство для смазки; 4 - твердые включения; 5 - основа

Рисунок 2.2 - Схема работы вала с вкладышем

Из сплавов на основе меди наилучшими антифрикционными свойствами обладают свинцовистые бронзы, например БрС30. Поэтому их широко используют для изготовления подшипников. Свинец растворяется в меди лишь при температурах выше  $950^{\circ}\text{C}$ . При охлаждении сплавов ниже  $326^{\circ}\text{C}$  происходит затвердевание свинца, заполняющего междендритные участки в меди. В результате формируется структура, сочетающая прочные участки меди с мягким свинцом. Поскольку и прочность и твердость этой бронзы невысоки, ее используют в качестве наплавки на стальные трубы

или ленты. Такие биметаллические подшипники дешевы и легко заменяемы. Теплопроводность бронзы БрС30 в 4 раза выше теплопроводности оловянистых бронз, поэтому они хорошо отводят тепло, возникающее при трении. Но свинцовые бронзы склонны к ликвации. Их легируют никелем и оловом (БрОС8-12, БрОСН 10-2-3 и др.). Легирование повышает не только механические, но и коррозионные свойства бронз. Их используют для подшипников и без стальных вкладышей.

Баббитами называют антифрикционные сплавы, основу которых составляют олово или свинец. Они отличаются низкими температурами плавления ( $350\text{...}450^\circ\text{C}$ ) и хорошей прирабатываемостью.

Лучшими антифрикционными свойствами обладают баббиты оловянные Б83 (10...12 % Sb; 2,5...6,5 % Cu; остальное Sn) и Б89 (7,25...8,25 % Sb; 2,6...3,5 % Cu; остальное Sn). Мягкой основой в этих сплавах служит  $\alpha$ -твердый раствор сурьмы и меди в олове, а твердая фаза представлена равноосными частицами ( $\beta$ -фазы (SnSb) и частицами игольчатой формы  $\text{Cu}_3\text{Sn}$ ). Баббит Б89 имеет более высокую по сравнению с Б83 пластичность, но меньшую твердость из-за меньшей объемной доли  $\beta$ -фазы. Из-за высокой стоимости олова сплавы Б83 и Б89 применяют только в ответственных целях, например в машинах большой мощности.

Большее распространение получили свинцово-оловянистые баббиты: Б16, БТ, БН и Б6. Свинцово-оловянистые баббиты по сравнению с Б83 имеют более высокий коэффициент трения, менее износостойки и хрупки (из-за присутствия фазы (SnSb)). Введение меди устраняет ликвацию, а также повышает их твердость и вязкость. Кадмиевые баббиты обладают повышенной твердостью и коррозионной стойкостью. Легирование баббитов никелем, кадмием, мышьяком повышает твердость и прочность основы, поэтому позволяет снизить содержание олова. Мышьяк же добавляют для улучшения жидкотекучести и измельчения зерна. Для повышения пластичности в баббиты вводят теллур.

Баббит Б16 применяют для подшипников электродвигателей, паровых турбин, Б6 - для нефтяных двигателей, металлообрабатывающих станков, БТ и БН - для автомобильных и тракторных двигателей и других двигателей внутреннего сгорания. Для подшипников железнодорожного транспорта используют баббит БКА (0,8...1,15% Ca; 0,6...0,9 % Na; 0,05...0,20 % As, остальное Pb). Упрочняющей фазой в нем служит соединение  $\text{Pb}_3\text{Ca}$ , обладающее высокой твердостью, а легирование натрием повышает твердость основы. Присадка

мышьяка повышает механические и антифрикционные свойства. Баббит БКА подвержен естественному старению (повышению твердости в результате длительного вылеживания при комнатной температуре), иногда этот процесс ускоряют подогревом до 50...70°C. С повышением температуры твердость баббитов быстро снижается, поэтому их рабочие температуры не должны превышать 80°C, несмотря на то что температуры плавления баббитов относительно высоки (342°C для Б89, 460°C для Б6, 410°C для Б16, 400°C для БН). Коэффициент трения (со смазкой) для Б89 и Б83 равен 0,005, а для Б6, Б16 и БН он составляет 0,006.

Кроме свинцовых и оловянных баббитов в технике используют также баббиты на цинковой и алюминиевой основах. Баббиты ЦАМ10-5 и ЦАМ-10 в качестве основы имеют твердый раствор алюминия в цинке и твердую фазу  $CuZn_3$ . Коэффициент трения со смазкой - 0,009.

Алюминиевый баббит АССб-5 упрочняется за счет соединения  $AlSb$ . Температура плавления этого баббита 750 °С.

Следует отметить, что в качестве антифрикционных подшипниковых материалов применяют также серые, высокопрочные и ковкие чугуны. Металлическая основа таких чугунов является в основном перлитной или перлитно-ферритной. Буквы в марках чугунов означают: А - антифрикционный, Ч - чугун, С - серый, В - высокопрочный, К - ковкий.

Антифрикционные серые перлитные чугуны марки АЧС-1, легированные хромом (0,2-0,4%) и медью (1,5-2%), марки АЧС-2, легированные хромом (0,2-0,4%), никелем (0,2-0,4%), титаном (0,03-0,1%) и медью (0,3-0,5%) и перлитно-ферритный чугун марки АЧС-3, легированный титаном (0,03-0,1%) и медью (0,3-0,5%), рекомендуется применять при давлении до 500 МПа.

Антифрикционные чугуны с шаровидным графитом марок АЧВ-1 (перлитный) и АЧВ-2 (перлитно-ферритный) применяют в узлах трения при повышенных давлениях до 1200 МПа.

Антифрикционные ковкие чугуны выпускают марок АЧК-1 - перлитный чугун, легированный медью (1-1,5%), и АЧК-2 - перлитно-ферритный чугун.

Перлитные чугуны (содержащие не менее 80% перлита) марок АЧС-1, АЧС-2, АЧВ-1, АЧК-1 предназначены для работы в паре с термообработанными (закаленными или нормализованными) валами, а перлитно-ферритные (содержащие 50-80 % перлита) - с термически не обработанными валами.

В последние годы возрастает применение спеченных порошковых антифрикционных материалов (на основе порошков железа и бронзы).

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Какова область применения антифрикционных сплавов?
- 2 Какими свойствами должен обладать материал для вкладышей подшипников?
- 3 Какие сплавы называются баббитами?
- 4 Назовите область применения оловянных и свинцовых баббитов.
- 5 В каких условиях работают антифрикционные чугуны?
- 6 Назовите область применения спеченных антифрикционных материалов.

Литература: [1, с. 139 – 140, 148 – 149]; [3, с. 206 – 208, 213 – 214]; [4, с. 403 – 410].

### **Тема 2.4 Материалы с высокими упругими свойствами**

Студент должен:

*знать:*

– материалы с высокими упругими свойствами: классификацию, состав, особенности термической обработки, свойства.

Рессорно-пружинные стали. Пружинные материалы приборостроения.

### **Методические указания**

Пружины, рессоры и другие упругие элементы являются важнейшими деталями различных машин и механизмов. В работе они испытывают многократные переменные нагрузки. Под действием нагрузки пружины и рессоры упруго деформируются, а после прекращения действия нагрузки восстанавливают свою первоначальную форму и размеры. Особенностью работы является то, что при значительных статических и ударных нагрузках они должны испытывать только упругую деформацию, остаточная деформация не допускается. Основные требования к пружинным сталям – обеспечение высоких значений пределов упругости, текучести, выносливости, а также необходимой пластичности и сопротивления хрупкому разрушению, стойкости к релаксации напряжений.

Пружины работают в области упругих деформаций, когда между действующим напряжением и деформацией наблюдается пропорциональность. При длительной работе пропорциональность нарушается из-за перехода части энергии упругой деформации в энергию пластической деформации. Напряжения при этом снижаются.

При изучении темы обратите внимание на явление релаксации пружин.

Пружины изготавливаются из углеродистых (65, 70) и легированных (60С2, 50ХГС, 60С2ХФА, 55ХГР) конструкционных сталей.

Для упрочнения пружинных углеродистых сталей применяют холодную пластическую деформацию посредством дробеструйной и гидроабразивной обработок, в процессе которых в поверхностном слое деталей наводятся остаточные напряжения сжатия.

Повышенные значения предела упругости получают после закалки со средним отпуском при температуре 400...480°С.

Обратите внимание упругие и прочностные свойства пружинных сталей достигаются при изотермической закалке.

Пружинные стали легируют элементами, которые повышают предел упругости – кремнием, марганцем, хромом, вольфрамом, ванадием, бором.

В целях повышения усталостной прочности не допускается обезуглероживание при нагреве под закалку и требуется высокое качество поверхности.

Пружины и другие элементы специального назначения изготавливают из высокохромистых мартенситных (30Х13), мартенситно-старяющих (03Х12Н10Д2Т), аустенитных нержавеющей (12Х18Н10Т), аустенито-мартенситных (09Х15Н8Ю), быстрорежущих (Р18) и других сталей и сплавов.

При изучении пружинных материалов приборостроения, обратите внимание на берилливые бронзы, которые обладают высокой прочностью, твердостью, упругостью и хорошей коррозионной стойкостью.

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 В каких условиях работают пружины и рессоры?
- 2 Каким свойствами должны обладать рессорно - пружинные стали?
- 3 Какими элементами легируются рессорно – пружинные

стали?

4 Что называется релаксацией напряжений?

5 Какую термическую обработку назначают для рессорно – пружинных сталей?

Литература: [1, с. 117]; [3, с. 144, 156]; [4, с. 286 – 288].

## **Тема 2.5 Материалы с малой плотностью**

Студент должен:

*знать:*

– сплавы на основе алюминия: свойства, классификацию, маркировку, применение;

– сплавы на основе магния: свойства, классификацию, маркировку, применение;

*уметь:*

– проводить отбор материалов с малой плотностью, в зависимости от предъявляемых требований.

Сплавы на основе алюминия: свойства алюминия; общая характеристика и классификация алюминиевых сплавов. Сплавы на основе магния: свойства магния: общая характеристика и классификация магниевых сплавов. Особенности алюминиевых и магниевых сплавов.

### **Методические указания**

Алюминий – легкий металл с плотностью 2,7 г/см<sup>3</sup> и температурой плавления 660°С. Имеет гранцентрированную кубическую решетку. Обладает высокой тепло- и электропроводностью. Химически активен, но образующаяся плотная пленка оксида алюминия Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, предохраняет его от коррозии.

Алюминий высокой чистоты маркируется А99 (99,999 % Al), А8, А7, А6, А5, А0 (содержание алюминия от 99,85 % до 99 %).

Технический алюминий хорошо сваривается, имеет высокую пластичность. Из него изготавливают строительные конструкции, малонагруженные детали машин, используют в качестве электро-технического материала для кабелей, проводов.

Принцип маркировки алюминиевых сплавов. В начале указывается тип сплава: Д – сплавы типа дюралюминов; А – технический алюминий; АК – ковкие алюминиевые сплавы; В – высокопрочные сплавы; АЛ – литейные сплавы.

Далее указывается условный номер сплава. За условным номером следует обозначение, характеризующее состояние сплава:

М – мягкий (отожженный); Т – термически обработанный (закалка плюс старение); Н – нагартованный; П – полунагартованный

Обратите внимание, что по технологическим свойствам сплавы подразделяются на три группы:

– деформируемые сплавы, не упрочняемые термической обработкой:

– деформируемые сплавы, упрочняемые термической обработкой;

– литейные сплавы.

Деформируемые сплавы, не упрочняемые термической обработкой.

Прочность алюминия можно повысить легированием. В сплавы, не упрочняемые термической обработкой, вводят марганец или магний. Атомы этих элементов существенно повышают его прочность, снижая пластичность. Обозначаются сплавы: с марганцем – АМц, с магнием – АМг; после обозначения элемента указывается его содержание (АМгЗ).

Магний действует только как упрочнитель, марганец упрочняет и повышает коррозионную стойкость.

Прочность сплавов повышается только в результате деформации в холодном состоянии. Чем больше степень деформации, тем значительно растет прочность и снижается пластичность. В зависимости от степени упрочнения различают сплавы нагартованные и полунагартованные (АМгЗП).

Эти сплавы применяют для изготовления различных сварных емкостей для горючего, азотной и других кислот, мало- и средненагруженных конструкций.

К деформируемым сплавам, упрочняемым термической обработкой относятся дюралюмины (сложные сплавы систем алюминий–медь–магний или алюминий–медь–магний–цинк). Они имеют пониженную коррозионную стойкость, для повышения которой вводится марганец.

Дюралюмины обычно подвергаются закалке с температуры 500°С и естественному старению, которому предшествует двух-, трехчасовой инкубационный период. Максимальная прочность достигается через 4...5 суток.

Широкое применение дюралюмины находят в авиастроении, автомобилестроении, строительстве.

Высокопрочными стареющими сплавами являются сплавы, которые кроме меди и магния содержат цинк. Сплавы В95, В96 имеют предел прочности около 650 МПа. Основным потребителем – авиастроение (обшивка, стрингеры, лонжероны).

Ковочные алюминиевые сплавы АК6, АК8 применяются для изготовления поковок. Поковки изготавливаются при температуре 380...450°C, подвергаются закалке от температуры 500...560°C и старению при 150...165°C в течение 6...15 часов.

В состав алюминиевых сплавов дополнительно вводят никель, железо, титан, которые повышают температуру рекристаллизации и жаропрочность до 300°C.

Изготавливают поршни, лопатки и диски осевых компрессоров, турбореактивных двигателей.

К литейным сплавам относятся сплавы системы алюминий – кремний (силумины), содержащие 10...13% кремния.

Присадка к силуминам магния, меди содействует эффекту упрочнения литейных сплавов при старении. Титан и цирконий измельчают зерно. Марганец повышает антикоррозионные свойства. Никель и железо повышают жаропрочность.

Литейные сплавы маркируются от АЛ2 до АЛ20. Силумины широко применяют для изготовления литых деталей приборов и других средне- и малонагруженных деталей, в том числе тонкостенных отливок сложной формы.

Магний – очень легкий металл, его плотность – 1,74 г/см<sup>3</sup>. Температура плавления – 650°C. Магний имеет гексагональную плотноупакованную кристаллическую решетку. Очень активен химически, вплоть до самовозгорания на воздухе. Механические свойства технически чистого магния (Mg1): предел прочности – 190 МПа, относительное удлинение – 18%, модуль упругости – 4500 МПа.

Основными магниевыми сплавами являются сплавы магния с алюминием, цинком, марганцем, цирконием. Сплавы делятся на деформируемые и литейные.

Сплавы упрочняются после закалки и искусственного старения. Закалку проводят от температуры 380...420°C, старение при температуре 260...300°C в течение 10...24 часов. Особенностью является длительная выдержка под закалку – 4...24 часа.

Магний плохо деформируется при нормальной температуре. Пластичность сплавов значительно увеличивается при горячей обработке давлением (360...520°C). Деформируемые сплавы маркируют МА1, МА8, МА9, ВМ 5-1.

Из деформируемых магниевых сплавов изготавливают детали автомашин, самолетов, прядильных и ткацких станков. В большинстве случаев эти сплавы обладают удовлетворительной свариваемостью.

Литейные сплавы маркируются МЛ3, МЛ5, ВМЛ-1. Послед-



ний сплав является жаропрочным, может работать при температурах до 300°C.

Отливки изготавливают литьем в землю, в кокиль, под давлением. Необходимы меры, предотвращающие загорание сплава при плавке, в процессе литья.

Из литейных сплавов изготавливают детали двигателей, приборов, телевизоров, швейных машин.

Магниевые сплавы, благодаря высокой удельной прочности широко используются в самолето- и ракетостроении.

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Охарактеризуйте свойства алюминия.
- 2 Как классифицируются алюминиевые сплавы?
- 3 Какие сплавы упрочняются путем термической обработки?
- 4 Какие алюминиевые сплавы являются литейными?
- 5 С какой целью производится модифицирование силумина?
- 6 Охарактеризуйте свойства магния.
- 7 Как классифицируются магниевые сплавы?
- 8 Укажите область применения сплавов на основе магния.

Литература: [1, с. 135 - 139]; [3, с. 187 - 191, 205 - 206]; [4, с. 354 - 381].

### **Тема 2.6 Материалы с высокой удельной прочностью**

Студент должен:

*знать:*

- структуру и свойства титановых сплавов;
- особенности термической обработки титановых сплавов;
- маркировку и свойства промышленных титановых сплавов;
- структуру и свойства бериллиевых сплавов.

Титан и сплавы на его основе; свойства титана, общая характеристика и классификация титановых сплавов; особенности обработки. Бериллий и сплавы на его основе; общая характеристика, классификация, применение бериллиевых сплавов; особенности обработки.

### **Методические указания**

Титан серебристо-белый легкий металл с плотностью 4,5 г/см<sup>3</sup>. Температура плавления титана зависит от степени чисто-

ты и находится в пределах 1660...1680°C.

Наличие примесей сильно влияет на свойства. Для технического титана ВТ1, с суммарным содержанием примесей 0,8 %, предел прочности составляет 650 МПа, а относительное удлинение – 20%.

При температуре 882°C титан претерпевает полиморфное превращение,  $\alpha$ -титан с гексагональной решеткой переходит в  $\beta$ -титан с объемно-центрированной кубической решеткой. Наличие полиморфизма у титана создает предпосылки для улучшения свойств титановых сплавов с помощью термической обработки.

Титан имеет низкую теплопроводность. При нормальной температуре обладает высокой коррозионной стойкостью в атмосфере, в воде, в органических и неорганических кислотах (не стоек в плавиковой, крепких серной и азотной кислотах), благодаря тому, что на воздухе быстро покрывается защитной пленкой плотных оксидов. Титановые сплавы имеют ряд преимуществ по сравнению с другими:

- сочетание высокой прочности с хорошей пластичностью;
- малая плотность, обеспечивающая высокую удельную прочность;
- хорошая жаропрочность, до 600...700°C;
- высокая коррозионная стойкость в агрессивных средах.

Однородные титановые сплавы, не подверженные старению, используют в криогенных установках до гелиевых температур.

В результате легирования титановых сплавов можно получить нужный комплекс свойств. Легирующие элементы, входящие в состав промышленных титановых сплавов, образуют с титаном твердые растворы замещения и изменяют температуру аллотропического превращения.

Элементы, повышающие температуру превращения, способствуют стабилизации  $\alpha$ -твердого раствора и называются  $\alpha$ -стабилизаторами, это – алюминий, кислород, азот, углерод.

Элементы, понижающие температуру превращения, способствуют стабилизации  $\beta$ -твердого раствора и называются  $\beta$ -стабилизаторами, это – молибден, ванадий, хром, железо.

Сплавы на основе титана можно подвергать всем видам термической обработки, химико-термической и термомеханической обработке. Упрочнение титановых сплавов достигается легированием, наклепом, термической обработкой.

Часто титановые сплавы легируют алюминием, он увеличивает прочность и жаропрочность, уменьшает вредное влияние

водорода, увеличивает термическую стабильность. Для повышения износостойкости титановых сплавов их подвергают цементации или азотированию.

Основным недостатком титановых сплавов является плохая обрабатываемость режущим инструментом.

По способу производства деталей различаются деформируемые (BT9, BT18) и литейные (BT21Л, BT31Л) сплавы.

Области применения титановых сплавов:

- авиация и ракетостроение (корпуса двигателей, баллоны для газов, сопла, диски, детали крепежа);
- химическая промышленность (компрессоры, клапаны, вентили для агрессивных жидкостей);
- оборудование для обработки ядерного топлива;
- морское и речное судостроение (гребные винты, обшивка морских судов, подводных лодок);
- криогенная техника (высокая ударная вязкость сохраняется до  $-253^{\circ}\text{C}$ ).

Бериллий - металл серо-стального цвета. При нагреве выше  $800^{\circ}\text{C}$  бериллий окисляется. Для предохранения от окисления и создания более благоприятной схемы деформации при обработке бериллия давлением применяют защитные оболочки из меди или низкоуглеродистой стали. Сочетание высокой прочности, незначительной плотности, высокой температуры плавления и хорошей коррозионной стойкости позволяет бериллий использовать в качестве конструкционного материала для авиации, космонавтики и приборостроения. Обнаружено, что массивные детали из бериллия не сгорают в атмосфере космоса; на них образуется толстый слой окислов.

Бериллий имеет малое эффективное сечение захвата тепловых нейтронов ( $0,01 - 0,1$  барн), что делает его одним из лучших материалов для замедлителей и отражателей тепловых нейтронов атомных реакторов и оболочек тепловыделяющих элементов. Обладая большой проникаемостью для рентгеновских лучей, бериллий применяется для «окон» рентгеновских трубок.

Недостатком бериллия является: сложность получения из руд; высокая стоимость; токсичность, требующая применения специальных мер защиты при его производстве, и низкая пластичность. Содержание бериллия в земной коре невелико.

Бериллиевые бронзы, БрБ2, являются высококачественным пружинным материалом. Растворимость бериллия в меди с понижением температуры значительно уменьшается. Это явление используют для получения высоких упругих и прочностных

свойств изделий методом дисперсионного твердения. Готовые изделия из бериллиевых бронз подвергают закалке от 800°C, благодаря чему фиксируется при комнатной температуре пересыщенные твердый раствор бериллия в меди. Затем проводят искусственное старение при температуре 300...350°C. При этом происходит выделение дисперсных частиц, возрастают прочность и упругость. После старения предел прочности достигает 1100...1200 МПа.

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Какими свойствами обладает титан?
  - 2 Назовите область применения титановых сплавов.
  - 3 Сколько модификаций у титана? Какими свойствами они обладают?
  - 4 Какими свойствами обладает бериллий?
  - 5 Какие недостатки характерны для бериллия?
- Литература: [1, с. 139]; [3, с. 199 - 200]; [4, с. 381 – 390].

### **Тема 2.7 Материалы, устойчивые к воздействию температуры и рабочей среды**

Студент должен:

*знать:*

- особенности процессов химической и электрохимической коррозии;
- основные способы защиты деталей машин и конструкций от коррозии;
- особенности химического состава и свойств коррозионно-стойких материалов;
- понятия и критерии жаропрочности и жаростойкости металлов;
- влияние облучения на механические свойства и коррозионную стойкость металлов и сплавов;

Коррозионно - стойкие материалы. Жаростойкие материалы. Жаропрочные материалы. Хладостойкие материалы. Радиационно - стойкие материалы.

### **Методические указания**

В начале изучения темы следует рассмотреть явление коррозии. Коррозия в зависимости от характера окружающей среды

может быть химической и электрохимической.

Электрохимическая коррозия имеет место в водных растворах, а так же в обыкновенной атмосфере, где имеется влага.

При создании коррозионно-стойких сплавов – сплав должен иметь повышенное значение электрохимического потенциала и быть по возможности однофазным.

Коррозионная стойкость может быть повышена, если содержание углерода свести до минимума, если ввести легирующий элемент, образующий с железом твердые растворы в таком количестве, при котором скачкообразно повысится электродный потенциал сплава.

Важнейшими коррозионно-стойкими техническими сплавами являются нержавеющие стали с повышенным содержанием хрома: хромистые и хромоникелевые.

В хромистых сталях содержание хрома должно быть не менее 13% (13...18%).

Различают стали ферритного класса 08X13, 12X17, 08X25T, 15X28. Стали с повышенным содержанием хрома не имеют фазовых превращений в твердом состоянии и поэтому не могут быть подвергнуты закалке. Значительным недостатком ферритных хромистых сталей является повышенная хрупкость из-за крупнокристаллической структуры. Эти стали склонны к межкристаллитной коррозии (по границам зерен) из-за обеднения хромом границ зерен. Для избежания этого вводят небольшое количество титана. Межкристаллитная коррозия обусловлена тем, что часть хрома около границ зерна взаимодействует с углеродом и образует карбиды. Концентрация хрома в твердом растворе у границ становится меньше 13% и сталь приобретает отрицательный потенциал.

Из ферритных сталей изготавливают оборудование азотно-кислотных заводов (емкости, трубы).

Стали мартенситного класса 20X13, 30X13, 40X13 используются для изготовления режущего инструмента (хирургического), пружин для работы при температуре 400...450°C, предметов домашнего обихода.

Стали аустенитного класса – высоколегированные хромоникелевые стали.

Нержавеющие стали аустенитного класса 04X18H10, 12X18H9T имеют более высокую коррозионную стойкость, лучшие технологические свойства по сравнению с хромистыми нержавеющими сталями, лучше свариваются. Они сохраняют прочность до более высоких температур, менее склонны к росту

зерна при нагреве и не теряют пластичности при низких температурах.

Для уменьшения дефицитного никеля часть его заменяют марганцем (сталь 40X14Г14НЗТ) или азотом (сталь 10X20Н4АГ11).

Аустенитно-ферритные стали 12X21Н5Т, 08X22Н6Т являются заменителями хромоникелевых сталей с целью экономии никеля.

Жаростойкость (окалиностойкость) – это способность металлов и сплавов сопротивляться газовой коррозии при высоких температурах в течение длительного времени.

Если изделие работает в окислительной газовой среде при температуре 500..550<sup>0</sup>С без больших нагрузок, то достаточно, чтобы они были только жаростойкими (например, детали нагревательных печей).

Для повышения жаростойкости следует знать, что в состав стали вводят элементы, которые образуют с кислородом оксиды с плотным строением кристаллической решетки (хром, кремний, алюминий).

Высокой жаростойкостью обладают сильхромы, сплавы на основе никеля – нихромы, стали 08X17Т, 36X18Н25С2, 15X6СЮ.

Жаропрочность – это способность металла сопротивляться пластической деформации и разрушению при высоких температурах (выше 500<sup>0</sup>С).

*Жаропрочные материалы* используются для изготовления деталей, работающих при высоких температурах, когда имеет место явление ползучести.

Критериями оценки жаропрочности являются кратковременная и длительная прочности, ползучесть.

В качестве современных жаропрочных материалов можно отметить перлитные, мартенситные и аустенитные жаропрочные стали, никелевые и кобальтоавые жаропрочные сплавы, тугоплавкие металлы.

Жаропрочные свойства растут с увеличением степени легированности.

Основными жаропрочными аустенитными сталями являются хромоникелевые стали, дополнительно легированные вольфрамом, молибденом, ванадием и другими элементами. Стали содержат 15...20 % хрома и 10...20 % никеля. Обладают жаропрочностью и жаростойкостью, пластичны, хорошо свариваются, но затруднена обработка резанием и давлением, охрупчиваются в интервале температур около 600<sup>0</sup>С, из-за выделения по границам различных фаз.

Увеличение жаропрочности сложнолегированных никелевых сплавов достигается упрочнением твердого раствора введением кобальта, молибдена, вольфрама.

Основными материалами, которые могут работать при температурах выше 900°C (до 2500°C), являются сплавы на основе тугоплавких металлов – вольфрама, молибдена, ниобия и других.

Температуры плавления основных тугоплавких металлов: вольфрам – 3400°C, тантал – 3000°C, молибден – 2640°C, ниобий – 2415°C, хром – 1900°C.

Высокая жаропрочность таких металлов обусловлена большими силами межатомных связей в кристаллической решетке и высокими температурами рекристаллизации.

Конструкционные стали для работы при низких температурах подразделяют на две группы. В первую группу входят стали, предназначенные для эксплуатации при низких климатических температурах (до минус 60°C). Это так называемые стали северного исполнения. Стали второй группы используют в машинах и оборудовании для получения, хранения и транспортировки сжиженных газов с температурами кипения от минус 80 до минус 269°C (углеводородов, кислорода, азота, водорода, гелия и др.). Стали второй группы называют криогенными сталями.

В качестве криогенных материалов для работы в широком диапазоне минусовых температур, используют аустенитные стали, многие из которых являются одновременно коррозионностойкими. Криогенные аустенитные стали могут быть хромоникелевыми, хромомарганцевыми и хромоникельмарганцевыми.

Для работы при температурах выше минус 196°C (температура кипения жидкого азота), могут быть использованы стали, в которых дефицитный никель частично заменен марганцем или совместно марганцем и азотом. Такими сталями являются 10X14Г14Н4Т; 07X21Г7АН5; 03X13П9 и др.

Термическая обработка криогенных сталей одинакова: закалка 1050 - 1150°C в воде для получения однородной аустенитной структуры.

Широкое применение для работы при низких температурах (до минус 196°C) получили также железоникелевые сплавы (стали), содержащие 3,5-9% Ni и до 0,06% С.

При рассмотрении радиационно – стойких материалов ознакомьтесь с ниобием, цирконием и их сплавами.

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Что называется коррозией?
  - 2 Назовите виды коррозии.
  - 3 В чем сущность защиты металлов от коррозии протектами?
  - 4 Какие материалы относятся к коррозионно – стойким?
  - 5 Какие материалы считаются жаростойкими, жаропрочными?
  - 6 Назовите область применения жаропрочных материалов.
- Литература: [1, с. 118 – 119, 150 - 156]; [3, с. 150 – 153, 208 - 212]; [4, с. 316 – 347].

## **Тема 2.8 Неметаллические материалы**

Студент должен:

*иметь представление:*

- о разновидностях неметаллических материалов;
- о свойствах неметаллических материалов;
- о перспективах их применения в технике;

*знать:*

– основные виды и свойства неметаллических материалов, применяемых в промышленности.

Неметаллические материалы, их классификация, свойства, достоинства и недостатки, применение в промышленности.

Пластмассы. Простые и термопластичные пластмассы: полиэтилен, полистирол, полихлорвинил, фторопласты и др. Сложные пластмассы: гетинакс, текстолит, стеклотекстолит. Каучук. Процесс вулканизации. Материалы на основе резины. Состав и общие свойства стекла. Ситаллы: структура и применение. Древесина, ее основные свойства. Разновидности древесных материалов.

### **Методические указания**

Неметаллические материалы разделяются на классы: пластические массы, конструкционную керамику, стекла, каучуки и резиновые материалы, композиты на основе пластмасс и с органическим армированием. В свою очередь каждый класс имеет свою специальную классификацию - пластические массы делятся на термопласты, термоэластопласты, олигомеры и реактопласты, конструкционная керамика классифицируется преимущественно по составу - на основе оксидов, карбидов, нитридов и т.п. Стекла разделяют по механическим свойствам:



ударопрочное, термостойкое, радиационностойкое, многослойное (триплекс). Каучуки делят на натуральные и синтетические и по назначению - для изготовления шин и технических изделий.

В отличие от металлических материалов поведение полимеров при внешних воздействиях является феноменальным. При повышении температуры растянутые молекулы резины сжимаются в клубок и нагруженная полоска резины сокращается. Полимер может обратимо деформироваться в сотни процентов, но если он эксплуатируется в условиях быстро меняющейся нагрузки, то эта способность к большим деформациям не реализуется, и полимер ведет себя как малопадатливый материал.

Обратите внимание, главный недостаток полимеров - химическая и термическая деструкция (разрушение химических связей и тепловой распад - диссоциация), которая протекает не только на поверхности, как коррозия металлов, но и внутри массы. Физическое старение полимеров обусловлено действием остаточных механических напряжений, кристаллизацией, улетучиванием растворителей или пластификаторов.

*Полимер* - вещество, характеризующиеся многократным повторением одного или более составных звеньев, соединенных между собой в количестве, достаточном для проявления комплекса свойств, которое остается практически неизменным при добавлении или удалении нескольких составных звеньев.

*Олигомер* - вещество, молекулы которого содержат составные звенья, соединенные повторяющимся образом друг с другом, комплекс свойств которого изменяется при добавлении или удалении одного или нескольких составных звеньев.

К основным группам ингредиентов относят наполнители, пластификаторы, стабилизаторы, красители, сшивающие агенты, структурообразователи, смазки, антистатиками, антимикробные агенты, антифрикционные добавки, отвердители, ускорители отверждения. По структуре макромолекул полимеры бывают линейными, разветвленными и сшитыми (сетчатыми, трехмерными). Полимеры в зависимости от их строения и внешних условий могут находиться в двух фазовых состояниях: аморфном и кристаллическом.

В зависимости от поведения при нагревании полимеры условно подразделяются на *термопластичные (термопласты)* и *терморективные (реактопласты)*.

*Термопластичные* полимеры (линейные и разветвленные) при нагревании выше температуры стеклования размягчаются,

приобретают высокую пластичность, а при охлаждении они вновь отвердевают, могут растворяться в соответствующих растворителях.

*Терморезистивные* полимеры в зависимости от числа поперечных сшивок в сетчатых структурах при нагревании не способны к размягчению или размягчаются незначительно, но в вязкотекучее состояние не переходят, в растворителях стойки или незначительно набухают. Термоэластопласты близки по свойствам к обычным резинам, но в отличие от них перерабатываются высокопроизводительными методами переработки пластмасс.

Пластические массы в исходном состоянии представляют собой порошки, гранулы, листы и пленки, пригодные для формования из них изделий. Важнейшими из пластических масс являются фенопласты (общего назначения и ударопрочные), полиамиды, полиолефины, материалы на основе акрилатов - дакрил - 2М. Перечисленные пластические массы применяются для изготовления хозяйственной утвари, деталей автомобилей, кораблей, как покрытия - пленки на металлических материалах, дереве и т.п.

Достоинством пластмасс является их низкая плотность, коррозионная стойкость, высокая ударная вязкость и удельная прочность, электроизолирующие свойства.

Резиновые изделия отвечают разнообразным требованиям в отношении теплостойкости, морозостойкости, химической стойкости, твердости, эластичности и упругости. Исходным материалом для резин служат натуральный (НК) и синтетический каучук. Натуральный каучук - полимер изопрена (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>).

Эластомерами называют полимеры, обладающие в широком температурном интервале высокой эластичностью - способностью подвергаться значительным (до 1000%) обратимым деформациям. Общим признаком эластомеров является макромoleкулярное строение, а также способность к вулканизации. Переход пластичного каучука в эластичную резину называется вулканизацией, которая представляет собой процесс «поперечного сшивания» линейных макромoleкул в редкосетчатую структуру. В качестве агентов применяют серу, тиурам, диазосоединения. Свойства резин определяются разновидностью использованных каучуков: изопреновый, бутадиеновый, бутадиенстирольный, этиленпропиленовый, бутилкаучук. Резины наиболее широкое применение нашли в производстве автомобильных шин, шиноремонтных материалов,

производстве резинотехнических изделий - товарные или невулканизированные смеси, предназначенные для теплого формования изделий.

Термоэластопласты в отличие от резин не имеют стадии вулканизации, перерабатываются в изделия обычными способами: экструзия, инъекция, шприцевание и прессование. На основе бутадиен- и изопренстирольных термоэластопластов изготавливают светлые прорезиненные ткани на синтетической основе, шланги, специальные виды деталей. Термоэластопласты обладают большей в 2 раза стойкостью к истиранию и высоким сопротивлением к расслаиванию, чем резина. Термоэластопласты в отличие от резин способны к многократной переработке. По механическим свойствам они также превосходят обычные резины, однако частично уступают им по масло- и кислотостойкости.

*Неорганическое стекло* - это химически сложный, аморфный, макроскопически изотропный материал, обладающий механическими свойствами хрупкого тела. Стекло получается после охлаждения расплава смеси неорганических соединений. Свойства стекол изотропны, при нагревании они не плавятся при строго постоянной температуре, а постепенно размягчаются в определенном диапазоне, по структуре они истинные твердые растворы. Наиболее распространены стекла на основе диоксида кремния - *силикатные стекла*, широко используются также алюмо-силикатные, боро-силикатные, стекла, и не содержащие кислород - халькогенидные стекла.

По функциональному назначению компоненты стекол разделяются на *стеклообразователи*, *модификаторы* и *компенсаторы*. Стеклообразователи - неорганические полимеры, имеющие сетчатую структуру, служат для перевода основного оксида в аморфное состояние. Модификаторы придают стеклу нужные свойства, а компенсаторы подавляют негативное влияние первых. Например, бромистое серебро делает стекло фототропным, оксиды железа, свинца, хрома, кобальта придают нужный цвет, оксид ванадия изменяет электропроводность.

Поверхность стекол имеет множество трещин, именно они катастрофически снижают прочность на изгиб и отрыв. Появления трещин на поверхности стекол связано с их неблагоприятными теплофизическими свойствами - стекла теплоизоляторы, имеют высокие значения коэффициентов термического расширения. Для получения высокопрочных стекол их

поверхность модифицируют. Обрабатывают различными реактивами: плавиковая кислота, растворы щелочей, легируя стекло литием, калием, наносят полимерные пленки, проводят закалку для создания в поверхности стекла напряжений сжатия.

Техническое стекло применяется в виде листов, специальных электроизолирующих деталей и волокон.

*Ситаллы* - это частично закристаллизовавшиеся стекла (содержат дополнительно  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ), получаемые регулируемой кристаллизацией при повышенных температурах с помощью специально вводимых центров кристаллизации (микрочастиц  $\text{Cu}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Au}$ ,  $\text{Ag}$ ,  $\text{Pt}$  и  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{V}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}$ ). По структуре ситаллы занимают промежуточное положение между обычными стеклами и керамикой. Ситаллы - многокомпонентные, гетерогенные, многофазные системы. Ситаллы обладают специфическим комплексом физико-механических свойств. Например, ситалл - пирокерам прочнее прокатанного стекла, высокоуглеродистой стали, легче алюминия, а по коэффициенту термического расширения и термостойкости не отличается от кварца. Пирокерам применяется как материал подшипников скольжения, работающих при нагрузке 800 МПа при температуре до 800 °С без смазки. Ситаллы используются и в виде жаростойких покрытий. Из них делают трубы для химической промышленности.

*Керамика* - это многокомпонентный, гетерогенный материал, получаемый спеканием высокодисперсных минеральных частиц (глин, оксидов, карбидов, нитридов и др.) Конструкционную керамику получают методами порошковой металлургии. Структура технической керамики и ее свойства конструируется из составляющих ее элементов - носителей свойств. Керамические изделия выпускаются с зернистой и армированными (волоконная, слоистая) структурами. Для получения высокопрочной керамики используют ультратонкие полидисперсные порошки (диаметром несколько нм) из  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{ZrO}_2$ . Обычные керамические изделия применяются в качестве огнеупорных элементов металлургического оборудования или как футеровка реактивных двигателей и плазматронов. Для получения годной конструкционной керамики важно обеспечить низкую плотность и высокое сопротивление изгибу.

Для этого применяют технологию горячего изостатического прессования порошков. Так снижение пористости с 25% до 5% у керамики из карбида кремния  $\text{SiC}$  повышает  $b_{\text{н}}$  с 150 до 900

МПа. Кроме того, в состав керамической смеси вводят легкоплавкие оксиды (MgO), создающие жидкую фазу при спекании, смачивающие поверхности более тугоплавкого компонента. MgO также снижает хрупкость разрушения керамического материала на основе ZrO. Наибольшую прочность имеет нитридная керамика (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)  $\sigma_{\text{в}}$  до 1030 МПа. Из высокоплотной нитридной керамики с ориентированной структурой изготавливают лопатки газотурбинных компрессоров, поршни и цилиндры двигателей. Достоинством конструкционной керамики является небольшая плотность до 4 г/см<sup>3</sup>.

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Какими достоинствами и недостатками обладают полимеры?
  - 2 Какие материалы входят в состав пластмасс?
  - 3 С какой целью применяются наполнители в пластмассах?
  - 4 Как термопластичные и терморезистивные пластмассы реагируют на нагревание?
  - 5 Укажите область применения термопластов и реактопластов.
  - 6 Какие материалы называются эластомерами?
  - 7 Объясните роль порошковых наполнителей резины.
  - 8 На какие группы по функциональному назначению разделяются компоненты стекол?
  - 9 Какие свойства придают стеклу модификаторы?
  - 10 Укажите область применения ситаллов.
  - 11 Укажите основные достоинства и недостатки керамики.
  - 12 Перечислите области применения керамики.
- Литература: [1, с. 157 – 187]; [3, с. 214 – 243].

## **Раздел 3 МАТЕРИАЛЫ С ОСОБЫМИ ФИЗИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ**

### **Тема 3.1 Материалы с особыми магнитными свойствами**

Студент должен:

*знать:*

– классификацию материалов по магнитным характеристикам и свойствам;

- классификацию, характеристики, основные требования и маркировку магнитно-твердых материалов;
- принципы подбора материалов с магнитными свойствами.

Общие сведения о ферромагнетиках, их классификация. Магнитно - мягкие материалы. Низкочастотные магнитно-мягкие материалы. Высокочастотные магнитно - мягкие материалы. Магнитно - твердые материалы: общие требования, литые материалы, порошковые материалы, деформируемые сплавы.

### **Методические указания**

Магнитными (или ферромагнетиками) называются такие материалы, которые под действием внешнего магнитного поля способны намагничиваться, т.е. приобретать особые магнитные свойства.

Основные магнитные материалы – это железо, никель, кобальт и различные сплавы на основе железа. Согласно поведению в магнитном поле все магнитные материалы делят на две основные группы: магнитно-мягкие и магнитно-твердые.

Магнитно-мягкие материалы обладают способностью легко намагничиваться и размагничиваться, а также перемагничиваться в переменных магнитных полях. Основными магнитно-мягкими материалами, применяемыми в электротехнике являются: электротехнические стали, пермаллои, альсиферы.

Электротехнические стали – это сплавы железа с кремнием, содержание которого 0,8 – 4,8%. Кремний повышает удельное сопротивление стали, что снижает потери на вихревые токи, а также улучшает магнитные характеристики сталей. Но при наличии кремния выше 5% сталь становится очень хрупкой.

Электротехнические стали изготавливают прокаткой заготовок в нагретом или не нагретом состоянии, поэтому различают горячекатаные и холоднокатаные стали. Холоднокатаные стали, у которых кристаллы железа расположены преимущественно в направлении прокатки, называются текстурованными. Они обладают лучшими магнитными свойствами по сравнению с горячекатаными сталями.

Электротехнические стали обозначаются буквой Э.

Цифры 1, 2, 3 и 4 на первом месте после буквы Э обозначают степень легирования кремнием, а именно:

– слаболегированная сталь, с содержанием кремния в пределах 0,8 – 1,8%;

– среднелегированная сталь, с содержанием кремния в пределах 1,8 – 2,8%;

– повышено-легированная сталь, с содержанием кремния в пределах 2,8 – 3,8%;

– высоколегированная сталь, с содержанием кремния в пределах 3,8 – 4,8%.

Вторые цифры (от 1 до 8) характеризуют потери при перемагничивании. Причем, чем больше цифра, тем меньше потери.

Третья цифра (0), означает холоднокатаную текстурованную сталь, третья и четвертая цифры (00) означают холоднокатаную мало текстурованную сталь.

Электротехнические стали прокатываются в листы и ленты толщиной от 0,05 до 1,5 мм и являются доступным и дешевым материалом. Они широко используются в производстве сердечников трансформаторов, электрических машин и аппаратов.

Пермаллой – железоникелевые сплавы с содержанием никеля от 36 до 80%. С целью улучшения свойств в них вводят молибден, хром, медь. Пермаллой обладают большими значениями удельного электрического сопротивления, и, следовательно, малыми потерями на вихревые токи. Это дает возможность использовать их при изготовлении магнитных усилителей, реле, трансформаторов слабого тока, измерительных трансформаторов, электроизмерительных приборов, телефонных и радиотехнических аппаратов.

Большим недостатком пермаллоев является высокая чувствительность к механическим воздействиям, включая простые удары.

Альсиферы представляют собой сплавы на основе железа с добавлением 5,5 – 13% алюминия и 9-10% кремния. Это хрупкие, твердые сплавы, не поддающиеся ни ковке, ни прокатке. Детали из них изготавливают литьем, а обрабатывают шлифованием. Область применения альсиферов: магнитные экраны, корпуса приборов, магнитопроводы для работы при постоянном или медленно меняющемся магнитном поле.

К группе магнито-твердых относятся материалы, которые, будучи один раз намагничены, сохраняют состояние намагниченности в течение ряда лет, т.е. служить источниками

постоянного магнитного поля. Магнито-твердые материалы применяют для изготовления постоянных магнитов.

Наиболее простыми и доступными материалами для постоянных магнитов являются легированные стали с добавками вольфрама, хрома, молибдена, кобальта, закаленные на мартенсит. Однако, эти стали находят ограниченное применение ввиду невысокого уровня их магнитных характеристик.

Большую магнитную энергию имеет тройной сплав Al-Ni-Fe (алюминий-никель-железо), так называемый сплав ални. При добавке кобальта или кремния к этому сплаву магнитные свойства становятся еще выше. Сплав ални с добавкой кремния называется алниси. Сплав ални с кобальтом называется алнико. Недостатком этих сплавов является то, что они не поддаются обычным методам механической обработки вследствие большой твердости и хрупкости. Магниты из этих сплавов можно обрабатывать только шлифованием.

Магниты очень малых размеров или сложной формы получают из металлокерамических материалов. Металлокерамические магниты изготавливают на основе порошков из сплавов: железо-никель-алюминий или железо-никель-алюминий-кобальт. Изготовление их сводится к прессовке порошка, состоящего из измельченных сплавов и к дальнейшему спеканию при высоких температурах.

Подробно рассмотрите перечисленные выше группы магнитных материалов, их свойства и маркировку, область применения.

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Как классифицируются магнитные стали и сплавы?
- 2 Перечислите требования, предъявляемые к магнитомягким и магнитотвердым материалам.
- 3 Какие вы знаете магнито - мягкие стали и сплавы? Укажите их состав, свойства и назначение.
- 4 Какие вы знаете магнито - твердые материалы? Укажите их состав, термическую обработку, свойства и назначение.
- 5 Какие вы знаете материалы со специальными магнитными свойствами? Укажите их свойства и область применения.

Литература: [1, с. 119]; [3, с. 154 – 155]; [4, с. 347 – 351].

### **Тема 3.2 Материалы с особыми тепловыми свойствами**



Студент должен:

*знать:*

– классификацию, маркировку и свойства материалов с особыми тепловыми свойствами.

Сплавы с заданным температурным коэффициентом линейного расширения. Сплавы с заданным температурным коэффициентом модуля упругости.

### **Методические указания**

В ряде случаев требуются сплавы с самыми разнообразными свойствами, например, сплавы с коэффициентом линейного расширения, равным коэффициенту линейного расширения стекла, или с коэффициентом, равным нулю, а так же с максимальным коэффициентом. Легируя железо разным количеством никеля, можно получить сплавы с различным коэффициентом линейного расширения. Сплав с 36% Ni называют *инваром* (неизменный), он практически не расширяется при нагреве. Если заменить часть никеля кобальтом получается сплав - *суперинвар* с еще меньшим коэффициентом теплового расширения. Сплав с 48% Ni имеет коэффициент линейного расширения как у стекла и платины, он получил название *платинита*. В ряде случаев требуется металл с постоянным, не изменяющимся с температурой модулями упругости (E, G), применяемый для деталей различных точных приборов. Такие сплавы называют *элинварами* (постоянная упругость), они содержат 36 % Ni, 8 % Cr, остальное - железо. Температурный коэффициент модуля нормальной упругости сплава Н35ХМВ настолько мал, что, например, обеспечивает температурную погрешность хода часов порядка 0,5 секунд в сутки на 1 °С. Элинвары применяют в нагартованном состоянии, Н35ХМВ - после закалки с отпуском или закалки с последующей пластической деформацией.

### **Вопросы для самопроверки**

1 Назовите сплавы с заданным температурным коэффициентом линейного расширения, их свойства, область применения.

2 Назовите сплавы с заданным температурным коэффициентом модуля упругости, их свойства, область применения.

Литература: [3, с. 156]; [4, с. 351 – 352].

### **Тема 3.3 Материалы с особыми электрическими свойствами**

Студент должен:

*знать:*

- классификацию материалов по их электропроводимости;
- влияние технологических и эксплуатационных параметров на свойства проводниковых и полупроводниковых материалов;

- металлы и сплавы высокой проводимости;

- сплавы с повышенным электрическим сопротивлением;

- свойства диэлектриков, их классификацию;

*уметь:*

- выбирать материалы с особыми электрическими свойствами в зависимости от предъявленных требований.

Материалы высокой электрической проводимости: электрические свойства проводниковых материалов, проводниковые материалы. Полупроводниковые материалы: строение и свойства, методы получения, легирование полупроводников и получение р-п переходов. Диэлектрики, электроизоляционные лаки, эмали и компаунды.

### **Методические указания**

В начале изучения темы следует рассмотреть вопрос деления материалов в зависимости от величины электропроводимости.

Материалы с малым удельным электрическим сопротивлением используют в качестве проводниковых для изготовления обмоток электрических машин, аппаратов, реле и передачи электрической энергии потребителям (линии электропередач, кабели, различного рода проводники). Наибольшее распространение получили медь, алюминий, железо и их сплавы.

Из проводниковых материалов с большим удельным электрическим сопротивлением в электротехнике широко применяют различные металлические сплавы. В зависимости от сочетания свойств и назначения этих материалов к ним предъявляются различные требования. Так, к материалам, применяемым в производстве точных образцовых приборов, предъявляются требования высокой стабильности сопротивлений во времени (отсутствие старения) и при широких колебаниях температуры. Этим

требованиям удовлетворяют такие сплавы, как манганин, константан и нейзильбер. Сплавы, имеющие относительно большую термоЭДС, применяют для изготовления термопар. Наиболее часто встречаются следующие пары: хромель-копель, хромель-алюмель, копель-медь, константан-медь. Термопары легко устанавливаются в труднодоступных местах, выдерживают большие температуры.

*Электроизоляционные материалы* (диэлектрики) обладают большим удельным объемным сопротивлением порядка ( $10^{10} - 2 \cdot 10^{20}$  Ом•м) и служат для изоляции токоведущих частей с разными электрическими потенциалами. Диэлектрики различают по физическому состоянию (при температуре 20 °С) – газообразные, жидкие и твердые.

Электроизоляционные материалы характеризуются электрическими, механическими, физико-химическими и тепловыми свойствами. Основные из них следующие: удельное электрическое сопротивление, диэлектрическая проницаемость, тангенс угла диэлектрических потерь, предел прочности при растяжении и нагревостойкость.

Из газообразных диэлектриков широко используют воздух (в подавляющем большинстве электротехнических изделий и устройств). При повышении давления электрическая прочность воздуха возрастает, что используется, например, в образцовых конденсаторах напряжением 1-35 кВ, имеющих стабильные характеристики при очень низких потерях энергии.

В высоковольтных кабелях применяют химически инертный газ азот под давлением. В конструкциях высоковольтных аппаратов используется элегаз, имеющий более высокую, чем воздух, электрическую прочность, что позволяет существенно снизить объем аппаратов. На элегазе выполняют взрывобезопасное электрооборудование, так как он химически инертен и не реагирует с медью и алюминием.

Жидкие диэлектрики - нефтяные масла и синтетические жидкие диэлектрики - широко применяются в электротехнической промышленности. Нефтяные масла используют для заливки маслонаполненных трансформаторов, выключателей, силовых кабелей, конденсаторов, высоковольтных выводов изоляторов. Синтетические жидкие диэлектрики используют при заливке бумажных конденсаторов и других электротехнических изделий. Удельное объемное сопротивление жидких диэлектриков находится в диапазоне  $10^{12} - 10^{15}$  Ом•см.

Твердые электроизоляционные материалы классифицируют

по структуре, составу и области применения. К твердым диэлектрикам относят и те материалы, которые в процессе производства из жидких превращаются в твердые (например, лаки, заливочные составы - компаунды).

Волокнистые электроизоляционные материалы относятся к группе твердых диэлектриков, отличаются высокой пористостью и гигроскопичностью (способностью к поглощению влаги), поэтому для повышения электрической прочности их обычно пропитывают электроизоляционными лаками или составами.

Древесина используется как конструктивно-изоляционный материал в масляных трансформаторах и выключателях (бук, граб); при изготовлении высоковольтных штанг и древесно-слоистых пластиков используют березу и лиственницу.

Электроизоляционные бумаги и картоны различного типа и назначения изготавливают как из органической целлюлозы, так и из неорганических волокон стекла; асбеста. Основное применение - изоляция обмоточных проводов и кабелей, пазов электрических машин, трансформаторов, диэлектрик конденсаторов.

Пряжи, ткани, ленты с последующей пропиткой электроизоляционными жидкими составами применяют для изоляции проводов. Лакоткани, лакобумага служат для изоляции проводов, обмоток электрических машин, аппаратов, трансформаторов.

Слоистые пластики получают прессованием различных материалов: бумаги (гетинакс), асбеста (асбоцемент), древесного шпона (древесно-слоистый пластик). Эти материалы применяют для изготовления изоляционных прокладок и деталей, для изоляции сердечников высоковольтных вводов.

Пластмассы изготавливают со всевозможными наполнителями. Их электрическая прочность 5-24 кВ/мм.

Слюда имеет электрическую прочность не менее 18 кВ/мм и служит основным диэлектриком в конденсаторах и обмотках электрических машин.

Керамические материалы служат для производства различных изоляторов, установочных деталей (каркасы катушек, детали выключателей и разъемов).

Стекло применяют для изготовления изоляторов стекловолокна, стеклоткани и стеклобумаги.

Резину выпускают мягкую и твердую. Мягкую резину используют для изоляции токоведущих жил в проводах и кабелях; для изготовления изоляционных прокладок и защитных средств (перчаток, ковриков, бот). Из твердой резины (эбонита) изготавливают различные электроизоляционные изделия.

В последнее время широкое распространение получили высокополимерные электроизоляционные материалы: полистирол, полиэтилен, поликапролактан (капрон), винипласт, фторопласт, эскапон, эбонит и др. Они обладают электрической прочностью в пределах 2-42 кВ/мм и применяются для изготовления каркасов катушек, электроизоляционных и конструктивных деталей аппаратов низкого напряжения.

*Полупроводник* - вещество, которое по проводимости занимает промежуточное положение между проводниками и диэлектриками. Электропроводность полупроводников сильно зависит от температуры, освещенности, действия электромагнитного излучения и наличия примесей.

Полупроводниковые материалы разделены на три группы:

- простые полупроводники - химические элементы, которыми являются В - бор, Si - кремний, Ge - германий, P - фосфор, As - мышьяк, S - сера, Sb - сурьма, Te - теллур, I - йод; Se - селен;
- полупроводниковые химические соединения;
- многофазные полупроводниковые материалы с полупроводящей или проводящей фазой из карбида кремния, графита и т.д.

Ознакомьтесь с основными полупроводниковыми материалами, их свойствами и областями применения (кремний, германий, карбид кремния, арсенид галлия, антимонид индия, сульфиды, селениды и теллуриды типа ZnS, CdSe, CdTe, закись меди  $Cu_2O$ ).

Из полупроводниковых материалов изготавливают диоды, транзисторы, солнечные батареи, термоэлектрические генераторы, различные датчики.

### **Вопросы для самопроверки**

1 На какие группы подразделяются материалы в зависимости от величины электропроводимости?

2 Перечислите проводниковые материалы, назовите их свойства и области применения.

3 Перечислите полупроводниковые материалы, назовите их свойства и области применения.

4 Перечислите диэлектрические материалы, назовите их свойства и области применения.

Литература: [6, с. 13 - 75].

## **Раздел 4 ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

## **Тема 4.1 Материалы для режущих и измерительных инструментов**

Студент должен:

*знать:*

- основные свойства, которыми должен обладать материал для режущих инструментов;
- условия работы инструментов;
- классификацию инструментальных сталей, марки, состав;
- спеченные твердые сплавы и область их применения;
- сверхтвердые материалы и область их применения;
- принципы подбора материалов для режущих и измерительных инструментов.

Материалы для режущих инструментов: углеродистые стали, низколегированные стали, быстрорежущие стали, спеченные твердые сплавы, сверхтвердые материалы стали для измерительных инструментов.

### **Методические указания**

Инструментальная сталь для режущего инструмента должна обладать высокой твердостью, износостойкостью, достаточной прочностью и вязкостью (для инструментов ударного действия).

Следует знать, что режущие кромки могут нагреваться до температуры 500...900°C, поэтому важным свойством является теплостойкость, т. е., способность сохранять высокую твердость и режущую способность при продолжительном нагреве (красностойкость).

Углеродистые инструментальные стали содержат 0,65...1,35% углерода.

Стали У7...У13А – обладают высокой твердостью, хорошо шлифуются, дешевы и недефицитны.

Из сталей марок У7, У8А изготавливают инструмент для работы по дереву и инструмент ударного действия, когда требуется повышенная вязкость – пуансоны, зубила, штампы, молотки.

Стали марок У9...У12 обладают более высокой твердостью и износостойкостью – используются для изготовления сверл, метчиков, фрез.

Сталь У13 обладает максимальной твердостью, используется для изготовления напильников, граверного инструмента.

Для снижения твердости и создания благоприятной структуры, все инструментальные стали до изготовления инструмента подвергают отжигу.

Окончательная термическая обработка – закалка с последующим отпуском.

Для напильников, метчиков, плашек отпуск проводят при температуре 150...200°C, при этом обеспечивается получение максимальной твердости - HRC 62...64.

Основными недостатками углеродистых инструментальных сталей является их невысокая прокаливаемость (5...10 мм), низкая теплостойкость (до 200°C), то есть инструменты могут работать только при невысоких скоростях резания.

Легируемые инструментальные стали содержат 0,9...1,4 % углерода. В качестве легирующих элементов содержат хром, вольфрам, ванадий, марганец, кремний и другие. Общее содержание легирующих элементов до 5%.

Высокая твердость и износостойкость в основном определяются высоким содержанием углерода. Легирование используется для повышения закаливаемости и прокаливаемости, сохранения мелкого зерна, повышения прочности и вязкости.

Термическая обработка включает закалку и отпуск.

Повышенное содержание кремния (сталь 9ХС) способствует увеличению прокаливаемости до 40 мм и повышению устойчивости мартенсита при отпуске. Недостатками сталей, содержащих кремний, являются чувствительность их к обезуглероживанию при термообработке, плохая обрабатываемость резанием и деформированием из-за упрочнения феррита кремнием.

Повышенное содержание марганца (стали ХВГ, 9ХВСГ) способствует увеличению количества остаточного аустенита, что уменьшает деформацию инструмента при закалке. Это особенно важно для инструмента, имеющего большую длину при малом диаметре, например, протяжек.

Хром увеличивает прокаливаемость и твердость после закалки.

Стали используются для изготовления инструмента и ударного, и режущего.

Быстрорежущие стали получили свое название за свойства. В следствии высокой теплостойкости (550...650°C), изготовленные из них инструменты могут работать с достаточно высокими скоростями резания.

Стали содержат 0,7...1,5 % углерода, до 18 % основного легирующего элемента – вольфрама, до 5 % хрома и молибдена, до

10 % кобальта

Добавление ванадия повышает износостойкость инструмента, но ухудшает шлифуемость. Кобальт повышает теплостойкость до 650°C и вторичную твердость HRC 67...70.

При термической обработке быстрорежущих сталей применяют обработку холодом. После закалки сталь охлаждают до температуры минус 80°C, после этого проводят однократный отпуск при температуре плюс 560°C для снятия напряжений.

Иногда для повышения износостойкости быстрорежущих сталей применяют низкотемпературное цианирование.

Основными видами режущих инструментов из быстрорежущей стали являются резцы, сверла, долбяки, протяжки, метчики машинные, ножи для резки бумаги. Часто из быстрорежущей стали изготавливают только рабочую часть инструмента.

Основными требованиями, предъявляемыми к сталям, из которых изготавливаются измерительные инструменты, являются высокая твердость и износоустойчивость, стабильность в размерах в течение длительного времени. Последнее требование обеспечивается минимальным температурным коэффициентом линейного расширения и сведением к минимуму структурных превращений во времени.

Для изготовления измерительных инструментов применяются:

- высокоуглеродистые инструментальные стали, легированные и углеродистые (стали У12, X, X9, XГ), после закалки и стабилизирующего низкотемпературного (120...170 °С) отпуска в течение 10...30 ч. До отпуска желательно провести обработку холодом. Получают твердость 62...67 HRC;

- малоуглеродистые стали (сталь 15, 20) после цементации и закалки с низким отпуском;

В качестве материалов для инструментов используются твердые сплавы, которые состоят из твердых карбидов и связующей фазы. Они изготавливаются методами порошковой металлургии.

Характерной особенностью твердых сплавов является очень высокая твердость 87...92 HRC при достаточно высокой прочности. Твердость и прочность зависят от количества связующей фазы (кобальта) и величины зерен карбидов. Чем крупнее зерна карбидов, тем выше прочность. Твердые сплавы отличаются большой износостойкостью и теплостойкостью. Основными элементами твердых сплавов являются карбиды вольфрама, титана, тантала. Наиболее распространенными сплавами группы ВК яв-



ляются сплавы марок ВК3, ВК6, ВК8, ВК20, где число показывает содержание кобальта в процентах, остальное – карбиды вольфрама WC. Сплавы группы ТК марок Т30К6, Т14К8 – первое число показывает содержание карбидов титана в процентах, второе – содержание кобальта в процентах. Сплавы этой группы лучше противостоят изнашиванию, обладают большей твердостью, тепло- и жаростойкостью, стойкостью к коррозии, но меньшей теплопроводностью и большей хрупкостью. Используются на средних и высоких скоростях резания.

Сплавы с малым количеством кобальта обладают повышенной твердостью и износостойкостью, но минимальной прочностью, Поэтому их используют для чистового точения (ВК3, Т30К4).

Сплавы с повышенным содержанием кобальта используют для чернового точения (ВК8, Т14К8).

Износостойкость инструментов из твердых сплавов превышает износостойкость инструментов из быстрорежущих сталей в 10...20 раз и сохраняется до температур 800...1000°С.

80 % добываемых природных алмазов и все синтетические алмазы используются в качестве инструментальных материалов.

Алмазный инструмент изготавливается в виде алмазосодержащих кругов с бакелитовой или металлической связкой.

Также изготавливают алмазные резцы (для обработки корпусов часов), фильеры (для волочения проволоки из высокотвердых и драгоценных металлов) и др.

Эльбор (кристаллический нитрид бора) по твердости близок к алмазу, теплостойкость выше 1200°С, химически инертный к углероду.

Такое сочетание свойств позволяет применять его при чистовом и тонком точении закаленных сталей, чугунов и других труднообрабатываемых материалов. При этом износостойкость резцов со вставками из эльбора в десять раз превосходит стойкость резцов с пластинками из твердых сплавов и минералокерамики.

Порошки алмаза и эльбора применяют для изготовления шлифовальных кругов, брусков, а также в свободном виде для притирки и полирования.

### **Вопросы для самопроверки**

1 Какими свойствами должны обладать стали для режущего инструмента?

- 2 Какие стали используются для режущего инструмента?
  - 3 Какие стали используются для измерительного инструмента?
  - 4 Какие требования предъявляются к сталям для измерительного инструмента?
  - 5 Укажите и расшифруйте основные марки быстрорежущей стали.
  - 6 Какова область применения твердых сплавов?
  - 7 Что изготавливают из порошков алмаза и эльбора?
- Литература: [1, с. 79; с. 120 - 123]; [3, с. 145 - 149].

#### **Тема 4.2 Стали для инструментов обработки металлов давлением**

Студент должен:

*знать:*

- основные свойства сталей для штампов и других инструментов холодной обработки давлением;
- классификацию, обозначение, состав и основные свойства сталей для обработки металлов давлением;
- принципы подбора материалов для инструментов обработки металлов давлением.

Стали для инструментов холодной обработки давлением. Стали для инструментов горячей обработки давлением: стали для молотовых штампов, стали для штампов горизонтально-ковочных машин и прессов.

#### **Методические указания**

Инструмент, применяемый для обработки металлов давлением (штампы, пуансоны, матрицы) изготавливают из штамповых сталей.

Следует различать стали для штампов холодного и горячего деформирования.

Стали для штампов холодного деформирования должны обладать высокой твердостью, износостойкостью, прочностью, вязкостью (чтобы воспринимать ударные нагрузки), сопротивлением пластическим деформациям.

Для штампов небольших размеров (до 25 мм) используют углеродистые инструментальные стали У10, У11, У12 после закалки и низкого отпуска на твердость 57...59 HRC. Это позволяет получить хорошую износостойкость и ударную вязкость.

Для более крупных изделий применяют легированные стали Х, Х9, Х6ВФ. Для повышения износостойкости инструмента после термической обработки проводят цианирование или хромирование рабочих поверхностей.

Если штамповый инструмент испытывает ударные нагрузки, то используют стали, обладающие большей вязкостью (стали 4ХС4, 5ХНМ). Это достигается снижением содержания углерода, введением легирующих элементов и соответствующей термической обработкой. После закалки проводят высокий отпуск при температуре 480...580°С, что обеспечивает твердость 38...45 HRC.

Дополнительно к общим требованиям, от сталей для штампов горячего деформирования требуется устойчивость против образования трещин при многократном нагреве и охлаждении, окалиностойкость, высокая теплопроводность для отвода теплоты от рабочих поверхностей штампа, высокая прокаливаемость для обеспечения высокой прочности по всему сечению инструмента.

Для изготовления молотовых штампов применяют хромоникелевые среднеуглеродистые стали 5ХНМ, 5ХНВ, 4ХСМФ. Вольфрам и молибден добавляют для снижения склонности к отпускной хрупкости.

Штампы горячего прессования работают в более тяжелых условиях. Для их изготовления применяются стали повышенной теплостойкости. Сталь 3Х2В8Ф сохраняет теплостойкость до 650°С, но наличие карбидов вольфрама снижает вязкость. Сталь 4Х5В2ФС имеет высокую вязкость. Повышенное содержание хрома и кремния значительно увеличивает окалиностойкость стали.

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Назовите виды штамповых сталей.
- 2 Какими свойствами должны обладать стали для деформирования металла в горячем состоянии?
- 3 Какие стали применяются для штампов холодной штамповки?
- 4 Укажите состав сталей для штампов холодной штамповки, термическую обработку, структуру и свойства.
- 5 Какие свойства придаются штамповой стали при легировании ее вольфрамом и молибденом?
- 6 В каких условиях работают штампы горячего прессования?

Литература: [1, с. 120 - 121]; [3, с. 148 - 149].

## **Раздел 5 ПОРОШКОВЫЕ И КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

### **Тема 5.1 Порошковые материалы**

Студент должен:

*иметь представление:*

– о методах получения изделий из порошков;

– об особенностях порошковых материалов;

*знать:*

– свойства и применение порошковых материалов.

Получение изделий из порошков. Метод порошковой металлургии. Свойства и применение порошковых материалов в промышленности.

#### **Методические указания**

Порошковые сплавы представляют собой металлический порошок (железный, из цветных металлов, в некоторых случаях с добавлением графита или других примесей), спрессованный при высоком давлении и подвергнутый спеканию. Такой способ получения порошковых сплавов называется порошковой металлургией.

Создание порошковых материалов, дает возможность не только получение новых особых свойств деталей конструкций, но и позволяет использовать металлические отходы, вторичное сырье, тем самым повысить процент выхода годного металла, а значит, повысить эффективность производства.

Порошковые сплавы называют также металлокерамическими ввиду, сходства их изготовления с изготовлением керамических изделий.

Порошковые сплавы широко применяют в различных отраслях машиностроения благодаря высокой экономичности технологии изготовления (по сравнению с методами литья и штамповки). Особенно эффективны порошковые сплавы на железной основе как заменители цветных металлов.

В технологический процесс входят: получение порошков, подготовка шихты, прессование и спекание полученной заготовки.

Порошки получают различными способами: механическим

измельчением железной и стальной стружки в шаровых мельницах; восстановлением из окислов тугоплавких металлов (W, Mo, Fe и др.); распылением жидкого металла сжатым воздухом или паром (алюминия, меди, олова и др.): электролитическое осаждение - меди, олова, железа и др.

Порошок подвергают очистке от загрязнений, сушке, дополнительному измельчению, отжигу (для снятия наклепа, улучшения однородности металлов в защитной или восстановительной атмосфере), классификации по размеру (с помощью набора стандартных сит), смешиванию (в специальных смесителях).

Прессование проводят в пресс-формах. При прессовании происходит механическое сцепление частиц порошка.

Спекание представляет собой специальный отжиг, спрессованных заготовок, его проводят с целью повышения их механических свойств.

В результате спекания малопрочные механические связи между частицами заменяются более прочными межатомными связями.

Спекание осуществляют в печах с защитной атмосферой.

Температура спекания заготовок, спрессованных из порошка одного металла, составляет примерно 75% от температуры плавления данного металла. Например, для железа эта температура равна 1100-1200, а для меди 800-900, для молибдена 2100-2300°C.

Спекание заготовок из порошков с большой разницей в температурах плавления ведут при температуре, превышающей температуру плавления наиболее легкоплавкого компонента. При спекании образуется жидкая фаза (например, температура спекания порошков железа и меди 1100-1200, меди и олова 700-800°C). Продолжительность спекания обычно 1-3 ч.

Прессование и спекание можно совместить в одну операцию, называемую горячим прессованием

В зависимости от назначения порошковые материалы делят на:

- антифрикционные;
- фрикционные;
- тугоплавкие;
- электротехнические;
- твердые сплавы

Антифрикционные сплавы получают из порошков как черных, так и цветных металлов. Изменяя режимы прессования и спекания можно получить сплавы различной степени пористости

(объем пор составляет 20-30% от общего объема). Часто в сплавы вводят графит (1-3%), который заполняет поры. При наличии пор, в которых удерживается смазка, и наличии графита, являющегося твердой смазкой, подшипники отличаются малым износом, малым коэффициентом трения, хорошо прирабатывается,

Пористыми подшипниковыми металлами и сплавами являются: пористое железо; железографит (12%); железомедь и железо-медь-графит с содержанием меди до 25% и графита до 3%.

Фрикционные сплавы применяются для тормозных устройств, должны иметь высокий коэффициент трения, обладать износостойкостью, высокой теплопроводностью, хорошей прирабатываемостью. Фрикционные сплавы отличаются невысокой прочностью, и поэтому тонкий сплав соединяется (чаще всего спеканием под давлением) со стальной основой (диском, лентой).

Тугоплавкие металлы – Mo, W, Ti и др., применяемые в виде прутков, проволоки и получают прессованием порошков в холодном состоянии; спеканием в атмосфере водорода (вольфрам и молибден) или в вакууме; (титан). Высокая температура плавления затрудняет получение этих металлов обычными металлургическими методами (плавка, литье)

Вольфрам применяют для нитей накала в электролампах, деталей радиоламп, для электрических контактов, нагревателей. Молибден - для нужд электролампового и электровакуумного водства (подвески, сетки, аноды и др.) Методом порошковой металлургии получают сплавы тугоплавких металлов, например сплавы вольфрама с молибденом для электровакуумной аппаратуры, сплавы вольфрам-молибден-никель для изделий впаиваемых в стекло, и др.

Тугоплавкие металлы можно получать также методом горячего прессования. Карбиды тугоплавких металлов, главным образом вольфрама, являются основой при производстве твердых сплавов.

Электротехнические сплавы, применяются для электротехнических контактов, магнитов, сердечников катушек, получают из порошков железа, вольфрама, бронзы и графита, железа и никеля.

Обратите внимание, что лучшее сочетание свойств - высокой красностойкости, жаростойкости, сопротивления электрической эрозии достигается в сплавах из тугоплавких металлов (вольфрама и др.). Скользящие контакты для электродвигателей изготавливают из бронзографитных и меднографитных сплавов,

постоянные магниты - из порошков Al-Ni-Cu (сплав Ални), Al-Ni-Co-Cu (сплав Алнико).

Порошковые магниты, по магнитным свойствам не уступают литым, структура их мелкозернистая, а механические свойства более высокие

### **Вопросы для самопроверки**

1 Из каких этапов состоит технология получения изделий из порошков?

2 Каким образом получают изделия из тугоплавких металлов Mo, W, Ti?

3 В чем заключаются преимущества порошковой металлургии.

4 Назовите виды изделий из металлических порошков.

5 Перечислите виды порошковых материалов в зависимости от назначения.

6 Какова область применения электротехнических порошковых материалов?

Литература: [1, с. 141 - 149]; [3, с. 212 - 214].

### **Тема 5.2 Композиционные материалы**

Студент должен:

*знать:*

– классификацию и основные характеристики композиционных материалов.

Композиционные материалы, классификация, строение, свойства, достоинства и недостатки, применение в промышленности.

### **Методические указания**

Композиционными называют материалы, которые представляют собой соединение высокопрочных, жаропрочных или особо жестких (высокомодульных) тонких волокон и полимерной, металлической или керамической матрицы. Матрица связывает волокна в монолитное тело. Именно волокна из-за ряда особенностей позволяют материалу обрести рекордные характеристики.

Композиционные материалы по жесткости и удельной прочности, жаропрочности, сопротивлению усталостному разрушению и другим свойствам, значительно превосходят все известные конструкционные сплавы.

Свойства композиционных материалов, определяются физико-механическими свойствами компонентов и прочностью связи между ними.

Композиционные материалы могут быть двух типов:

а) на металлической основе, основой (матрицей) в которой служат металлы или сплавы;

б) композиционные материалы на неметаллической основе, матрицей в которых являются полимеры, керамические материалы.

Упрочнители (наполнители) равномерно распределяются в матрице. По твердости, прочности упрочнители, или, как их называют, «армирующие компоненты» должны значительно превосходить матрицу.

По форме армирующих компонентов композиционные материалы разделяют на:

– дисперсно-упрочненные, в которых армирующие компоненты присутствуют в виде частиц малого размера;

– волокнистые, в которых армирующие компоненты – волокна или пластины.

Дисперсно-упрочненные композиционные материалы в качестве наполнителей содержат дисперсные частицы тугоплавких фаз - оксидов, нитридов, боридов, карбидов ( $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $SiC$ ,  $BN$  и др.). Эти тугоплавкие соединения имеют высокий модуль упругости, низкую плотность, не взаимодействуют с материалом матриц. Уровень достигнутой прочности зависит от общего объема частиц упрочнителя, равномерности их распределения, степени дисперсности и расстояния между частицами.

По сравнению с волокнистыми, дисперсно-упрочненные обладают большей изотропностью свойств.

Широкое применение в промышленности нашел дисперсно-упрочненный композиционный материал на алюминиевой основе (спеченная алюминиевая пудра – САП).

Для САП характерны: высокая прочность, жаропрочность, коррозионная стойкость и термическая стабильность свойств.

САП состоит из алюминия и оксида алюминия, Оксид алюминия не растворяется в алюминии, равномерно распределен в алюминиевой матрице, тормозит движение дислокаций, в результате чего предотвращается ползучесть, уменьшается пластичность и повышается прочность сплавов.

Волокнистые композиционные материалы в качестве наполнителей содержат волокна или нитевидные кристаллы чистых элементов и тугоплавкие соединения ( $B$ ,  $C$ ,  $Al_2O_3$ ,  $SiC$  и др.),



а также проволоку из металлов и сплавов (Mo, W, Be, высокопрочной стали и др.).

Волокнистые композиционные материалы обладают значительной анизотропией. Свойства их зависят от схемы армирования. Наибольшая анизотропия наблюдается при армировании вдоль одной оси. При армировании вдоль двух перпендикулярных осей анизотропии почти не наблюдается. Прочность волокнистых композиционных материалов зависит от прочности, толщины и длины волокна, чем, тоньше и длиннее волокно, тем выше их прочность.

Например, КМ алюминия с бериллиевой проволокой имеет удельную прочность порядка 48 (по сравнению со значением 15 для алюминиевого сплава типа дуралюмин). КМ: никель - графитовые волокна и алюминий - волокна бора являются наиболее перспективными.

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Какие материалы называются композитами?
- 2 Какие по форме армирующие компоненты используются в композиционных материалах?
- 3 Как подразделяют композиты по виду матрицы?
- 4 Как зависят механические свойства композитов от волокнистых наполнителей?
- 5 Каков состав, свойства и область применения композиционных материалов САП?

Литература: [1, с. 174 - 175].

## **Раздел 6 ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ**

### **Тема 6.1 Литейное производство**

Студент должен:

*иметь представление:*

- о процессе получения отливки;
- о процессах изготовления форм на машинах;
- о мероприятиях по охране окружающей среды;

*знать:*

- назначение и сущность литейного производства;
- литейную форму и ее элементы;
- особенности заливки форм металлом.

Сущность литейного производства. Технологический процесс получения отливок: в разовые формы и ручной или машинной формовкой. Дефекты в отливках. Специальные виды литья. Применяемое оборудование. Мероприятия по охране труда и окружающей среды в литейном производстве.

### **Методические указания**

Приступая к изучению раздела, прежде всего, следует уяснить сущность и значение литейного производства.

Путем литья можно изготавливать детали из различных сплавов со сложными наружными и внутренними поверхностями. При этом во многих случаях отливки имеют форму и размеры, близкие к готовым деталям. Получать такие заготовки ковкой, штамповкой или сваркой значительно труднее. Стоимость литых заготовок меньше стоимости штампованных и кованых.

В результате изучения темы следует уяснить основные операции технологического процесса получения отливок в разовых формах по следующей схеме:

- 1 изготовление моделей и стержневых ящиков;
- 2 приготовление формовочных и стержневых смесей;
- 3 изготовление литейных форм и стержней;
- 4 сушка форм и стержней;
- 5 сборка и подготовка форм к заливке;
- 6 плавка металла и заливка форм;
- 7 выбивка, обрубка и очистка отливок.

Обратите особое внимание на прогрессивный способ изготовления форм - машинную формовку. Она позволяет резко увеличить производительность труда по сравнению с формовкой вручную, сократить производственные площади литейных цехов и значительно повысить культуру труда.

В связи с развитием массового производства в промышленности за последнее время получили распространение прогрессивные (специальные) способы литья. К ним относят литье в металлические формы (кокили), центробежное литье, литье под давлением, точное литье по выплавляемым моделям, литье в оболочковые формы, вакуумное литье, вибрационное литье и др.

Внедрение этих методов способствует повышению точности отливок, механизации и автоматизации основных технологических процессов и увеличению производительности труда. Однако надо знать, что специальные виды литья рационально применять только в серийном и массовом производствах.

Изучая материал темы, обратите внимание на следующее:

### 1 *Литье в кокиль (металлическую форму).*

Методом литья в кокиль, как правило, изготавливаются мелкие и средние отливки сравнительно несложной конфигурации, преимущественно из алюминиевых сплавов и реже из чугуна и стали. Механические свойства отливок, получаемых этим методом, значительно выше, чем отливок, получаемых литьем в землю. Точность и чистота поверхности отливок также значительно выше, чем у отливок, получаемых в земляных формах. Это позволяет уменьшать припуски на обработку.

### 2 *Центробежное литье*

Этот вид литья также является прогрессивным, так как обеспечивает хорошее качество отливок, способствует повышению производительности труда, улучшает культуру производства. Центробежное литье применяется, главным образом, для отливок, имеющих форму тела вращения (штулки, трубы, кольца и т.п.), хотя этим способом можно получать фигурные отливки по принципу действия центрифуги.

### 3 *Литье под давлением*

Этот вид литья применяется для отливок сложной конфигурации, сравнительно небольших по весу (до 12 кг), тонкостенных (от 6 до 0,6 мм), из сплавов цветных металлов (алюминиевых и медных).

Этот вид литья обеспечивает точность размеров до 4 класса, чистоту поверхности до 5-7 классов с готовыми отверстиями, резьбой, накаткой, цифрами и надписями.

### 4 *Точное литье по выплавляемым моделям*

Этот вид литья является одним из прогрессивных методов получения точных отливок.

Сущность данного метода заключается в изготовлении моделей из легкоплавких органических составов или пластмасс, которые заформовываются в неразъемную керамическую форму, а затем выплавляются или выжигаются, образуя полость, для заполнения металлом.

Этот метод применяется для различных сплавов и особенно ценен для высоколегированных и жаростойких сталей и сверхтвердых сплавов. С его помощью получают тонкостенные (с толщиной стенок до 0,5 мм) отливки сложной конфигурации с достаточно высокими механическими свойствами.

Этот метод следует применять для деталей сложной конфигурации, требующей длительной и трудоемкой механической об-

работки, так как его применение сокращает объем механической обработки на 80%.

5 *Литье в оболочковые формы* рентабельно в серийном производстве и в массовом - для отливок с металлоемкостью до 25-30 кг с последующим их использованием без механической обработки или с незначительной механической обработкой. Технологический процесс легко механизуется. Достоинство этого метода-возможность получения точных отливок. Для получения полых отливок из бронз (штулки, кольца и др.) применяют способ вакуумного всасывания металла. Отливки получают высокого качества, с минимальными припусками на механическую обработку.

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Каково назначение и сущность литейного производства?
- 2 Для чего предназначены модели и стержневые ящики?
- 3 Какие требования предъявляются к формовочным и стержневым материалам и смесям?
- 4 Назовите основные элементы литниковой системы.
- 5 Кратко опишите процесс изготовления литейной формы в двух опоках.
- 6 Укажите достоинства и недостатки машинной формовки.
- 7 Какие требования предъявляются к литейным сплавам?
- 8 Охарактеризуйте процесс получения кокильной отливки и укажите достоинства и недостатки кокильного литья.
- 9 Сущность способа получения отливок на центробежных машинах. Укажите его достоинства и недостатки.
- 10 В чем сущность литья под давлением, его достоинства и недостатки?
- 11 Охарактеризуйте типы машин, применяемых для литья под давлением.
- 12 Какие сплавы применяются для литья под давлением?
- 13 Охарактеризуйте сущность способа литья под выплавляемыми моделями (точного литья) и укажите область его применения.
- 14 Сущность получения отливок в оболочковые формы. Укажите достоинства и недостатки этого метода.
- 15 Объясните особенности литья под давлением изделий из терморезистивных и термопластичных материалов.

Литература: [1, с. 224-239]; [2, с. 120-181].

## **Тема 6.2 Обработка металлов давлением**

Студент должен:

*иметь представление:*

- о сущности процессов обработки металлов давлением;
- о технике безопасности и пожарной безопасности при обработке металлов давлением;

*знать:*

- определение деформации и ее виды;
- технико-экономические показатели применения различных видов обработки металлов давлением.

Сущность процесса обработки давлением. Нагрев металла и нагревательные устройства. Виды обработки давлением. Прокатное производство. Продукция прокатного производства. Волочение металла. Прессование металла и способы прессования. Ковка. Горячая объемная штамповка. Холодная штамповка.

### **Методические указания**

Обработка давлением - прогрессивный, экономичный и высокопроизводительный способ металлообработки, развивающийся в направлении максимального приближения форм и размеров заготовки к форме и размерам детали, что обеспечивает лучшее использование металла, сокращение трудоемкости последующей обработки резанием и уменьшение себестоимости продукции.

Обработке давлением подвергают 90% всей выплавляемой стали, 55% цветных металлов и сплавов.

Большинство методов обработки металлов давлением имеют очень высокую производительность, а некоторые из них позволяют получать заготовки (детали) с большой точностью размером и высокой чистотой поверхности. Очень перспективными являются методы обработки давлением безотходные (малоотходные).

Основными видами обработки металлов давлением являются; прокатка, волочение, прессование, ковка и штамповка.

Приступая к изучению темы, необходимо, прежде всего, разобраться в сущности процесса пластической деформации металлов и сплавов и её влиянии на структуру и свойства металлов. Обработка металлов давлением основана на использовании пластических свойств металлов.

Обратите внимание на то, что при деформировании металл уплотняется, кристаллы его вытягиваются в направлении пластического течения, микроструктура принимает волокнистый

вид, кристаллическая решетка сильно искажается, улучшаются отдельные механические свойства.

Процесс обработки металлов давлением может происходить в холодном и в горячем состоянии.

В результате холодной пластической деформации (наклепа, нагартовки) свойства металла, в том числе механические, меняются. Возрастает предел прочности, а удлинение и сужение уменьшаются.

В результате сдвигов зерна дробятся. Холодная пластическая деформация приводит также к сильному искажению кристаллической решетки.

Невысокий нагрев холоднодеформированного металла ведет только к восстановлению кристаллической решетки. Микроструктура металла заметно не изменяется.

Частичное восстановление свойств за счет устранения искажения кристаллической решетки называется возвратом или отдыхом. Нагрев до более высоких температур (рекристаллизация) приводит к полному восстановлению не только кристаллической решетки, но и микроструктуры. При рекристаллизации старые зерна не восстанавливаются, а заменяются совершенно новыми.

Величина зерна после рекристаллизации зависит от степени предшествующей деформации. Чем выше температура нагрева, тем быстрее протекает рекристаллизация и тем больше величина вновь образовавшихся зерен.

Под холодной пластической деформацией понимается деформация ниже температуры рекристаллизации, т.е. когда отсутствует процесс рекристаллизации и образуется структура наклепанного металла.

Горячей обработкой давлением называется процесс обработки при нагреве детали до температуры выше рекристаллизационной.

Для чистых металлов минимальная температура рекристаллизации по А.Л. Бочвару равна 0,4 от абсолютной температуры плавления (отсчитанной от  $-273^{\circ}\text{C}$ , т.е.  $T_{\text{рек}} = 0,4 T_{\text{пл}}$ )

С повышением температуры пластичность металла увеличивается, следовательно, на его обработку затрачивается меньше энергии.

Особое внимание следует уделить вопросу определения температурного режима горячей обработки сталей в зависимости от содержания в них углерода. Нагретый металл следует обрабатывать давлением в определенном интервале температур.

Если металл нагревать до слишком высокой температуры, то его можно перегреть или даже пережечь. Если нагревать металл до более низких температур, то в мягкой стали образуется наклеп, а в более твердой - трещины. Поэтому углеродистые стали нагревать под обработку давлением следует на 100-200°C ниже линии солидуса и заканчивать обработку при температуре на 30-50°C выше линии GSK (рисунок 1.4).

Чем меньше углерода содержит сталь, тем выше может быть температура его нагревания.

Изучение различных видов обработки металлов давлением рекомендуется производить в следующей последовательности:

- определение сущности каждого вида обработки;
- усвоение общих понятий о принципах работы и устройстве применяемого оборудования и инструментов;
- технология процесса обработки;
- область применения данного способа обработки и сортамент изготавливаемой продукция.

В процессе изучения указанных способов обработки следует рассмотреть схемы прокатки, волочения и прессования,ковки и штамповки.

Наибольшее внимание следует уделить изучениюковки и штамповки, так как эти виды обработки широко применяются в процессе изготовления различных деталей.

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Какую обработку давлением называют холодной, а какую горячей?
- 2 Сущность процесса прокатки.
- 3 Какой прокат называют прокатом периодического профиля? В чем достоинства такого вида проката?
- 4 Какие изделия получают путем прессования?
- 5 Достоинства процесса волочения.
- 6 Достоинства и недостатки свободнойковки.
- 7 Преимущества штамповки перед свободнойковкой.
- 8 В чем особенности горячей штамповки цветных металлов? Чем они вызваны?
- 9 Преимущества холодной штамповки перед горячей.

10 Какие способы обработки давлением применяют для получения изделий из неметаллических материалов?

Литература: [1, с. 239-245]; [2, с. 53-61].

### **Тема 6.3 Обработка металлов резанием**

Студент должен:

*иметь представление:*

- о процессе резания и образования стружки;
- о классификации металлорежущих станков;
- об основных видах работ, выполняемых на металлорежущих станках;

*знать:*

- систему допусков и посадок;
- измерительные приборы и инструменты;
- основные виды и элементы резцов.

Общие вопросы об обработке резанием. Принципы взаимозаменяемости. Понятие о допусках и посадках. Понятие и шероховатости поверхности. Процесс резания металла. Основные части и элементы резца. Понятие о режимах резания. Методы обработки резанием. Классификация металлорежущих станков и их характеристика. Электрические методы обработки металлов.

### **Методические указания**

Для обеспечения установленной чертежом точности размеров, формы и чистоты поверхности большинство деталей машин и механизмов обрабатывают на станках снятием стружки. Нужно знать основные понятия процесса резания: глубина резанья, подача, ширина и толщина стружки, скорость резания, сила резания и другие.

Рассмотрите процесс образования стружки. Выпишите влияние различных факторов на скорость резания (материал изделия, материал инструмента, глубина резания, подача, требования к шероховатости поверхности).

Нужно знать, как осуществляется главное движение резания и движение подачи при выполнении различных операций - точении, фрезеровании, сверлении, строгании, шлифовании.

Вычертите схему резания при точении и укажите названия основных поверхностей и сил, действующих на резец. Рассмотрите геометрию резца, на чертеже укажите все основные части и углы резца.



Разберите основные способы обработки резанием: точение, фрезерование, строгание, сверление, шлифование. Особое внимание уделите вопросам скоростного и силового резания. Нужно знать, достижения новаторов производства в этой области.

Разберите основные виды режущего инструмента, марки и свойства материалов, идущих на изготовление инструмента.

### **Вопросы для самопроверки**

1 Дайте определения основным понятиям режима резания: скорость, подача, глубина, поперечное сечение среза, машинное и штучное время.

2 Какими свойствами должны обладать инструментальные материалы?

3 Какие способы обработки металлов резанием существуют?

4 Как происходит процесс образования стружки?

5 Какие виды стружки образуются при обрезке металлов резанием?

6 Какие факторы влияют на скорость резания?

7 Как осуществляется главное движение резания и движение подачи при выполнении различных операций резания?

8 Какие и для чего применяются смазывающие охлаждающие жидкости при обработке резанием?

9 По каким признакам классифицируют металлорежущие станки?

10 Какие станки входят в токарную группу?

11 Какие работы можно выполнять на токарно-винторезных станках?

12 В чем принцип работы токарных автоматов и полуавтоматов?

13 Какие работы можно выполнять на вертикально-сверлильных станках?

14 По каким признакам классифицируют фрезерные станки?

15 В чем достоинство обработки на фрезерных станках?

16 В чем сущность процесса протягивания?

17 Какую обработку можно производить на протяжных станках?

18 Укажите основные виды строгальных станков.

19 Назовите основные виды шлифовальных станков.

20 Из какого материала изготавливаются шлифовальные круги?

21 В чем особенности процесса шлифования?

22 Изложите сущность электроискрового метода обработки металлов.

23 Изложите сущность электроимпульсной обработки.

24 Изложите сущность анодно-механической обработки и укажите область её применения.

25 Изложите сущность обработки металлов при помощи ультразвука.

Литература: [1, с. 191, 280-290].

### **Тема 6.4 Процессы формирования разъемных и неразъемных и соединений**

Студент должен:

*иметь представление:*

– о способах получения разъемных и неразъемных соединений;

– о точности и прочности неразъемных соединений;

*знать:*

– определение разъемного соединения;

– определение неразъемного соединения;

Кристаллизация соединений, выполняемых при сборке машин и механизмов. Методы осуществления разъемных соединений. Требования, предъявляемые к разъемным соединениям. Методы осуществления неразъемных соединений. Требования, предъявляемые к неразъемным соединениям, инструмент, приспособления и оборудование, применяемые для получения разъемных и неразъемных соединений.

### **Методические указания**

В начале изучения темы следует выяснить основные методы осуществления разъемных и неразъемных соединений. Сварка в настоящее время является одним из основных технологических процессов формирования неразъемных соединений во всех отраслях промышленности. Без сварки невозможно производство и ремонт современных машин. Применяются разнообразные способы сварки, которые обеспечивают высокое качество конструкций, разрешают, ускорить процесс их изготовления, уменьшить расход металла и снизить себестоимость.

Надо познакомиться с ролью русских ученых В. В. Петрова, Н. Н. Бенардоса, Н.Г.Славянова в открытии и развитии электрической сварки.

Следует изучить физическую сущность процессов, протекающих при сварке. Затем разобрать классификацию способов сварки и основные виды сварных соединений. Надо знать, как готовятся кромки сварных соединений, и в каких случаях, какой вид сварного соединения наиболее целесообразно применять. После этого переходите к изучению основных видов сварки.

Электрическая дуговая, сварка по распространению занимает первое место среди других видов сварки. Следует ознакомиться со сваркой по способу Бенардоса, когда применяется графитовый электрод. И со способом Славянова, где применяют металлические электроды; этим способом в настоящее время выполняется - 99% работ. Дуговая сварка возможна при постоянном и переменном токах. Надо ознакомиться с аппаратурой для сварки. Затем разобраться с электродами для дуговой сварки. Неплавящиеся электроды могут быть угольными, графитовыми и вольфрамовыми. Угольными и графитовыми электродами пользуются при сварке на постоянном токе.

Разберите достоинства и недостатки сварки на постоянном и переменном токе и область их применения, а также способы увеличения производительности труда ручной электродуговой сварки.

Автоматическая сварка под слоем флюса увеличивает производительность сварки в 5-10 раз по сравнению с ручной дуговой и обеспечивает получение однородного качественного шва.

Дуговая сварка в среде защитных газов - углекислом, аргоне, гелии - обеспечивает хорошую защиту от воздействия кислорода и азота воздуха, лучшее использование тепла дуги, поддается механизации и автоматизации.

Резкой с использованием электрической дуги разделяют металл расплавлением, а не выжиганием. Этот способ применяют для резки углеродистой и легированной стали, чугуна, алюминия, меди и их сплавов, отделение прибылей отливок.

Дуговая резка производится угольными или металлическими электродами.

Электрошлаковая сварка - новый, прогрессивный метод, имеющий значительные преимущества перед другими методами сварки стальных конструкций большой толщины.

Рассмотрите схему электрошлаковой сварки.

Контактная сварка - наиболее механизированный, и высокопроизводительный метод сварки - применяется в крупносерийном и массовом производстве различных деталей, приборов, машин. Контактная сварка, или сварка сопротивлением, основана на использовании тепла, выделяющегося при прохождении электрического тока через зону сварки, где детали находятся в контакте. В зависимости от способа выполнения контактная сварка делится на стыковую, точечную и роликовую. Нужно разобрать каждый способ контактной сварки и область их применения. Нужно знать, из какого материала изготавливают электроды для контактной сварки и требования к ним. Для каждого способа контактной сварки имеются специальные машины. Контактной сваркой хорошо свариваются и такие материалы, которые при других способах сварки не дают качественного шва. Наибольшее внимание обратите на точечную сварку, так как она легко автоматизируется, причем одновременно на изделие можно ставить десятки электрозаклепок.

Следует знать сущность и область применения новых способов сварки: холодной, сварки давлением, сварки трением, ультразвуковой сварки, электронным лучом и лазером.

Холодная сварка давлением производится на специальных прессах без, подогрева, под большим давлением. В результате пластической деформации атомы соединяемых деталей сближаются на такое расстояние, на котором они находятся внутри металла. Свариваемые поверхности должны быть тщательно очищены и обезжирены. Этим способом сваривают листы, тонкостенные трубы, провода и другие изделия из высокопластичных материалов (алюминия, меди, титана и др.).

Сварка трением основана на том, что в результате трения вращающейся детали относительно неподвижной (или вращения обеих деталей) повышается температура, металл достигает пластического состояния, при сдавливании сваривается. Этим способом можно сваривать однородные и разнородные материалы (бронза - сталь, медь - сталь и др.).

Его достоинства: нагреваются только тонкие поверхностные слои металла, простота оборудования, возможность автоматизации, незначительное потребление энергии, прочность получаемых соединений. Для сварки трением имеются специальные машины, но при их отсутствии можно использовать токарные или фрезерные станки.

При сварке ультразвуком неразъемное соединение получается в результате совместного действия механических колебаний высокой частоты и относительно небольших сжимающих усилий. Под действием ультразвука разрушаются окисные пленки и происходит местный микронагрев, пластическая деформация микровыступов и усиленная диффузия между поверхностями. В зоне контакта кристаллы срастаются и образуется прочное неразъемное соединение. Источником колебаний при сварке являются ультразвуковые генераторы различной мощности.

Ультразвуковая сварка применяется для сварки изделий из высокопластичных материалов (алюминия, меди, никеля и др.). Этот способ можно применять для сварки разнородных материалов и для неметаллических, материалов.

Сварка электронным лучом производится в вакууме под давлением  $1 \cdot 10^{-4}$  -  $1 \cdot 10^{-5}$  мм рт. ст., используется для этого кинетическая энергия электронов. Качество шва получается высокое. Этот способ применяется для сварки деталей из тугоплавких (вольфрам, молибден и др.) и легкоокисляемых (бериллий; магний и др.) металлов и их сплавов.

При сварке лазером в специальной установке световая энергия накапливается, фокусируется и направляется на кристалл рубина, который создает монохроматический (одной длины волны) световой луч. Лазерным лучом можно сваривать любые металлы и сплавы, а также керамику, толщина деталей может быть до десятых долей миллиметра. В отличие от сварки электронным лучом, сварку лазером можно производить в любой среде (на воздухе, в среде инертных газов, в вакууме), при этом способе, сварки не нужна защита от излучения, а также значительно меньше размеры оборудования.

Газовая сварка отличается дешевизной и простотой оборудования. Сущность процесса газовой сварки - расплавление кромок свариваемых деталей и вводимого присадочного материала теплом горящей газовой смеси. Необходимое для сварки тепло, получается от сжигания в струе кислорода горючего газа, ацетилена, водорода, природного газа, а также паров бензина, бензола. В промышленности при сварке деталей и узлов из различных сортов стали и цветных металлов широко применяется ацетиленокислородная сварка.

Следует знать свойства газов, изучить строение ацетиленокислородного пламени, состав газов и температуру во всех зонах. Надо ознакомиться со сварочной аппаратурой и принадлежно-

стями для сварки. Надо знать горелки, принцип их действия и от чего зависит выбор той или иной горелки.

Сварочная горелка - это прибор для смешивания ацетилена с кислородом и получения устойчивого концентрированного сварочного пламени. Горелки делятся на две группы: инжекторные, или горелки низкого давления, и безинжекторные, или горелки среднего и высокого давления. Следует ознакомиться с их устройством и работой.

После этого подробно разберите технологию газовой сварки, обратите внимание на, выбор присадочного материала. Запишите особенности газовой сварки чугунов, легированных сталей и цветных металлов, соотношение между кислородом и ацетиленом при сварке различных металлов,

Газовая резка основана на способности нагретого металла гореть в струе кислорода. Резать можно только те металлы, у которых температура горения ниже температуры плавления, например, железо, углеродистую сталь с содержанием углерода до 0,7%, низколегированную сталь. Следует ознакомиться с устройством газового резака. Он отличается от газовой горелки тем, что, кроме устройства для смешивания горючего газа с кислородом, имеет дополнительное приспособление для подвода режущей струи кислорода.

Разберите виды брака, встречающиеся при сварке, и методы контроля качества сварных соединений.

Нужно знать, какой метод контроля наиболее целесообразно применять в зависимости от условий работы и назначения деталей, характера сварного шва и ряда других причин.

Следует изучить сварку пластмасс. В настоящее время применяют следующие способы сварки пластмасс: нагретым воздухом или газом, нагретым инструментом, с нагревом токами высокой частоты, ультразвуком, с помощью инфракрасного излучения.

Большое внимание уделите правилам техники безопасности при выполнении сварки и резки.

Широкое применение при ремонте находит метод автоматической наплавки под слоем флюса. Этот метод позволяет получить износостойкий наплавленный слой высокого качества. Автоматической электродуговой наплавкой можно восстанавливать детали с плоскими и цилиндрическими поверхностями. Для последних используют токарный станок с некоторыми изменениями.

Определенным сочетанием марки электродной проволоки и флюса можно получить необходимые свойства наплавленного слоя.

### **Вопросы для самопроверки**

- 1 Какие физические процессы протекают при сварке?
- 2 Перечислите основные методы сварки.
- 3 В чем достоинство сварных соединений перед другими видами неразъемных соединений?
- 4 Какие сварные соединения применяются?
- 5 Укажите материал электродов для электродуговой сварки.
- 6 Какая применяется обмазка электродов при электродуговой сварке?
- 7 Перечислите способы автоматической электродуговой сварки.
- 8 В чем сущность автоматической сварки под слоем флюса?
- 9 Какие защитные газы применяются при электродуговой сварке?
- 10 В чем сущность электрошлаковой сварки?
- 11 Укажите основные способы контактной сварки.
- 12 Какие электроды применяются при контактной сварке?
- 13 В каких случаях применяется роликовая контактная сварка?
- 14 Непостоянства и область применения точечной сварки.
- 15 Укажите виды стыковой сварки и область их применения.
- 16 Какие газы применяются при газовой сварке?
- 17 Какое оборудование применяется при газовой сварке?
- 18 Какой способ сварки наиболее целесообразно применять для сварки чугуна?
- 19 Основные виды брака при сварке и их предупреждение.
- 20 Какие металлы подвергаются газовой резке?
- 21 Сущность и область применения ультразвуковой сварки.
- 22 Область применения холодной сварки давлением.
- 23 Какие способы сварки применяются для сварки разнородных металлов.
- 24 Какими способами можно сваривать пластмассы?

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

По дисциплине «Материаловедение» предусматривается выполнение одной домашней контрольной работы. Выполнение контрольной работы направлено на получение, углубление, расширение, систематизацию и закрепление теоретических знаний, формирование практических умений и навыков по дисциплине «Материаловедение», развитие творческого мышления. Контрольная работа дает возможность осуществлять текущий контроль за самостоятельной работой учащихся и координировать их работу над учебным материалом.

Контрольная работа состоит из шести вопросов, включающих как теоретические, так и практические задания. К написанию контрольной работы учащийся приступает после усвоения теоретического курса, изучения методических указаний и рекомендуемой литературы. Следует учитывать, что библиографический список литературы, предложенный преподавателем, носит рекомендательный характер. Он может быть изменен или дополнен автором контрольной работы.

Ответы на теоретические вопросы должны быть конкретные, лаконичные, полные и содержать ссылки на источники. Переписывание текста из учебников и учебных пособий не допускается.

Контрольная работа должна быть выполнена на белой бумаге формата А4 по ГОСТ 2.301 (210x297 мм) с одной стороны листа с применением печатающих устройств вывода ЭВМ: междустрочный интервал одинарный, цвет – черный, шрифт Times NeW Roman, размер шрифта - 14.

Для замечаний и поправок преподавателя оставляются один чистый лист. В конце контрольной работы приводится перечень использованной литературы. Работа должна быть датирована и подписана учащимся. Обложка контрольной работы должна быть оформлена согласно установленного образца (Приложение 1).

Выполненная согласно заданиям контрольная работа доставляется учащимся в учреждение образования на рецензирование.

Студенты, получившие контрольную работу после проверки, должны внимательно ознакомиться с рецензией и с учетом замечаний и рекомендаций преподавателя доработать отдельные вопросы. Незачтенная контрольная работа выполняется учащи-



мися повторно с учетом рекомендации и сдается в колледж вместе с незачтенной работой на проверку преподавателю, при этом правильно выполненная часть задания не переписывается.

Сдача экзамена разрешается студентам, получившим положительную оценку по контрольной работе.

Не засчитывается и возвращается учащемуся на доработку работа, если в ней не раскрыты теоретические вопросы, задания или ответы на них переписаны из учебной литературы, без адаптации к конкретному заданию, если имеются грубые ошибки в решении практических заданий и т.д. Не засчитывается также работа, если полностью отсутствует ответ или решение хотя бы одного из заданий.

Контрольная работа, оформленная небрежно, написанная неразборчивым почерком, а также выполненная по неправильно выбранному варианту, возвращается учащемуся без проверки с указанием причин возврата для надлежащего оформления. В случае выполнения работы по неправильно выбранному варианту учащийся должен выполнить работу согласно своему варианту задания.

Варианты для каждого учащегося - индивидуальные. Номер варианта соответствует порядковому номеру студента в журнальном списке.

## **КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА**

### **Вариант 1**

1 Что такое ликвация? Виды ликвации, причины их возникновения и способы устранения.

2 Для каких практических целей применяется наклеп? Объясните сущность этого явления.

3 Вычертите диаграмму состояния железо-карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения для сплава, содержащего 3,6% углерода при охлаждении. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4 Для некоторых деталей (щеки барабанов, шары дробильных мельниц и т.п.) выбрана сталь 110Г13. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте режим термической обработки и обоснуйте его выбор. Опишите микроструктуру стали и причины ее высокой износостойчивости.

5 Для изготовления деталей в авиастроении применяется сплав МЛ5. Расшифруйте состав сплава, укажите способ изготовления деталей из данного сплава и опишите характеристики механических свойств этого сплава.

6 Полиамиды и полиуретаны. Опишите их состав, свойства и область применения в машиностроении.

## **Вариант 2**

1 Как и почему скорость охлаждения при кристаллизации влияет на строение слитка?

2 Объясните, почему пластическую деформацию свинца при комнатной температуре считают горячей деформацией, а деформация вольфрама даже при температуре 1000 °С является холодной пластической деформацией.

3 Вычертите диаграмму состояния железо-карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения для сплава, содержащего 0,8% углерода при охлаждении. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4 Для изготовления деталей, работающих в активных коррозионных средах выбрана сталь 14Х17Н2: а) расшифруйте состав и определите группу стали по назначению; б) объясните назначение легирующих элементов, введенных в эту сталь; в) назначьте и обоснуйте режим термической обработки и опишите структуру и свойства стали после обработки.

5 Для изготовления ряда деталей в авиастроении применяется сплав МА2. Расшифруйте состав, приведите характеристики механических свойств и укажите способ изготовления деталей из этого сплава.

6 Термореактивные пластмассы, их особенности и область применения.

## **Вариант 3**

1 Опишите виды твердых растворов. Приведите примеры.

2 Что такое холодная пластическая деформация? Как при этом изменяются структура и свойства металла?

3 Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения для сплава, содержащего 2,2% углерода при охлаждении. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4 В котлостроении используется сталь 12Х1МФ. Укажите состав и группу стали по назначению. Назначьте режим термической обработки, приведите его обоснование и опишите структуру стали после термической обработки. Как влияет температура эксплуатации на механические свойства данной стали?

5 Для изготовления деталей путем глубокой вытяжки применяют латунь Л68. Укажите состав и опишите структуру сплава. Назначьте режим термической обработки, применяемый между отдельными операциями вытяжки, и обоснуйте его выбор. Приведите общие характеристики механических свойств сплава.

6 Органическое стекло. Опишите его свойства и область применения в машиностроении.

### **Вариант 4**

1 Что такое дендрит? Как и почему образуются дендриты при кристаллизации реального слитка?

2 Для чего проводится рекристаллизационный отжиг? Как назначается режим этого вида обработки? Приведите несколько конкретных примеров.

3 Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения для сплава, содержащего 0,4% углерода при охлаждении. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4 В турбиностроении используют сталь 40Х12Н8Г8МФБ (ЭИ481). Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте режим термической обработки и обоснуйте его. Опишите структуру после термической обработки. Как влияет температура эксплуатации на механические свойства данной стали?

5 Для отливок сложной формы используют бронзу БрОФ7-0,2. Расшифруйте состав, опишите структуру, укажите термическую обработку, применяемую для снятия внутренних напряжений, возникающих в результате литья, и опишите механические свойства этой бронзы.

6 Опишите влияние порошковых и волокнистых наполнителей на свойства резины.

### **Вариант 5**

1 Что такое ограниченные и неограниченные твердые рас-

творы? Каковы необходимые условия образования неограниченных твердых растворов?

2 Опишите сущность явления наклепа и примеры его практического использования.

3 Вычертите диаграмму состояния железо-карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения для сплава, содержащего 1,1% углерода при охлаждении. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4 Для элементов сопротивления выбран сплав манганин МНМц3-12. Расшифруйте состав сплава и укажите, к какой группе относится данный сплав по назначению. Опишите структуру и электротехнические характеристики этого сплава.

5 Для изготовления деталей самолета выбран сплав Д1. Расшифруйте состав, опишите способ упрочнения сплава и объясните природу упрочнения. Укажите характеристики механических свойств сплава.

6 Стекловолокнит СВМ. Опишите свойства, способ получения, изготовления деталей и применение его в машиностроении.

### **Вариант 6**

1 Начертите диаграмму состояния для случая ограниченной растворимости компонентов в твердом виде. Укажите структурные составляющие во всех областях этой диаграммы и опишите строение типичных сплавов различного состава, встречающихся в этой системе.

2 Волочение медной проволоки проводят в несколько переходов. В некоторых случаях проволока на последних переходах рвется. Объясните причину разрыва и укажите способ его предупреждения.

3 Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения для сплава, содержащего 0,5% углерода при охлаждении. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4 Для трубопроводов пароперегревателей используется сталь 09Х14Н16Б (ЭИ694). Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте режим термической обработки и приведите его обоснование. Опишите влияние температуры на механические свойства стали. Укажите микроструктуру

ру стали после термической обработки.

5 Для изготовления деталей самолета выбран сплав АМгЗ. Укажите состав сплава, опишите, каким способом производится упрочнение этого сплава, и объясните природу упрочнения. Укажите характеристики механических свойств сплава.

6 Приведите обоснование технико-экономических преимуществ применения пластмасс в машиностроении. Основные области их эффективного применения.

### **Вариант 7**

1 Опишите явление полиморфизма в приложении к железу. Какое практическое значение оно имеет?

2 Как изменяются свойства деформированного металла при нагреве, какие процессы происходят при этом?

3 Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие всех областях диаграммы, опишите превращения для сплава, содержащего 0,2% углерода при охлаждении. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4 Для некоторых деталей точных приборов выбран сплав элинвар. Укажите состав и определите, к какой группе относится данный сплав по назначению. Опишите влияние легирующих элементов на основную характеристику сплава и причины выбора данного сплава.

5 Для деталей арматуры выбрана бронза БрОЦ4-4-2,5. Расшифруйте состав и опишите структуру сплава. Объясните назначение легирующих элементов. Приведите характеристики механических свойств сплава.

6 Фенолоформальдегидные слоистые пластики (полиэтилен и винипласт). Их свойства и область применения в машиностроении.

### **Вариант 8**

1 В чем сущность процесса модифицирования? Приведите пример использования модификаторов для повышения свойств литейных алюминиевых сплавов.

2 В чем различие между холодной и горячей пластической деформацией? Опишите особенности обоих видов деформации.

3 Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграм-

мы, опишите превращения для сплава, содержащего 5,0% углерода при охлаждении. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4 Для элементов сопротивления выбран сплав копель МНМц43-0,5. Расшифруйте состав и укажите, к какой группе относится данный сплав по назначению. Опишите структуру и электротехнические характеристики этого сплава.

5 Для деталей арматуры выбрана бронза БрОФЮ-1. Укажите состав и опишите структуру сплава. Объясните назначение легирующих элементов и приведите механические свойства сплава.

6 Жаропрочные керамические материалы. Состав, свойства и условия применения в машиностроении.

### **Вариант 9**

1 Охарактеризуйте особенности металлического типа связи и основные свойства металлов.

2 Какими стандартными характеристиками механических свойств оценивается прочность металлов и сплавов? Как эти характеристики определяются?

3 Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения для сплава, содержащего 4,8% углерода при нагревании. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4 Опишите характеристики жаропрочности, характер деформации и разрушения сплавов, работающих в условиях длительного нагружения при повышенных температурах.

5 Для заливки вкладышей ответственных подшипников скольжения выбран сплав Б83. Укажите состав и определите группу сплава по назначению. Зарисуйте и опишите микроструктуру сплава. Приведите основные требования, предъявляемые к баббитам.

6 Текстолиты. Влияние хлопчатобумажной, стеклянной и асбестовой тканей на свойства пластмасс. Укажите область применения текстолита в машиностроении.

### **Вариант 10**

1 Опишите явление полиморфизма в приложении к титану. Какое практическое значение оно имеет?

2 Каким способом можно восстановить пластичность хо-

лоднокатаной медной ленты? Назначьте режим термической обработки и опишите сущность происходящих процессов.

3 Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения для сплава, содержащего 1,4% углерода при нагревании. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4 Для дисков и роторов турбин используется сталь 15X12ВНМФ. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте и обоснуйте режим термической обработки и опишите структуру. Охарактеризуйте механические свойства стали.

5 Кратко изложите основы теории термической обработки алюминиевых сплавов в применении к промышленному сплаву дуралюмин. Укажите состав упрочняющих фаз, образующихся при старении дуралюмина.

6 Опишите ситаллы и методы их получения. Влияние состава и величины кристаллов на свойства ситаллов. Область их применения.

### **Вариант 11**

1 Опишите линейные несовершенства кристаллического строения. Как они влияют на свойства металлов и сплавов?

2 В чем различие между упругой и пластической деформацией? между хрупким и вязким разрушением?

3 Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения для сплава, содержащего 0,5% углерода при нагревании. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4 Назначьте марку жаропрочной стали (сильхром) для клапанов автомобильных и тракторных двигателей небольшой мощности. Укажите состав стали, назначьте и обоснуйте режим термической обработки. Опишите структуру и свойства стали после термической обработки.

5 Для изготовления ряда деталей самолета выбран сплав Д16. Укажите состав и характеристики механических свойств сплава после термической обработки. Опишите способ упрочнения этого сплава и объясните природу упрочнения.

6 Опишите стеклопластики. Укажите характеристики наполнителя по природе и форме. Требования к связующему.

Преимущества и недостатки стеклопластиков.

### **Вариант 12**

1 Как влияет степень чистоты металла или наличие примесей в сплаве на протекание процесса кристаллизации?

2 Как и почему изменяется плотность дислокаций при пластической деформации? Влияние дислокаций на свойства металла.

3 Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения для сплава, содержащего 4,5% С при нагревании. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4 Для деталей, работающих в окислительной атмосфере, применяется сталь 12Х13. Укажите состав и определите класс стали по структуре. Объясните назначение хрома в данной стали и обоснуйте выбор марки стали для этих условий работы.

5 Для изготовления токопроводящих упругих элементов выбран сплав БрБНТ-1,9. Приведите химический состав, режим термической обработки и получаемые механические свойства материала. Опишите процессы, происходящие при термической обработке, и объясните природу упрочнения в связи с диаграммой состояния медь - бериллий.

6 Физические основы сварки пластмасс. Опишите методы сварки с непосредственным нагревом.

### **Вариант 13**

1 Что такое переохлаждение и как оно влияет на величину зерна кристаллизующегося металла?

2 Какие процессы протекают при нагреве деформированного металла выше температуры рекристаллизации? Как изменяются при этом структура и свойства?

3 Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения для сплава, содержащего 0,6% углерода при нагревании. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4 Для деталей, работающих в контакте с крепкими кислотами, выбрана сталь 12Х17. Укажите состав и определите класс стали. Объясните причину введения хрома в эту сталь и обоснуй-



те выбор данной стали для указанных условий работы.

5 Для изготовления некоторых деталей в авиастроении применяется сплав МЛЗ. Расшифруйте состав, укажите способ изготовления деталей из этого сплава и опишите характеристики механических свойств.

6 Опишите пенопласты, их разновидности и свойства. Укажите области применения пенопластов в машиностроении.

### **Вариант 14**

1 Что такое мозаичная (или блочная) структура металла?

2 Что такое временное сопротивление разрыву? Как определяется эта характеристика механических свойств металла?

3 Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения для сплава, содержащего 5,5% углерода при нагревании. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4 Для реостатных приборов выбран сплав константан МНМц40-1,5. Расшифруйте состав, укажите, к какой группе относится этот сплав по назначению, опишите структуру и электрические характеристики этого сплава.

5 В качестве материала для заливки вкладышей подшипников скольжения выбран сплав Б88. Укажите состав и определите группу сплава по назначению. Зарисуйте микроструктуру и укажите основные требования, предъявляемые к сплавам данной группы.

6 Опишите современное представление о молекулярном строении полимеров. Укажите структуру термопластичных и термореактивных полимеров.

### **Вариант 15**

1 От каких основных факторов зависит величина зерна закристаллизовавшегося металла и почему?

2 Что такое нормализация? Используя диаграмму состояния железо-цементит, укажите температуру нормализации стали 45 и стали У12. Опишите превращения, происходящие в сталях при выбранном режиме обработки, получаемую структуру и свойства.

3 Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграм-

мы, опишите превращения для сплава, содержащего 1,9% углерода при нагревании. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4 В машиностроении используется сталь ШХ15. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте режим термической обработки и приведите его обоснование. Опишите структуру и свойства стали после термической обработки.

5 Для изготовления некоторых деталей двигателя внутреннего сгорания выбран сплав АК2. Укажите состав, способ изготовления деталей из этого сплава и опишите характеристики механических свойств.

6 Опишите полярные термопластические пластмассы (полиамиды, поликарбонаты и др.). Их состав, свойства и область применения.

### **Вариант 16**

1 Как влияют дислокации на механические свойства металлов?

2 Объясните характер и природу изменения свойств металла при пластической деформации.

3 Вычертите диаграмму состояния железо — карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения для сплава, содержащего 1,3% углерода при нагревании. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4 Для изготовления деталей, работающих в активных коррозионных средах, выбрана сталь 08Х17Т. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Объясните назначение легирующих элементов, введенных в эту сталь.

5 Для изготовления некоторых деталей самолета выбран сплав В95. Укажите состав сплава, опишите способ его упрочнения, объяснив природу упрочнения, и укажите характеристики механических свойств сплава.

6 Опишите теплостойкие и жаропрочные пластмассы (с теплостойкостью выше 200°С). Укажите условия их применения.

### **Вариант 17**

1 Объясните механизм влияния различного типа модификаторов на строение литого металла.

2 В чем заключается цель проведения закалки? Опишите её основные виды.

3 Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа,

укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения для сплава, содержащего 3,1% углерода при нагревании. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4 Для изготовления постоянных магнитов сечением 50x50 мм выбран сплав ЕХ. Укажите состав и группу сплава по назначению. Назначьте режим термической обработки, приведите его обоснование и опишите структуру сплава после обработки. Объясните, почему в данном случае нельзя применить сталь У12.

5 Для изготовления некоторых деталей самолета выбран сплав АМг. Расшифруйте состав, опишите способ упрочнения этого сплава, объяснив природу упрочнения. Приведите характеристики механических свойств сплава.

6 Укажите состав и свойства керамики, применяемой в электроприборостроении.

### **Вариант 18**

1 Что представляют собой твердые растворы замещения и внедрения? Приведите примеры.

2 Как и почему при холодной пластической деформации изменяются свойства металлов?

3 Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения для сплава, содержащего 0,8% углерода при нагревании. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4 Укажите металлокерамические твердые сплавы для изготовления режущего инструмента. Опишите их строение, состав, свойства и способ изготовления.

5 Для изготовления некоторых деталей самолета выбран сплав В95Т1. Укажите состав и характеристики механических свойств после термической обработки. Опишите, каким способом производится упрочнение этого сплава, и объясните природу упрочнения.

6 Пленочные материалы, их разновидности, свойства и область применения в машиностроении.

### **Вариант 19**

1 Какими свойствами обладают металлы и какими особенностями типа связи эти свойства обусловлены?

2 Какая температура разделяет зоны холодной и горячей пластической деформации и почему? Рассмотрите на при-

мере меди.

3 Вычертите диаграмму состояния железо-карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения для сплава, содержащего 4,3% углерода при нагревании. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4 Выберите марку чугуна для изготовления ответственных деталей машин. Укажите состав, обработку, структуру и основные механические свойства.

5 Для обшивки летательных аппаратов использован сплав ВТ6. Приведите состав сплава, режим упрочняющей термической обработки и получаемую структуру. Опишите процессы, протекающие при термической обработке. Какими преимуществами обладает сплав ВТ6 по сравнению с ВТ5 ?

6 Пластмассы. Состав и строение. Применение пластмасс в литейном производстве.

### **Вариант 20**

1 Опишите условия получения мелкозернистой структуры металла при самопроизвольно развивающейся кристаллизации (используя кривые Тамманна),

2 Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения для сплава, содержащего 1,7% углерода при нагревании. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

3 Чем объясняется упрочнение металла при пластической деформации?

4 Для некоторых приборов точной механики выбран сплав инвар Н36. Укажите состав и определите группу сплава по назначению. Опишите влияние легирующих элементов на основную характеристику сплава и причины выбора данного сплава (в связи с аномалией изменения коэффициента термического расширения).

5 Назначьте марку латуни, коррозионно-устойчивой в морской воде. Расшифруйте ее состав и опишите структуру, используя диаграмму состояния медь-цинк. Укажите способ упрочнения латуни и основные свойства.

6 Опишите принципиальное отличие процессов кристаллизации полимеров и металлов.

### **Вариант 21**

- 1 Опишите явление анизотропии.
- 2 Опишите процесс силицирования, цель и сущность процесса, структуру и механические свойства силицированного слоя, область применения.
- 3 Вычертите диаграмму состояния железо-карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения для сплава, содержащего 3,6% углерода при нагревании. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?
- 4 Выберите углеродистую сталь для изготовления напильников. Назначьте режим термической обработки, опишите сущность происходящих превращений, структуру и свойства инструмента после термической обработки.
- 5 В результате термической обработки пружины должны получить высокую упругость. Для их изготовления выбрана сталь 50ХГФА. Укажите состав, назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке данной стали. Опишите структуру и свойства пружин после термической обработки.
- 6 Для изготовления токопроводящих упругих элементов выбран сплав БрБНТ-1,9. Приведите химический состав, режим термической обработки и получаемые механические свойства материала. Опишите процессы, происходящие при термической обработке, и объясните природу упрочнения в связи с диаграммой состояния медь - бериллий.

## **Вариант 22**

- 1 Опишите основные легирующие элементы, вводимые в сталь; влияние легирующих элементов на структуру, механические свойства сталей.
- 2 Опишите процесс силицирования, цель и сущность процесса, структуру и механические свойства силицированного слоя, область применения.
- 3 Вычертите диаграмму состояния железо-карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения для сплава, содержащего 0,6% углерода при нагревании. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?
- 4 Для изготовления деталей песковых насосов (рабочие колеса, улиты) применяют износостойкие материалы. Выберите приемлемый для этих целей материал (ШХ15, 110Г13Л, 300Х28Н2),

приведите химический состав, обоснуйте выбор и укажите технологию изготовления. Назначьте режим термической обработки, обеспечивающий, обеспечивающий получение требуемой структуры и эксплуатационных свойств.

5 Для изготовления ряда деталей в судостроении применяется латунь ЛО 70-1. Укажите состав и опишите структуру сплава. Приведите общую характеристику механических свойств сплава, причины введения олова в данную латунь.

6 Опишите свойства неорганического стекла и методы его получения. Влияние состава на свойства стекла. Область применения.

## Практическая работа

### Анализ сплава определенной концентрации по диаграмме состояния железо-цементит

**Цель:** ознакомление с методами практического использования диаграммы состояния железо – цементит для изучения структур сталей и чугунов при различных температурах нагрева и определение их применения.

**Задание:** ответить на вопросы, используя любую литературу по дисциплине «Материаловедение», по теме: «Диаграмма состояния системы железо–углерод»:

1. Какими способами можно получить сплавы \_\_\_\_\_

2. В чем разница между фазой и структурной составляющей сплава?

3. В сплавах возможно образование следующих фаз \_\_\_\_\_

4. К каким типам сплавов относятся структуры: феррит, аустенит, ледебурит, цементит, перлит?

Твердые растворы \_\_\_\_\_

Химические соединения \_\_\_\_\_

Механические смеси \_\_\_\_\_

5. С какой целью строят диаграммы состояния сплавов?

6. В каких координатах строят диаграмму состояния железо–цементит?

7. Как влияют на механические свойства сплавов структуры: цементит, феррит, перлит, ледебурит? Данные занесите в таблицу 1.

Таблица 1 - Зависимость механических свойств сплавов от их структуры

Структура	Механические свойства		
	Прочность	Твердость НВ	Пластичность
Феррит			
Цементит			
Перлит			
Ледебурит			

8. Укажите, при каком содержании углерода в %, стали являются доэвтектоидными?

9. Укажите, при каком содержании углерода в %, стали являются заэвтектоидными?

10. Укажите, при каком содержании углерода в %, сталь является эвтектоидной?
11. Какая линия на диаграмме состояния системы Fe – Fe<sub>3</sub>C соответствует началу кристаллизации и как она называется?
12. Какая линия на диаграмме состояния системы Fe – Fe<sub>3</sub>C соответствует окончанию кристаллизации сплава и как она называется?
13. Каково содержание углерода в чугунах.
14. Какие чугуны применяются в машиностроении: доэвтектические или заэвтектические?
15. Постройте кривые охлаждения сплава согласно своему варианту

№ варианта	Сплав с содержанием углерода в %
1	0,02
2	0,5
3	0,8
4	1,7
5	3,5
6	4,3
7	5,5
8	0,3
9	0,9
10	2,4

**Содержание отчета:**

- 1 цель работы;
- 2 ответы на вопросы;
- 3 заполненная таблица «Зависимость механических свойств сплавов от их структуры»;
- 4 кривые охлаждения сплава согласно своему варианту.
- 5 анализ полученных результатов, выводы.



## Экзаменационные вопросы

- 1 Общая классификация материалов в зависимости от проявления эл. и магнитных свойств в электромагнитном поле.
- 2 Атомно-кристаллическое строение металлов. Элементарные ячейки.
- 3 Полиморфные превращения металлов. Анизотропия металлов.
- 4 Кристаллизация металлов и сплавов, дефекты кристаллической решетки.
- 5 Физико-химические, механические и технологические свойства металлов.
- 6 Понятие о механических испытаниях металлов. Испытание на твердость.
- 7 Диаграмма деформации металлов при испытании на растяжение.
- 8 Испытание металлов на ударную нагрузку и усталость.
- 9 Понятие о сплавах. Типы сплавов.
- 10 Диаграммы состояния сплавов.
- 11 Связь диаграммы состояния сплава с его физико-механическими свойствами.
- 12 Диаграмма состояния Fe - Fe<sub>3</sub>C.
- 13 Углеродистые стали, влияние примесей на свойства стали. Классификация и маркировка углеродистых сталей.
- 14 Виды чугунов, влияние примесей на структуру и свойства чугунов. Маркировка и применение чугунов.
- 15 Понятие о легированной стали. Классификация легированных сталей. Маркировка.
- 16 Понятие о термической обработке металлов. Продукты распада при различной скорости охлаждения, характеристика.
- 17 Основные виды термической обработки стали. Отжиг.
- 18 Закалка и нормализация стали.
- 19 Отпуск стали. Виды отпуска. Цель проведения. Дефекты термической обработки стали.
- 20 Химико-термическая обработка стали и ее назначение.
- 21 Понятие о коррозии металлов, виды коррозии. Способы защиты металлов от коррозии.
- 22 Пластическая деформация металлов.
- 23 Методы и средства изучения строения металлов. Рентгеноструктурный анализ.

24 Назначение и сущность дефектоскопии. Магнитные, ультразвуковые и радиационные методы контроля качества материалов.

25 Стали и сплавы с особыми свойствами.

26 Медь. Основные свойства. Область применения.

27 Сплавы на основе меди. Маркировка. Основные свойства. Область применения.

28 Алюминий. Сплавы на алюминиевой основе. Маркировка. Область применения.

29 Титан, его сплавы и их применение. Маркировка.

30 Магний. Сплавы магния. Маркировка. Область применения. Антифрикционные сплавы.

31 Природа магнетизма. Классификация материалов по магнитным свойствам.

32 Магнитомягкие материалы. Особенности их свойств. Область применения.

33 Магнитотвердые материалы. Особенности их свойств. Область применения.

34 Проводниковые материалы с малым удельным сопротивлением. Для изготовления чего они применяются?

35 Проводниковые материалы с большим удельным сопротивлением. Для изготовления чего они применяются?

36 Полупроводниковые материалы. Их свойства и область применения.

37 Газообразные диэлектрики. Их свойства и область применения.

38 Жидкие диэлектрики, их классификация. Требования, предъявляемые к жидким диэлектрикам.

39 Нефтяные масла, их свойства и область применения.

40 Синтетические жидкие диэлектрики.

41 Полимеризационные синтетические полимеры. Их свойства и область применения.

42 Поликонденсационные синтетические полимеры. Их свойства и область применения.

43 Понятие о лаках и эмалях, их свойства и классификация.

44 Понятие о компаундах, их состав, свойства, способ нанесения. Понятие о клеях, преимущества клеевых соединений по сравнению с другими видами соединений.

45 Классификация и общие свойства волокнистых материалов. Область применения.

46 Слоистые пластики, их виды, способы получения и область применения.

47 Пластические массы, их состав, свойства и область применения. Понятие о термопластах и реактопластах.

48 Резины. Состав и технология изготовления резиновых материалов. Виды и область их применения.

49 Слюда, ее свойства и область применения.

50 Электроизоляционные материалы из слюды, технология их получения, свойства.

51 Электрокерамические материалы, их свойства и классификация. Область применения.

52 Электроизоляционные стекла, их состав, свойства, область применения.

53 Порошковые материалы. Свойства и применение.

54 Композиционные материалы, классификация, строение, применение.

## **Список использованных источников**

1 Никифоров В.М. Технология металлов и других конструкционных материалов. – М.: Политехника, 2016 - 382с.

2 Дальский А.М., Арутюнова И.А. и др. Технология конструкционных материалов. – М.: Машиностроение, 2014 - 448 с.

3 Кузьмин Б.А., Самохоцкий А.И. Металлургия, металловедение и конструкционные материалы. – М.: Высшая школа, 2014 - 254 с.

4 Самоходский А.И., Кунявский М.Н., Кунявская Т.М. и др. Металловедение. – М.: Metallurgia, 2015 - 416 с.

5 Гелин Ф.Д. Металлические материалы /Ф.Д. Гелин, А.С. Чаус. - Минск: Дизайн ПРО, 2015 - 304 с.

6 Казанцев А.П. Электротехнические материалы. – М.: Дизайн ПРО, 2014 - 96 с.

7 Овчинников В.В. Материаловедение: учебник – М.: ИД «Форум»: ИНФРА-М, 2015 – 298 с.

8 Власов В.С. Металловедение: Учебное пособие для студентов учебник – М.: ИД «Форум»: ИНФРА-М, 2013 – 312 с.

## **Содержание**

Введение

3

Тематический план учебной дисциплины	5
Содержание учебной дисциплины	7
Методические рекомендации по выполнению контрольной работы	92
Контрольная работа	93
Практическая работа «Анализ сплава определенной концентрации по диаграмме состояния железо-цементит»	107
Экзаменационные вопросы	109
Список использованных источников	112