### ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

### СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

«ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ «МОСКОВИЯ»

Голубина М.А.

### Учебно-методическое пособие

курса

Материаловедение

для студентов

заочной (дистанционной) формы обучения

2014 год

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА.**

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА.**

.

Рабочая программа учебной дисциплины является частью основной профессиональной образовательной программы в соответствии с ФГОС по следующим специальностям СПО:

151031 «Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования» (по отраслям) (базовая подготовка), входящей в состав укрупненной группы специальностей 150000 Металлургия, машиностроение и материалообработка, направление подготовки 151000 Технологические машины и оборудование;

140448 «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования» (по отраслям) (базовая подготовка), входящей в состав укрупненной группы специальностей 140000 Энергетика, энергетическое машиностроение и электротехника, направление подготовки 140440 Электроэнергетика и электротехника

и является единой для всех форм обучения.

Учебная дисциплина «Материаловедение» является общепрофессиональной, устанавливающей базовые знания для освоения специальных дисциплин.

В результате изучения дисциплины студент должен :

иметь представление :

- о взаимосвязи дисциплины «Материаловедение» с другими

общепрофессиональными и специальными дисциплинами;

- о прикладном характере дисциплины в рамках специальности;

- о новейших достижениях и перспективах развития в области

материаловедения;

знать :

- строение и свойства металлов, методы их исследования ;

- классификацию материалов, металлов, сплавов ;

- области применения материалов ;

- методы воздействия на структуру и свойства материалов;

уметь:

- выбирать материалы для конструкций по их назначению,

свойствам и условиям эксплуатации ;

- проводить исследования и испытания материалов ;

- работать с нормативными документами для выбора

материалов с целью обеспечения требуемых характеристик

изделий.

Рабочая программа дисциплины «Материаловедение» рассчитана на 76 часов .

Учебная дисциплина «Материаловедение» носит прикладной характер , поэтому тесно взаимосвязана с другими дисциплинами и будущей профессиональной деятельностью.

В содержании учебной дисциплины по каждой теме приведены требования к формируемым представлениям, знаниям и умениям, представлены темы практических работ. Для развития творческой активности студентов рекомендуется выпол­нение ими самостоятельных творческих работ по проблемам материалове­дения (перечень тем, предлагаемых для самостоятельной работы студентов, также представлен).

**ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН.**

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование разделов и тем | Кол-во  часов |
| **Введение.** | **2** |
| **Раздел 1. Закономерности формирования**  **структуры материалов.** | **26** |
| Тема 1.1. Строение и свойства материалов. | 12 |
| Тема 1.2. Формирование структуры литых материалов. | 2 |
| Тема 1.3. Диаграммы состояния металлов и сплавов. | 6 |
| Тема 1.4. Формирование структуры деформированных  металлов и сплавов | 2 |
| Тема 1.5. Термическая и химико-термическая  обработка металлов и сплавов. | 4 |
| **Раздел 2. Материалы, применяемые в**  **машино- и приборостроении** | **30** |
| Тема 2.1. Конструкционные материалы. | 12 |
| Тема 2.2. Материалы с особыми технологическими свойствами. | 4 |
| Тема 2.3. Износостойкие материалы. | 2 |
| Тема 2.4. Материалы с малой плотностью. | 2 |
| Тема 2.5. Материалы, устойчивые к воздействию  температуры и рабочей среды. | 2 |
| Тема 2.6. Неметаллические материалы. | 8 |
| **Раздел 3. Материалы с особыми**  **физическими свойствами.** | **8** |
| Тема 3.1. Материалы с особыми магнитными свойствами. | 2 |
| Тема 3.2. Материалы с особыми тепловыми свойствами. | 2 |
| Тема 3.3. Материалы с особыми электрическими свойствами. | 4 |
| **Раздел 4. Инструментальные материалы.** | **4** |
| **Раздел 5. Порошковые и композиционнные материалы.** | **4** |
| Тема .5.1 Порошковые материалы. | 2 |
| Тема 5.2. Композиционные материалы. | 2 |
| **Контрольная работа.** | **2** |
| **ИТОГО :** | **76** |

**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.

**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;

*уметь:*

*-* определять свойства материалов

Элементы кристаллографии: кристаллическая решетка, анизотропия,

полиморфизм; влияние типа связи на структуру и свойства кристаллов; фазовый состав сталей и сплавов; диффузия в металлах и сплавах.

**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.

**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-Fe3С (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.

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

Студент должен:

*тать:*

* особенности пластической деформации моно- и поликристаллов;
* диаграмму растяжения металлов;

- явления возврата и рекристаллизации.

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

Возврат и рекристаллизация.

**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 об­  
  работки;

*уметь:*

* обосновывать выбранный режим термической обработки;
* проводить термическую обработку сталей и сплавов.

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. Диффузионное насыщение сплавов металлами и неметаллами.

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

**Теми 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. Методы повышения конструктивной прочности материалов и их техниче­ские характеристики, критерии прочности, надежности, долговечности, эко­номической целесообразности и т. д.

Классификация конструкционных материалов и их технические характеристики. Влияние углерода и посто­янных примесей на свойства сталей. Углеродистые стали: обыкновенного качества и качественные стали. Чугуны. Легированные стали.

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

Студент должен:

*знать:*

* количественные и качественные характеристики обрабатываемости  
  резанием;
* 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.

**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;
* принципы подбора износостойких материалов для машин и меха­низмов.

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

**Тема 2.4. Материалы с малой плотностью.**

Студент должен:

* сплавы на основе алюминия: свойства, классификацию, маркировку, применение;
* сплавы на основе магния: свойства, классификацию, маркировку,  
  применение;
* сплавы на основе титана.

*уметь:*

проводить отбор материалов с малой плотностью, в зависимости oi 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. Сплавы на основе титана.

**Тема 2.5. Материалы, устойчивые к воздействию температуры и рабочей среды.**

Студент должен:

*знать:*

- особенности процессов химической и электрохимической коррозии;

- основные способы защиты деталей машин в 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, коррозионно-стойкие покрытия. Жа­ростойкие материалы. Жаропрочные материалы. Практическое занятие.

**Тема 2.6. 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.

**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 магнитотвердых материалов; принципы подбора материалов с магнитными свойствами.

Общие сведения о ферромагнетиках, их классификация. Магнитомягкие материалы. Низкочастотные магнитомягкие материалы. Высоко­частотные магнитомягкие материалы. Материалы со специальными маг­нитными свойствами. Магнитотвердые материалы: общие требования, литые материалы, порошковые материалы, деформируемые сплавы.

**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.

**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-n переходов. Диэлектрики, электроизоля­ционные лаки, эмали и компаунды.

**Раздел 4. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Студент должен:

*знать:*

- основные свойства, которыми должен обладать материал для ре­-

жущих 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;

- 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

давление.

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

Стали 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.

**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;

- свойства и применение порошковых материалов.

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

**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.

**Письменная контрольная работа.**

**РЕКОМЕНДУЕМАЯ ТЕМАТИКА**

**САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

**СТУДЕНТОВ**

1. Влияние окружающей среды на процесс кристаллизации.
2. Связь между составом, строением и свойствами сплавов.
3. Виды ликвации и методы их устранения.
4. Понятие конструктивной прочности материалов.
5. Влияние легирующих элементов на критические точки Ai; A2; А?; А4.
6. Карбидообразующие легирующие элементы.
7. Улучшаемые стали. Термическая обработка улучшаемых сталей.
8. Основные принципы выбора для различного назначения цементиру-  
   емых, улучшаемых, пружинно-рессорных, износостойких сталей.
9. Области применения титановых, алюминиевых, медных сплавов;  
   сплавов на основе цинка, свинца и олова.

10. Преимущества и недостатки пластмасс по сравнению с металличе­скими материалами.

1. Отличие технической керамики от обычной.
2. Основные методы повышения качества древесины.
3. Возможности применения древесного материала в различных отрас-­  
   лях народного хозяйства.

!4. Основные перспективы развития композиционных и аморфных ма­териалов.

15. Твердые сплавы и режущая керамика.

16. Технология порошковой металлургии.

17. Сверхтвердые материалы.

18. Абразивные материалы.

19. Термопластичные и термореактивные пластмассы.

20. Пленкообразующие материалы.

21. Резистивные материалы.

22. Материалы для криогенной техники.

23. Аморфные металлические сплавы.

24. Легированные чугуны со специальными свойствми.

25. Латуни и бронзы.

26. Неорганическое стекло.

27. Горюче-смазочные материалы для двигателей внутреннего сгорания.

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

**по всем темам курса.**

**Раздел 1. Закономерности формирования структуры материалов.**

Тема 1.1. Строение и свойства материалов.

1. Атомно-кристаллическое строение металлов. Типы кристаллических решёток.
2. Явление анизотропии.
3. Аллотропия ( полиморфизм ). Рассмотреть явление на примере кривой охлаждения железа.
4. Точечные дефекты кристаллических решёток.
5. Линейные дефекты кристаллических решёток.
6. Поверхностные и объёмные дефекты кристаллических решёток.
7. Понятие металлического сплава. Фазовый состав и структура металлических сплавов.
8. Основные свойства металлов и сплавов.
9. Механические свойства металлов, методы их испытаний.
10. Методы измерения твёрдости металлов.

Тема 1.2. Формирование структуры литых материалов.

1. Процесс кристаллизации металлов и сплавов.
2. Сущность дендритной кристаллизации. Строение литых слитков.

Тема 1.3. Диаграммы состояния металлов и сплавов.

1. Диаграммы фазового равновесия двойных сплавов. Правило фаз.
2. Понятие внутрикристаллической ликвации.
3. Сплавы железа с углеродом : компоненты, фазы и структурные составляющие системы Fe – C.
4. Диаграмма состояния « железо-цементит» : первичная кристаллизация.
5. Диаграмма состояния « железо-цементит» : вторичная кристаллизация.
6. Диаграмма состояния « железо-цементит» : классификация сплавов по содержанию углерода.

Тема 1.4. Формирование структуры деформированных металлов и сплавов.

1. Особенности пластической деформации материалов.
2. Диаграмма растяжения металлов.

Тема 1.5. Термическая обработка металлов и сплавов.

1. Назначение, сущность и виды термической обработки металлов и сплавов.
2. Назначение, сущность и виды отжига. . Нормализация.
3. Назначение, сущность и виды закалки.
4. Назначение и виды отпуска. Улучшение.
5. Термоциклическая обработка стали : особенности, сущность, применение.

Тема 1.6. Химико-термическая обработка металлов и сплавов.

1. Назначение, сущность и виды химико-термической обработки металлов.
2. Цементация : назначение, сущность, виды.
3. Азотирование : назначение, сущность, виды.
4. Цианирование : назначение, сущность, виды.
5. Диффузионная металлизация : назначение, сущность, виды.

**Раздел 2. Материалы, применяемые в машиностроении и приборостроении.**

Тема 2.1. Конструкционные материалы.

1. Классификация конструкционных материалов.
2. Технические характеристики конструкционных материалов : критерии прочности, надёжности и т.д.
3. Влияние углерода и постоянных примесей на свойства сталей.
4. Углеродистые стали : классификация, применение, маркировка.
5. Чугуны : виды, свойства, применение, маркировка.
6. Назначение и сущность легирования сталей. Классификация легированных сталей.
7. Маркировка легированных сталей. Привести примеры.

Тема 2.2. Материалы с особыми технологическими свойствами.

1. Стали с улучшенной обрабатываемостью резанием ( автоматные стали ).
2. Высокопрочные мартенситно-стареющие стали.
3. Медные сплавы : латуни, бронзы, медно-никелевые сплавы.

Тема 2.3. Износостойкие материалы.

1. Классификация видов изнашивания материалов.
2. Антифрикционные материалы : назначение, свойства, группы , применение.
3. Материалы с высокой твёрдостью поверхности (твёрдые сплавы).

Темы 2.4 . Материалы с высокими упругими свойствами.

Материалы с малой плотностью.

Материалы с высокой удельной прочностью.

1. Рессорно - пружинные стали.
2. Сплавы на основе алюминия.
3. Сплавы на основе магния.
4. Титан и сплавы на его основе.
5. Бериллий и сплавы на его основе.

Тема 2.5. Материалы, устойчивые к воздействию температуры и рабочей среды.

1. Коррозия металлов : сущность, виды, особенности.
2. Методы борьбы с коррозией : анодирование, гуммирование, оксидирование и др.
3. Коррозионно-стойкие материалы.
4. Жаростойкие материалы : критерии жаростойкости, основные группы материалов.
5. Жаропрочные материалы : критерии жаропрочности, группы материалов по температуре эксплуатации.

Тема 2.6. Неметаллические материалы.

1. Неметаллические материалы : классификация, свойства, достоинства и недостатки, применение в промышленности.
2. Пластмассы : получение, состав, свойства.
3. Классификация пластмасс. Привести примеры.
4. Виды каучуков. Получение резин ( процесс вулканизации ).
5. Резиновые материалы : состав, виды, свойства, применение.
6. Ситаллы ( стеклокерамика) : структура, свойства, виды.
7. Вспомагательные материалы : смазочные масла, лаки, краски, клеи, герметики и др.

**Раздел 3. Материалы с особыми физическими свойствами.**

Тема 3.1. Материалы с особыми магнитными свойствами.

1. Основные магнитные характеристики материалов. Классификация материалов по магнитным характеристикам : диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики.
2. Магнитотвёрдые сплавы : классификация, маркировка, применение.
3. Магнитомягкие сплавы. Ферриты.

Тема 3.2. Материалы с особыми тепловыми свойствами.

1. Сплавы с высоким электросопротивлением : сплавы для электронагревателей, для элементов сопротивления и реостатов.
2. Сплавы с заданным коэффициентом теплового расширения : инвар, ковар.

Тема 3.3. Материалы с особыми электрическими свойствами.

1. Принцип деления материалов на проводники, полупроводники и диэлектрики.
2. Материалы высокой электропроводимости.
3. Полупроводниковые материалы : свойства, классификация.
4. Простые и сложные полупроводники.
5. Диэлектрики : виды, свойства, применение.

**Раздел 4. Инструментальные материалы.**

**Раздел 5. Порошковые и композиционные материалы.**

1. Материалы для режущих инструментов.
2. Быстрорежущие стали : свойства, маркировка.
3. Материалы для измерительных инструментов.
4. Стали для инструментов обработки давлением ( штамповые ).
5. Пористые порошковые материалы : получение, свойства, применение.
6. Компактные порошковые материалы : получение, свойства, применение.
7. Композиционные материалы : строение, свойства, применение.
8. Композиты с металлической матрицей.
9. Композиты с неметаллической матрицей.
10. Металлопласты : получение, свойства, применение.

**РЕКОМЕНДУЕМАЯ**  **ЛИТЕРАТУРА.**

1. О.С.Моряков Материаловедение, М., издательский центр «Академия», 2008 год
2. А.М. Адаскин, В.М. Зуев Материаловедение, М., ПрофОбрИздат, 2002 год
3. В.М. Никифоров Технология металлов и конструкционные

материалы, Л., «Политехника», 2000 год

4. Котов Ю.С. Материаловедение. М.: "Агар", 1999 .

5. Б.А. Кузьмин и др. Металлургия, материаловедение и

конструкционные материалы, М., «Высшая школа», 1997 год

1. Б.Н. Арзамасов Конструкционные материалы, М., «Машиностроение», 1990 год

7. Ю.Н. Лахтин Материаловедение и термическая обработка

металлов, М., «Металлургия», 1994 год

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.**

**ВВЕДЕНИЕ.**

Методические указания предназначены для оказания помощи студентам при самостоятельном изучении дисциплины «Материаловедение» в процессе дистанционного обучения.

Курс «Материаловедение», в котором изучаются закономерности, определяющие строение и свойства материалов в зависимости от их состава и условий обработки, является одним из основных в цикле общепрофессиональных дисциплин, определяющих подготовку учащихся технических специальностей средних специальных учебных заведений. В ряду общетехнических дисциплин курс «Материаловедение» изучается одним из первых, чтобы на его базе обеспечить усвоение других общетехнических и специальных курсов.

Ускорение развития металлургии и машиностроения — основных отраслей на­родного хозяйства — во многом зависит от успехов в создании и реализации эффективных и ресурсосберегающих материалов и технологий. Поэтому выпускники всех технических специальностей средних специальных учебных заведений должны обладать достаточными знаниями для правильного вы­бора материала, метода его упрочнения и снижения металлоем­кости изделия при одновременном достижении наиболее высокой технико-экономической эффективности. Это основная задача курса «Материаловедение».

Изучение материаловедения дает учащимся необходимую общеинженерную подготовку, обеспечивает получение прочного фундамента знаний, необходимых для практической работы на производстве.

Методические указания представляют собой часть учебного комплекса по материаловедению, включающего также рабочую программу и учебное пособие по курсу «Материаловедение».

Методические указания включают:

- методические рекомендации к темам курса;

- вопросы для самоконтроля;

- методические рекомендации по выполнению письменной

контрольной работы;

- словарь основных понятий и терминов;

- перечень вопросов к экзамену.

## Методические рекомендации к темам курса

Начиная изучение курса «Материаловедение», необходимо обратить внимание на значение и содержание учебной дисциплины и связь ее с другими дисциплинами общепрофессионального и специального циклов дисциплин, значение материаловедения в решении важнейших тех­нических проблем, а также на новейшие достижения и перспективы развития в облас­ти материаловедения.

Материаловедение — наука, изучающая строение и свойства ма­те-риалов и устанавливающая связи между их составом, строением и свойствами.

Вся история человечества связана с развитием материалов. Имен­но материалы дали названия целым эпохам: каменный век, брон­зовый век, железный век.

На ранней стадии развития человечества использовались при­родные материалы — дерево, кость, камень. Особое место занял камень, из которого изготавливались орудия труда — каменные топоры, каменные ножи. Следует отметить, что именно с помо­щью камня около 500 тыс. лет назад люди стали добывать огонь. Использование огня для обжига глины при изготовлении предме­тов домашней утвари породило начало керамической технологии.

На следующем этапе развития стали использоваться металлы. Ес­тественно, что в первую очередь применялись те из них, которые встречаются в природе в чистом, самородном виде. Прежде всего это медь, начало ее применения относят к седьмому тысячелетию до нашей эры. В четвертом тысячелетии до нашей эры начали при­менять сплавы: преобладают уже металлические инструменты из бронзы — сплава меди с другими металлами, в первую очередь с оловом, имеющие лучшие свойства, чем чистая медь. Это означа­ет, что в историю техники вступила технология металлургии.

Важнейшим этапом развития стало использование железа и его сплавов. В середине XIX века осваивается конвертерный метод про­изводства стали, а к концу века — мартеновский. Сплавы на осно­ве железа и в настоящее время являются основным конструкци­онным материалом. Бурный рост промышленности требует появ­ления материалов с самыми различными свойствами. Середина XX века ознаменована появлением полимеров — новых материа­лов, свойства которых резко отличаются от свойств металлов. По­лимеры широко применяют также в различных областях техники: машиностроении, химической и пищевой промышленности и ряде других областей.

Развитие техники требует материалов с новыми уникальными свойствами. Для атомной энергетики и космической техники необ­ходимы материалы, которые могут работать при весьма высоких температурах. Компьютерные технологии стали возможными толь­ко при использовании материалов с особыми электрическими свой­ствами. Таким образом, материаловедение — одна из важнейших, приоритетных наук, опре-деляющих технический прогресс.

Основным объектом изучения материаловедения являются важ-нейшие конструкционные материалы (металлические и неметалличес-кие), их строение и свойства, формирование структуры, технологии термической обработки , а также область применения различных материалов.

Несмотря на все более широкое использование неметалли­ческих материалов, металлы и сплавы останутся и в ближайшем будущем основным конструкционным и инструментальным мате­риалом. Поэтому основное внимание в курсе «Материаловедение» уделено ме­таллам.

**Раздел 1. Закономерности формирования структуры материалов.**

**Тема 1.1. Строение и свойства материалов**.

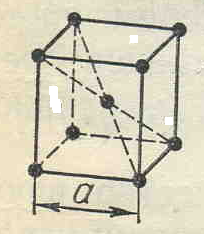
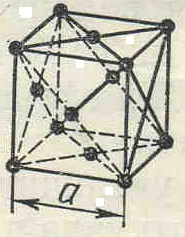
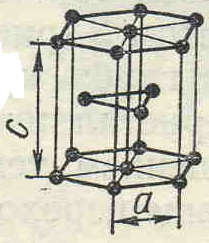
Тему «Строение и свойства материалов» целесообразно начать с изучения атомно-кристаллического строения металлов, т.к. именно строением металла или сплава определяются его свойства. Далее описать свойства металлов и сплавов, методы их испытаний.

Металлы— кристаллические тела, атомы которых располага­ются в геометрически правильном порядке, образуя кристаллы, в отличие от аморфных тел (например, смола), атомы которых находятся в беспорядочном состоянии.

Располагаясь в металлах в строгом порядке, атомы в плоскости образуют атомную сетку, а в пространстве — атомно-кристаллическую решетку. Типы кристаллических решеток у различных металлов различ­ные. Наиболее часто встречаются решетки: кубическая объемно-центрированная (рис.1,а), кубическая гранецентрированная (рис.1,б) и гексагональ­ная плотноупакованная (рис.1,с).

В элементарной ячейке решетки кубической объемно-центрированной атомы расположены в вершинах куба и в центре куба; такую решетку имеют хром, ванадий, вольфрам, молибден и др. Вячейке кубической гранецентрированнойрешетки атомы расположены в вер­шинах и в центре каждой грани куба; такую решетку имеют алю­миний, никель,

медь, свинец и др. В ячейке гексагональнойрешетки атомы распо-ложены в вершинах шестиугольных оснований призмы, в центре

а) б) с)

Рис.1. Элементарные ячейки кристаллических решеток.

этих оснований и внутри призмы; гексагональную решетку имеют магний, титан, цинк и др. В реальном металле кристалли­ческая решетка состоит из огромного количества ячеек.

Особенностями расположения атомов в кристалле объясняется явление анизотропии, т.е. неодинаковости свойств кристалла в разных кристаллографических направлениях.

Следует отметить также способность металлов в твердом состоянии иметь различное кристаллическое строение, а следовательно, и свойства при различных температурах. Процесс перехода из одной кристаллической формы в другую называется аллотропическим (полиморфным) превращением.

Многие металлы в зависимости от температуры могут существовать в разных кристаллических формах или, как их назы­вают, в разныхполиморфных модификациях*.* В результате поли­морфного превращения атомы кристаллического тела, имеющие решетку одного тина, перестраиваются таким образом, что обра­зуется кристаллическая решетка другого типа. Полиморфную модификацию, устойчивую при более низкой температуре, для большинства металлов принято обозначать буквой α, а при более высокой — β, затем γ и т. д. Полиморфное превращение сопровождается скачкообразным из­менением всех свойств металлов или сплавов: удельного объема, теплоемкости, тепло-проводности, электрической проводимости, магнитных свойств, механических и химических свойств и т. д.

Рассмотрев атомно-кристаллическое строение металлов, нельзя не отметить , что реальный кристалл имеет структурные несовершенства. Эти нарушения идеальной структуры твердых тел оказывают влияние на

их свойства. Дефекты кристаллического строения классифицируются по геометрической форме и размерам на точечные (вакансии, межузельные и примесные атомы), линейные (дислокации), поверхностные (границы зерен) и объемные (поры, трещины).

Чистые металлы применяются для изготовления изделий редко, т.к. они в большинстве случаев не обеспечивают требуемых свойств. Чаще в технике применяют сплавы, поэтому следующим вопросом для изучения в данной теме является фазовый состав и структура металлических сплавов.

Металлический сплав – это вещество, состоящее из двух или более элементов, обладающее металлическими свойствами.

В зависимости от взаимодействия компонентов сплава могут образовываться следующие фазы: жидкие растворы, твердые растворы, химические соединения и механические смеси.

Форма, размеры и характер взаимного расположения фаз в сплаве характеризуют структуру сплава. Структура сплава выявляется микроанализом. Изменение структуры сплава сопровождается изменением его свойств.

Далее будут рассмотрены основные свойства металлов и сплавов и методы их испытаний.

У металлов выделяют механические, технологические, физи­ческие и химические, а также эксплуатационные свойства. К физическим свойствам относятся цвет, плотность, температура плавления, электро- и тепло­проводность, магнитные свойства, теплоемкость, расширение и сжа­тие при нагреве, охлаждении и при фазовых превращениях; к химическим — окисляемость, растворимость, коррозионная стойкость, жароупорность; к механическим — прочность, твердость, упругость, вязкость, пластичность, хрупкость; к тех­нологическим- прокаливаемость, жидкотекучесть, ков­кость, свариваемость, обрабатываемость резанием.Эксплуатационные свойства – это свойства, необходимые при эксплуатации детали или конструкции из данного сплава. Например, для режущего инструмента – это твердость, для рессор и пружин – упругость и т.д. Данная классификация свойств является условной.

Рассмотрим механические свойства. Первым требованием, предъявляе­мым ко всякому изделию, является достаточная прочность.

Прочность — это способность материала сопротивляться разрушению и появлению остаточных деформаций под действи­ем внешних сил; удельная прочность — отношение предела проч­ности к плотности (для некоторых, например, алюминиевых спла­вов или титана она выше, чем для стали).

Твердостью называется сопротивление материала дефор­мации в поверхностном слое при местном силовом контактном воздействии.

Твердость металлов дает возможность изготовлять из них режу­щие инструменты и детали с высокой износоустойчивостью.

Определение твердости производится быстро и не требует специальных образцов. Кроме того, сведения о твердости позволяют в некоторых случаях судить о других ме­ханических свойствах металлов, например, о прочности. Поэтому испытания на твердость широко применяют в практике. Наи­большее распространение имеют определения твердости по методам Роквелла, Бринелля и Виккерса, которые заключаются во вдавливании в испытуемый образец алмазного конуса, стального закаленного шарика или четырехгранной алмазной пирамиды соответственно.

Упругость — свойство материала восстанавливать свою форму после прекращения действия внешних сил, вызвавших де­формацию.

Вязкостью материала называют его способность погло­щать механическую энергию и при этом проявлять значитель­ную пластичность вплоть до разрушения. Вязкие металлы при­меняют для деталей, которые при работе подвергаются ударной нагрузке.

Пластичность металлов дает возможность обрабатывать их давлением (ковать, прокатывать, волочить).

Механические свойства определяют в процессе различных испытаний.

Статическими называ­ют такие испытания, при которых испытуемый материал подвергают воздействию постоянной силы или силы, возрастающей весьма мед­ленно.

Динамическими называют испытания, при которых испытуемый материал подвергают воздействию удара или силы, возрастающей весьма быстро.

Кроме статических и динамических, в необходимых случаях про­изводят испытания на усталость, ползучесть и износ, которые дают более полное представление о свойствах материалов.

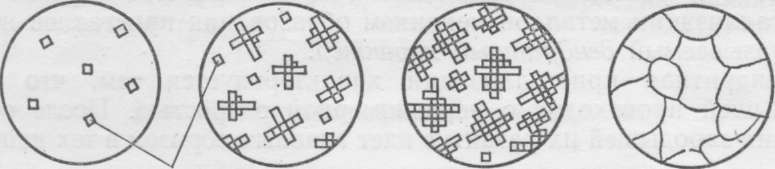
Изучение вопросов данной темы дает возможность понять материал следующей темы.

**Тема 1.2. Формирование структуры литых материалов.**

В теме 1.2. «Формирование структуры литых материалов» основ-ным объектом изучения является процесс кристаллизации металлов и сплавов.

Кристаллизация – это процесс образования кристаллов при переходе металла из жидкого состояние в твердое.

Кристаллизация состоит из двух процессов: зарождения мельчайших частиц кристаллов (зародышей или центров кристаллизации) и роста кристаллов из этих центров (рис.2).



Центры кристаллизации

Рис.2. Последовательные этапы процесса кристаллизации.

Рост кристаллов заключается в том, что к их зародышам при­соединяются все новые атомы жидкого металла. Сначала кристаллы растут свободно, сохраняя правильную геометрическую форму, но это происходит только до момента встречи растущих кристаллов. В месте соприкосновения кристаллов рост отдельных их граней прекращается и развиваются не все, а только некоторые грани кристаллов. В результате кристал­лы не имеют правильной геометри­ческой формы. Такие кристаллы называют кристаллитами или зернами. Величина зерен зависит от числа центров кристаллизации и скорости роста кристаллов. Чем больше центров кристаллизации, тем больше кристаллов образуется в данном объеме и каждый кристалл (зерно) меньше. На образование центров кристаллизации влияет скорость охлаждения. Чем больше скорость охлаждения ме­талла, тем больше возникает в нем центров кристаллизации, и зерна получаются мельче. Это подтверждается на практике — в тонких сечениях литых деталей, охлаждающихся более быстро, ме­талл всегда получается более мелкозернистым, чем в толстых массивных литых деталях, охлаждающихся медленнее. Однако не всегда можно регулировать ско­рость охлаждения.

Методом получения мелкого зерна при затвердевании металла является создание искусственных центров кристаллизации. Для этого в расплавленный металл вводят специальные вещества, назы­ваемые модификаторами; процесс искусственного регулирования размеров зерен получил название *модифицирования.*

Форма растущих кристаллов определяется не только условиями их столкновений между собой, но и составом сплава, наличием примесей и условиями охлаждения. В большинстве случаев при кристаллизации металлов механизм образования

кристаллов носит так называемый *дендритный характер.*

Дендритная кристаллизация характеризуется тем, что рост зародышей происходит с неравномерной скоростью. После обра­зования зародышей их развитие идет главным образом в тех направлениях решетки, которые имеют наибольшую плотность упаковки атомов (минимальное межатомное расстояние). В этих направлениях образуются длинные ветви будущего кристалла — так называе­мые *оси первого порядка* ( 1 на рис. 3). В дальнейшем от осей первого порядка под определенными углами начинают расти новые оси, которые называют *осями вто­рого порядка (2),* от осей второго порядка растут *оси третьего порядка (3)* и т. д.

По мере кристаллизации образуются оси более высокого порядка (четвертого, пятого, шестого и т. д.), которые по­степенно заполняют все промежутки, ранее занятые жидким металлом.

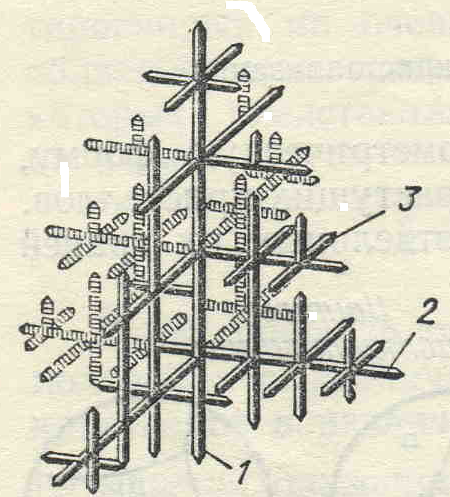


Рис.3. Схема дендритного строения.

Дендритное строение характерно для литого металла.

Первичной кристаллизацией называют образование кристаллов при переходе металла из жидкого состояния в твердое.

Вторичная кристаллизация – это превращения в затвердевшем металле при его дальнейшем остывании. Сюда относятся перекристаллизация из одной модификации в другую (полиморфные превращения), распад твердых растворов, распад и образование химических соединений.

Кристаллизация протекает в условиях, когда система переходит к термодинамически более устойчивому состоянию с меньшей энергией Гиббса (свободной энергией).

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

Тема 1.3. « Диаграммы состояния металлов и сплавов» данного раздела изучает диаграммы фазового равновесия двойных сплавов.

При изучении данного вопроса следует обратить внимание на его значимость , а также рассмотреть правил построения диаграмм. Затем подробно изучить диаграмму состояния «железо-цементит».

Диаграммы фазового равновесия, или диаграммы состоя­ния, в удобной графической форме показывают фазовый состав сплава в зависимости от температуры и концентрации. Диаграммы состояния строят для условий равновесия или условий, достаточно близких к ним.

Равновесное состояние соответствует минимальному значению энергии Гиббса. Это состояние может быть достигнуто только при очень малых скоростях охлаждения или длительном нагреве. В связи с этим рассмотрение диаграмм состояния позволяет опре­делить фазовые превращения в условиях очень медленного охлаж­дения или нагрева. Истинное равновесие в практических условиях достигается редко. В подавляющем числе случаев сплавы нахо­дятся в метастабильном состоянии, т. е. в таком состоянии, когда они обладают ограниченной устойчивостью и под влиянием внеш­них факторов переходят в другие более устойчивые состояния, так как их энергия Гиббса больше минимальной. Для целей прак­тики важно, что метастабильные состояния нередко сообщают сплавам высокие механические или другие свойства. В этом случае металловедение должно установить природу метастабильных со­стояний, обеспечивающих оптимальный комплекс свойств, и раз­работать режимы термической или какой-либо другой обработки, позволяющей получить эти неравновесные состояния. Исходным положением при решении этих задач является знание диаграмм фазового равновесия

Правило фаз. Диаграммы фазового равновесия характеризуют окончательное или предельное состояние сплавов, т. е. полученное после того, как все превращения в них произошли и полностью закончились. Это состояние сплава зависит от внешних условий (температуры, давления) и характеризуется числом и концентра­цией образовавшихся фаз. Закономерность изменения числа фаз в гетерогенной системе определяется правилом фаз.

Правило фаз устанавливает зависимость между числом степе­ней свободы, числом компонентов и числом фаз и выражается уравнением

*С* = *К +* 2 — Ф,

где *С* — число степеней свободы системы (или вариантность); К — число компонентов, образующих систему, т. е. минимальное число химических элементов, необходимых для образования любой фазы системы; 2 — число внешних факторов; *Ф* — число фаз, находящихся в равновесии.

Под числом степеней свободы (вариантностью системы) пони­мают возможность изменения температуры, давления и концентра­ции без изменения числа фаз, находящихся в равновесии.

При изучении физико-химических равновесий за внешние факторы, влияющие на состояние сплава, принимают температуру и давление. Применяя правило фаз к металлам, можно во многих случаях принять изменяющимся только один внешний фактор — температуру, так как давление, за исключением очень высокого, мало влияет на фазовое равновесие Сплавов в твердом и жидком состояниях. Тогда уравнение примет следующий вид: С = К + + 1 — *Ф.* Так как число степеней свободы не может быть меньше нуля и не может быть дробным числом, то *К,* — *Ф +* 1 *>* 0, а К + 1, т. е. число фаз в сплаве, находящемся в равновесном состоянии, не может быть больше, чем число компонентов плюс единица. Следовательно, в двойной системе в равновесии может находиться не более трех фаз, в тройной — не более четырех и т. д.

Если в равновесии в системе с определенным числом компонен­тов находится максимальное число фаз, то число степеней свободы системы равно нулю *(С =* 0). Такое равновесие называют *нонвариантным* (безвариантным). При нонвариантном равновесии сплав из данного числа фаз может существовать только в совершенно определенных условиях: при постоянной температуре и определен­ном составе всех находящихся в равновесии фаз. Это означает, что превращение начинается и заканчивается при одной постоян­ной температуре.

В случае уменьшения числа фаз на одну против максимально возможного число степеней свободы возрастает на единицу (С = 1). Такую систему называют *моновариантной* (одновариантной). Когда *С* = 2, система *бивариантна* (двухвариантна).

Обычно диаграммы состояния строят экспериментально, а термодинамические равновесия и правила фаз используют для анализа опытных данных. Диаграммы состояния строят в коорди­натах температура — концентрация в процентах по массе или реже в атомных процентах.

Для построения диаграмм состояния, особенно для определения температур затвердевания, используют термический анализ. Для этой цели экспериментально получают кривые охлаждения отдель­ных сплавов и по их перегибам или остановкам, связанным с тепло­выми эффектами превращений, определяют температуры соответ­ствующих превращений. Эти температуры называют *критическими точками.* Для изучения превращений в твердом состоянии исполь­зуют различные методы физико-химического анализа: микроанализ, рентгеноструктурный, дилатометрический, магнитный и др.

Диаграммы железо—углерод являются фундаментом науки о стали и чугуне. Углерод с железом образует устойчивое хими­ческое соединение цементит или может находиться в сплаве в сво­бодном состоянии в виде графита. Соответственно существуют две диаграммы состояния сплавов железа—углерод: цементитная и графитная.

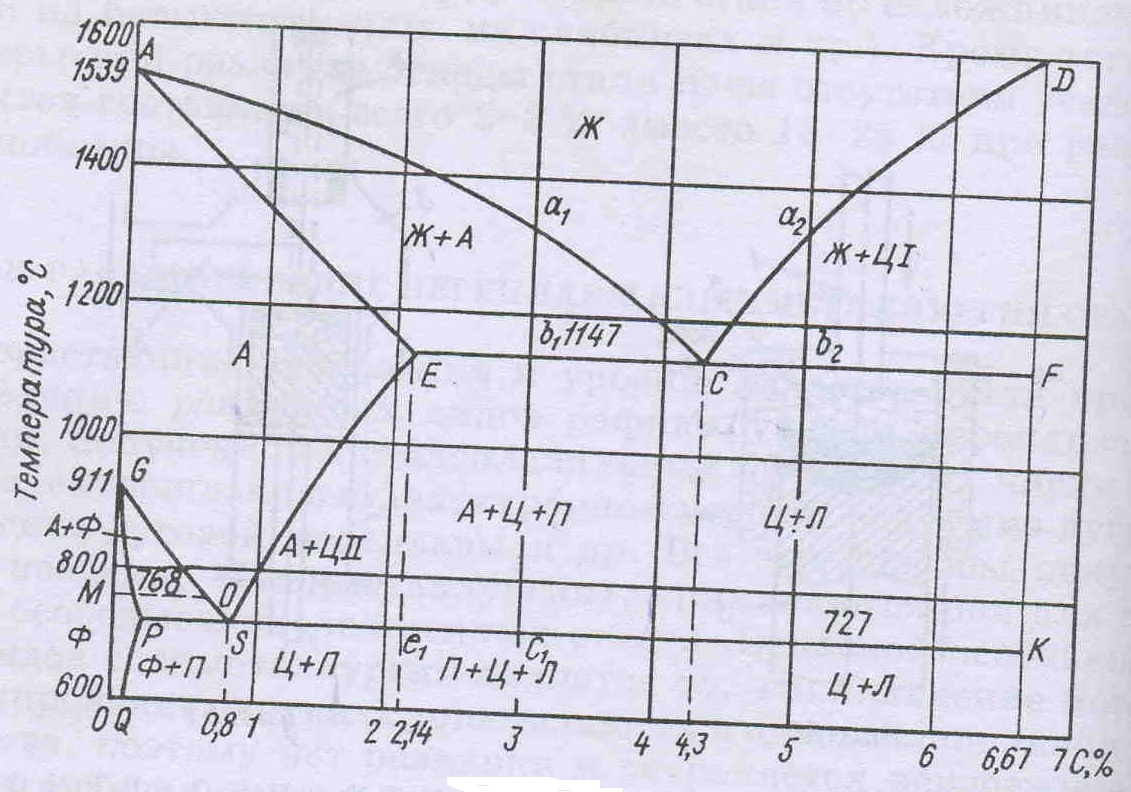


Рис.4. Диаграмма состояния «железо-цементит».

На рис. 4 приведен упрощенный вид цементитной диаграммы. Наибольшее количество углерода по диаграмме (6,67%) соответствует массовому содержанию углерода в хими­ческом соединении — цементите. Следовательно, компонентами, составляющими сплавы этой системы, будут, с одной стороны, чис­тое железо Fe, с другой — цементит Fe3C.

Превращение из жидкого состояния в твердое (первичная кристаллизация). Линия ACD — ликвидус, а линия AECF — солидус. Выше линии АС сплавы системы находятся в жидком состоянии (Ж). По линии АС из жидкого раствора начинают выпадать кристаллы твердого раствора углерода в γ-железе, называемого аустенитом (А); следовательно, в области АСЕ будет находиться смесь двух фаз — жидкого раствора (Ж) и аустенита (А). По линии CD из жидкого раствора начинают выпадать кристаллы цементита (Ц); в области диаграммы CFD находится смесь двух фаз — жидкого раствора (Ж) и цементита (Ц). В точке С при массовом содержании С 4,3 % и температуре 1147 °С происходит одновременно кристаллизация аустенита и цементита и образуется их тонкая механическая смесь эвтектика, называемая в этой системе ледебуритом (Л). Ледебурит присутствует во всех сплавах с массовым содержанием С от 2,14 до 6,67%. Эти сплавы относятся к группе чугуна.

Точка Е соответствует предельному насыщению железа углеродом (2,14 %). Сплавы, лежащие левее этой точки, после полного затвердевания представляют один аустенит. Эти сплавы относятся к группе стали.

Превращения в твердом состоянии (вторичная кристаллизация). Линии GSE, PSK и CPQ показывают, что в сплавах системы в твердом состоянии происходят изменения структуры. Превращения в твердом состоянии происходят вследствие перехода железа из одной модификации в другую, а также в связи с изменением растворимости углерода в железе.

В области диаграммы AGSE находится аустенит (А). При охлаждении сплава аустенит распадается с выделением по линии GS феррита (Ф) — твердого раствора углерода в α-железе, a по линии SE — цементита. Этот цементит, выпадающий из твердого раствора, называется вторичным (ЦII) в отличие от первичного цементита (Ц1), выпадающего из жидкого раствора. В области диаграммы GSP находится смесь двух фаз — ферри­та (Ф) и распадающегося аустенита (А), а в области SEe1 — смесь вторичного цементита и распадающегося аустенита. В точке S при массовом содержании углерода 0,8 % и при температуре 727 °С весь аустенит распадается и одновременно кристаллизует­ся тонкая механическая смесь феррита и цементита — э в т е к т о и д (т. е. подобный эвтектике), который в этой системе назы­вается перлитом (П). Сталь, содержащая 0 8 % С, называет­ся эвтектоидной, менее 0,8 % — доэвтектоидной, от 0,8 до 2,14 % С — заэвтектоидной.

При охлаждении сплавов по линии PSK происходит распад аустенита, оставшегося в любом сплаве системы, с образованием перлита; поэтому линия PSK называется линией перлитного (эвтектоидного) превращения.

Чтобы систематизировать полученную информацию, сравним между собой превращения в точках С и S диаграм­мы (рис. 4), Можно отметить следующее:

1. выше точки С находится жидкий раствор, выше точки S — твердый раствор — аустенит;
2. в точке С сходятся ветви АС и CD, которые указывают на начало выделения кристаллов из жидкого раствора (первичной кристаллизации); в точке S сходятся ветви GS и SE, указываю­щие на начало выделения кристаллов из твердого раствора (вто­ричной кристаллизации);
3. в точке С жидкий раствор, содержащий 4,3 % С, кристалли­зуется с образованием эвтектики — ледебурита; в точке S твер­дый раствор, содержащий 0,8 % С, перекристаллизуется с образо­ванием эвтектоида — перлита; на уровне точки С лежит прямая EF эвтектического (ледебуритного) превращения, на уровне точки S — прямая РК эвтектоидного (перлитного) превращения.

Необходимо обратить внимание на то, что при медленном охлаждении в каждый момент кристаллизации состав самих кристаллов выравнивается путем диффузии. При быстром охлаждении состав внутри кристалла выравниваться не успевает и внутренние части кристалла содержат больше тугоплавкого компонента, чем внешние. Это явление называют внутрикристаллической ликвацией.

Ликвация- неоднородность химического состава сплавов, возникающая при кристаллизации.

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

Изучение данной темы имеет большое значение , т.к. дает базовые знания для освоения технологий обработки металлов давлением, которая основана на использовании пластичности металлов. Из этого следует необходимость ознакомления с понятием «пластической деформации»,

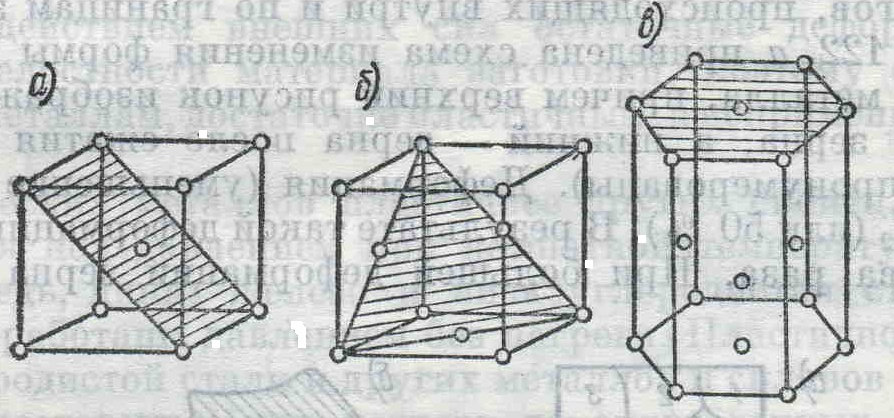
диаграммой растяжения металлов, явлениями возврата и ре-кристаллизации.

Для пластической (остаточной) деформации металла необходимо напряжение, которое больше предела его упругости и меньше предела прочности (чтобы не получилось трещин). Деформирова­ние металла при обработке давлением происходит под действием сил, вызывающих в металле напряжение сжатия (при прокатке, прессо­вании, ковке п объемной штамповке) или напряжение сжатия и ра­стяжения (при волочении и листовой штамповке. Явления при сжа­тии подобны наблюдаемым при растяжении и предел упругости приб­лизительно одинаков, как при растяжении, так и при сжатии. .Поэ­тому для определения области напряжений пластической деформа­ции металла пользуются диаграммами растяжения.

Остаточная (пластическая) деформация металла является следствием сдвигов, происходящих внутри и по границам зерен. При деформации зерна удлиняются настолько, что напоминают волокна, поэтому такую структуру деформированного металла называют волокнистой (полосчатой).

Направление волокон учитывают при конструировании и состав­лении технологии изготовления деталей, так как волокна определяют анизотропность механических свойств. Наибольшие напряжения на растяжение выдерживаются вдоль волокон, а на срез, сдвиг — поперек волокон.

При пластической деформации сдвиг происходит по кристаллографическим плоскостям — плоскостям скольжения. Доказано, что плоскостями легчайшего сдвига являются плоскости, в которых находится наибольшее количество атомов.

 Рис.5.

На рис. 5 показаны плоскости легчайшего сдвига (по одной плоскости для каждого случая) для ячеек объемно-центрированной кубической (рис.5, *а),* для гранецентрированной кубической (рис. 5, б) и гексагональной (рис. 5, *в)* решеток. В каждой ячейке можно показать еще несколько таких плоскостей.

Скольжение при пластической деформации кристалла может про­исходить в одном направлении для всех пластинок ( рис.6,а) или в симметрично проти­воположных направле­ниях (рис. 6, б), когда одна группа пластинок за­нимает зеркально-симмет­ричное положение отно­сительно другой группы. Такую деформацию назы­вают двойникованием, группы пластинок — двойниками скольженияя а плоскость АА, относительно которой симметричен сдвиг, — плоскостью двойникования. Двойникование наблюдается при деформации латуни, аустенита и других сплавов с гранецентрированной кубической решеткой.

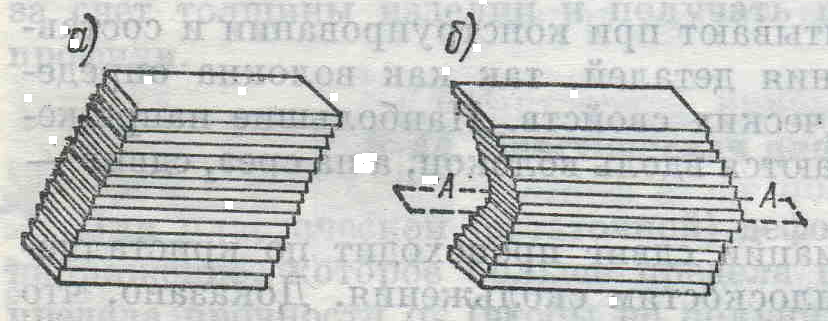
****

Рис.6.

При деформации в холодном состоянии механические и физико- химические свойства металла непрерывно изменяются; твердость, прочность и хрупкость увеличиваются,, а пластичность,; вязкость, плотность, коррозионная стойкость и электропроводность уменьшаются. Это изменение свойств, связанное с деформацией в холодном состоянии, называют наклепом.

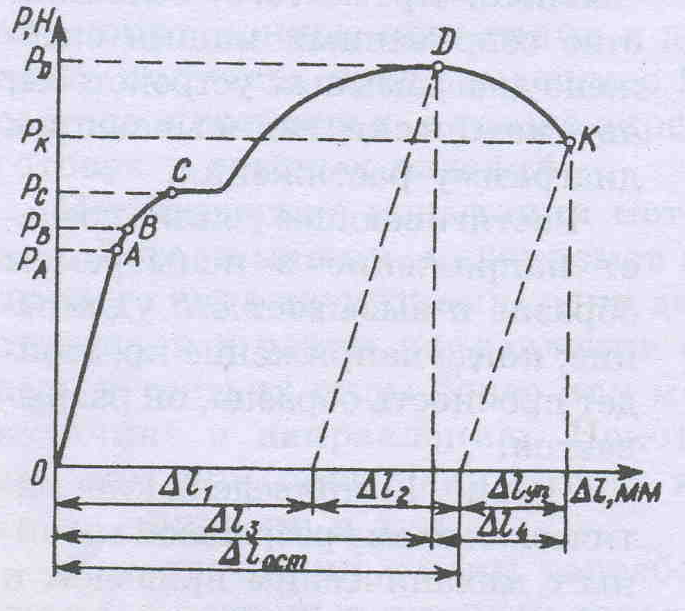


Рис.7.

На рис. 7 приведена диаграмма растяжения мягкой стали, построенная в системе прямоугольных координат. По оси ординат откладывается усилие Р, Н (кгс), по оси абсцисс — деформация (абсолютное удлинение образца Δ*l*, мм). Эта диаграм­ма получается при медленном увеличении растягивающего уси­лия вплоть до разрыва испытуемого образца. Напряжение (σ) в любой точке диаграммы может быть определено путем деле­ния усилия Р на площадь поперечного сечения F0, м2 (мм2), образ­ца до испытания.

На диаграмме можно отметить несколько характерных точек. Участок OA является отрезком прямой и показывает, что до точки А удлинение образца пропорционально нагрузке: каждому прира­щению нагрузки соответствует и одинаковое приращение дефор­мации. Такая зависимость между удлинением образца и прило­женной нагрузкой называется законом пропорциональности.­

При дальнейшем нагру­жении образца наблюдается отклонение от закона пропор­циональности: на диаграмме появляется криволинейный участок. До точки В дефор­мации образца упругие.

Точкой С на диаграмме отмечено начало горизонталь­ной площадки, которая пока­зывает, что образец удлиняет­ся без увеличения нагрузки: металл как бы течет.

Предел текучести стт, Па (кгс/мм2), определяется по формуле

σT = Pc/F0,

где Рс — нагрузка в точке С.

Текучесть характерна только для низкоуглеродистой отожжен­ной стали и для латуни некоторых марок. Стали с большим мас­совым содержанием углерода и другие металлы не имеют пло­щадки текучести на диаграмме растяжения. Для таких металлов определяют условный предел текучести ст0 2, Па, при котором растягиваемый образец получает остаточное удли­нение, равное 0,2 % своей расчетной длины,

σ0,2 = Р0,2 / F0

Точка D показывает наибольшую нагрузку, которую может выдержать образец. Условное напряжение, отвечающее наиболь­шей нагрузке, предшествующей разрушению образца, называется временным сопротивлением разрыву (пре­делом прочности) σв, Па (кгс/мм2) и определяется по формуле

σв = Рmax / F0

где Ртах — нагрузка в точке D.

До точки D удлинение Δ13 образца и сужение его поперечного сечения происходит равномерно по всей длине рабочей части. По достижении точки D деформация образца сосредоточивается в месте наименьшего сопротивления и дальнейшее удлинение Δ*1*4 протекает за счет образования шейки, по которой происходит раз­рыв образца при нагрузке Рк.

При разрыве упругая деформация Δ *1*уп исчезает (упругая де­формация в любой точке кривой будет соответство­вать отрезку, отсекаемому на оси абсцисс нормалью этой точки и прямой, проведенной из этой точки и параллельной отрезку OA), и абсолютное остаточное удлинение Δ*1*ОСТ сложится из удлинения равномерного А и удлинения местного Δ*1*2, т. е.

Δ*1*ОСТ = Δ*11 +*. Δ*1*2,

Для оценки пластичности металла важно знать относи­тельное удлинение δ и относитель­ное сужение площади поперечного сечения ψ (в процентах).

Относительное удлинение (%) определяют по формуле

δ=  100,

где l1 — длина образца после разрыва, мм; l0 — расчетная длина образца, мм

Относительное сужение (%) определяют по формуле

ψ = 100,

где F0 — начальная площадь поперечного сечения образца, мм2; F1 — площадь в месте разрыва, мм2.

У хрупких металлов относительное удлинение и относитель­ное сужение близки к нулю; у пластичных металлов они до­стигают нескольких десятков процентов /

Модуль упругости Е, Па (кгс/мм2) — отношение напряжения в металле при растяжении к соответствующему отно­сительному удлинению в пределах упругой деформации (отрезок ОВ на диаграмме растяжения):

Е = σ/δ.

Модуль упругости характеризует жесткость металла, его сопро­тивление деформации.

Таким образом, при статическом испытании на растяжение оп­ределяют характеристики прочности, упругости и пластичности.

Явление возврата и рекристаллизации.

При нагреве наклепан­ного металла его структура из неустойчивого состояния наклепа переходит постепенно в устойчивое равновесное состояние. Это сопро­вождается изменениями в свойствах металла.

При возврате наблюдается частичное снятие искажений кристал­лической решетки, 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 назы­вают рекристаллизацией, а температуру, при которой начи­нают возникать новые мельчайшие зерна, — температурой ре­кристаллизации.

Акад. А. А. Бочвар установил, что абсолютная температура рекри­сталлизации чистых металлов равна приблизительно 0,4 от абсолютной температуры плавления : *Трекр*  0,4 *ТПЛ.*

Пользуясь этой формулой, можно определить, что температура рекристаллизации железа примерно 450 *°С,* меди 280 X, алюминия 100 цинка 0 °С, олова —80 °С, свинца —30 °С,: и т. д.

При температуре рекристаллизации лишь уменьшается наклеп, и рекристаллизация идет весьма медленно. Для ускорения рекристал­лизации необходима большая температура. Приведенные темпера­туры рекристаллизации показывают, что металлы с низкой темпера­турой плавления (олово, свинец и цинк) не могут наклёпываться при комнатной температуре. Если эти металлы обрабатывают давлением при комнатной температуре, то наклеп быстро уничтожается без нагрева.

**Тема 1.5. Термическая обработка металлов и сплавов.**

При изложении материала по данной теме необходимо подчеркнуть значимость термической обработки металлов и сплавов, цель которой – существенное изменение свойств при неизменном химическом составе, раскрыть ее сущность и объяснить превра­щения в металлах и сплавах, происходящие при нагреве и охлаждении. Следует также рассмотреть виды и основное оборудо­вание для термической обработки.

Упрочнению термической обработкой подвергаются до 8-10% общей выплавки стали в стране, т.е. не менее 10 млн.т. в год. В машиностроении объем термического передела составляет до 40% стали, потребляемой этой отраслью. Номенклатура упрочняемых деталей велика – от деталей приборов, разнообразных деталей машин до крупных элементов металлургического, тракторного , энергетического оборудования.

Термическая (тепловая) обработка состоит в изменении струк­туры металлов и сплавов при нагревании, выдержке и охлажде­нии с соблюдением установленных режимов (рис.8, а). При этом достигает­ся существенное изменение свойств при неизменном химичес­ком составе.

Основными видами термической обработки, различно изменяющими структуру и свойства стали и назначаемыми в зависимости от требований, предъявляемых к полуфабрикатам (отливкам, поковкам, прокату и т.п.) и готовым изделиям, являются отжиг, нормализа­ция, закалка, отпуск, старение; в последнее время распространя­ется новый вид — термоциклическая обработка металлов.

Отжигом называют операцию нагрева, выдержки при заданной температуре и охлаждения заготовок. Акад. А. А. Бочвар дал определение двух родов отжига: отжиг первого рода — приведение структуры из неравновесного состояния в более равновесное (возврат или отдых, рекристаллизационный отжиг, или рекристаллизация, отжиг для снятия внутренних на­пряжений и диффузионный отжиг или гомогенизация); отжиг второго рода — изменение структуры сплава посредством перекристаллизации около критических точек с целью получе­ния равновесных структур; к отжигу второго рода относятся пол­ный, неполный и изотермический отжиги.

При нормализации сталь после нагрева охлаж­дается не в печи, а на воздухе в цехе, что экономичнее. Нагрев ведется до полной перекристаллизации (на 30-50 °С выше точек Ас3 и Аст); в результате нормализации сталь приобретает мелко­зернистую и однородную структуру. Твердость и прочность стали после нормализации выше, чем после отжига. Структура низкоуг­леродистой стали после нормализации ферритно-перлитная, но бо­лее дисперсная, чем после отжига, а у средне- и высокоуглеродис­той сталей — сорбитная; нормализация может заменить для пер­вой отжиг, а для вторых — закалку с высоким отпуском. Часто нормализацией улучшают структуру перед закалкой.

Целью закалки и отпуска стали является повышение твер­дости и прочности. Закалка и отпуск стали необходимы для очень многих деталей и изделий. Закалка основана на перекристаллиза­ции при нагреве и предотвращении перехода аустенита в перлит путем быстрого охлаждения. При закалке применяют различные способы охлаждения в зави­симости от марки стали, формы и размеров заготовки. Различают :простую закалку в одном охладителе (чаще всего в воде или водных растворах), ступенчатую закалку, прерывистую закалку, при которой заготовку охлаждают последовательно в двух средах; изотермическую закалку (закалку в горячих средах) , а также поверхностную закалку ( закалку токами высокой частоты, закалку при помощи газовой горелки).

Необходимо ознакомить студентов и с дефектами закалки, к которым относятся трещины, поводка или коробление и обезуглероживание.

Отпуск смягчает действие закалки, снимает или уменьшает остаточные напряжения, повышает вязкость, умень­шает твердость и хрупкость стали.

Термической обработке подвергаются как металлы и сплавы, имеющие структурные превращения (вторичную кристаллизацию), так и не имеющие таких превращений; при этом для первых могут производиться все названные виды термической обработ­ки, для вторых — лишь рекристаллизационный отжиг и закалка с последующим старением.

После рассмотрения традиционных видов термической обработки необходимо познакомить учащихся с термоциклической обработкой, которая позволяет регулировать механи­ческие, теплофизические и термоэлектрические свойства металле и сплавов. Она дешевле традиционных способов термической об­работки, рассмотренных выше. Детали при термоциклической об­работке приобретают уникальные свойства, характе-ризующиеся од­новременным повышением прочности, вязкости и пластичности, что определяет повышение качества изделий, их надежность и дол­говечность при экс­плуатации.

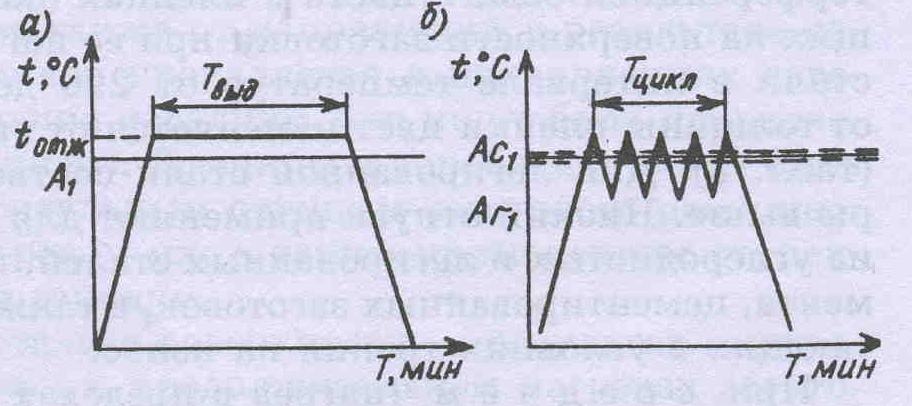
Рис.8.

Схема термоциклической обработки стали и чугуна (рис. 8, б) состоит в нагреве до температуры на 30-50 °С выше точки Acl охлаждении (без выдержки) до температуры на 80-100 °С ниже точки затем 3-7-кратном повторении цикла нагрев—охлаж­дение (Тцикл) и последующем полном охлаждении с той или иной скоростью.

Такая обработка приводит к образованию сверхмелкозернис­той структуры, которая определяет получение изделий с назван­ными уникальными свойствами.

Термоциклическая обработка заготовок из стали и чугуна с охлаждением на воздухе с последнего нагрева определяет так же снижение температуры перехода их в хладноломкое состояние; эта обработка обеспечивает надежность и долговечность конст­рукций (железнодорожных рельсов, мостов и т. д.) и различной техники для работы в условиях Севера, а также криогенной anпаратуры.

**Тема 1.6. Химико-термическая обработка металлов и сплавов.**

В теме 1.6. рассматриваются методы химико-термической обработки металлов и сплавов. Начиная излагать материал данной темы, необходимо обратить внимание учащихся на принципиальное отличие химико-термической обработки от термической (тепловой). Далее изучить цели, сущность и основные методы химико-термической обработки.

Целью химико-термической обработки является получение по­верхностного слоя стальных изделий, обладающего повышенными твердостью, износоустойчивостью, жаростойкостью или коррозион­ной стойкостью. Для этого нагретые заготовки подвергают воздей­ствию среды, из которой путем диффузии в поверхностный слой заготовок переходят нужные для получения заданных свойств эле­менты: углерод, азот, алюминий, хром, кремний и др.

Эти элементы диффундируют в поверхностный слой лучше, когда они выделяются в атомарном состоянии при разложении какого-либо соединения. Подобное разложение легче всего про­исходит в газах, поэтому их и стремятся применять для химико- термической обработки стали.

Наиболее распространенными видами химико-термичес­кой обработки стали являются цементация, азотирование, циани­рование.

Цементацией называется поглощение углерода поверхностным слоем заготовки, который после закалки стано­вится твердым; в сердцевине заготовка остается вязкой. Цемен­тации подвергают такие изделия, которые работают одновремен­но на истирание и удар.

Существуют два вида цементации: цементация твердым кар­бюризатором (древесным углем в смеси с углекислыми солями) и газовая цементация. При газовой цементации в качестве карбюризатора применяют различные газы и газовые смеси (природный, светильный, генераторный газы и др.).

Цементированные заготовки подвергают однократной или двойной закалке и низкому отпуску

Цель азотирования — придание поверхностно­му слою деталей высокой твердости, износостойкости и коррози­онной стойкости. Азотирование осуществляется при выделении активного азота из диссоциирующего аммиака: 2NH3 —> 2N + ЗН2.

Азотируют легированную сталь, содержащую алюминий, ти­тан, вольфрам, ванадий, молибден или хром (например, сталь ма­рок 35ХМЮА, 35ХЮА и др.).

Перед азотированием заготовки подвергают закалке и высоко­му отпуску

Цианирование - насыщение поверхностного слоя одновременно углеродом и азотом; оно бывает жидкостным и газовым.

Жидкостное цианирование производится в ваннах с расплавами цианистых солей [NaCN, KCN,Ca(CN)2 и др]. при температуре, достаточной для разложения их с выделением ак­тивных атомов С и N.

После цианирования заготовки подвергают закалке и низкому отпуску. Цианирование, как и цементацию, применяют для раз­личных изделий, при этом коробление заготовок значительно мень­ше, чем при цементации, а износо- и коррозионная стойкость бо­лее высокие. Недостатком жидкостного цианирования является ядовитость цианистых солей, а также их высокая стоимость.

Газовое цианирование отличается от газовой цементации тем, что к цементирующему газу добавляют аммиак, дающий активизированные атомы азота. Газовое цианирование так же как и жидкостное, разделяется на низкотемпературное и высоко­температурное.

При низкотемпературном (500-700 °С) газовом цианировании в сталь преимущественно диффундирует азот (с образованием ни­тридов), а углерод диффундирует в малых количествах. Это циани­рование так же как и жидкостное низкотемпературное, применя­ют для обработки инструментов из быстрорежущей стали.

При высокотемпературном газовом цианировании (800-850 °С) в сталь диффундирует значительное количество углерода с образо­ванием аустенита. После высокотемпературного цианирования заготовки закаливают.

При газовом цианировании, называемом также нитроцементацией отпадает необходимость в применении ядовитых солей и, кроме того, имеется возможность обработки более круп­ных деталей.

Диффузионная металлизация. Наиболее распространенными видами диффузионной металлизации являются алитирование, хромирование, силицирование.

Алитирование представляет собой поверхностное насыщение стальных и чугунных заготовок алюминием с обра­зованием твердого раствора алюминия в железе. Его применяют преимущественно для деталей, работающих при высоких темпе­ратурах (колосников, дымогарных труб и др.), так как при этом значительно (до 1000 °С) повышается жаростойкость стали.

Диффузионное хромирование производится в порошковых смесях, составленных из феррохрома и шамота, смоченных соляной кислотой, или в газовой среде при разложе­нии паров хлорида хрома СгС12. Хромированию подвергаются в основном стали с массовым содержанием углерода не более 0,2 %. Хромированный слой низкоуглеродистой стали незначительно по­вышает твердость, но обладает большой вязкостью, что позволяет подвергать хромированные детали сплющиванию, прокатке и т. п. Хромированные детали имеют высокую коррозионную стойкость в некоторых агрессивных средах (азотной кислоте, морской воде). Это позволяет заменять ими детали из дефицитной высокохромо­вой стали.

Силицирование — насыщение поверхностного слоя стальных заготовок кремнием, обеспечивающее повышение стой­кости против коррозии и эрозии в морской воде, азотной, серной и соляной кислотах, применяется для деталей, используемых в хими­ческой промышленности.

Изучив в первом разделе физико-химические закономерности формирования структуры литых и деформированных материалов, основы их строения и термической обработки, можно переходить к рассмотрению различных групп конструкционных материалов.

**Раздел 2. Материалы, применяемые в машиностроении и приборостроении.**

**Тема 2.1. Конструкционные материалы.**

Изучение темы 2.1. необходимо начать с общих требований, предъявляемых к конструкционным материалам; методов повышения конструктивной прочности материалов и их техниче­ских характеристик, критериев прочности, надежности, долговечности, эко­номической целесообразности и т. д.

Механические свойства - это характеристики, определяющие поведение металла (или другого материала) под действием внешних механических сил. К механическим свойствам относят : сопротивление деформации (прочность) и сопротивление разрушению (пластичность, вязкость, а также способность металла не разрушаться при наличии трещин).

При оценке механических свойств металлических материалов различают несколько видов к р и т е р и е в:

1.Критерии, определяемые не зависимо от конструктивных особенностей и характера службы изделий. Эти критерии находят путем статических и динамических испытаний .

2. Критерии конструктивной прочности материала, которые зависят от служебных свойств изделия и характеризуют работоспособность материла в условиях эксплуатации. Их делят на две группы:

а) критерии надежности металлических материалов против внутренних разрушений (вязкость разрушения; работа , поглощаемая при распространении трещин; живучесть и пр.). Для этих методик используют испытания образцов с острыми трещинами, которые могут иметь место при эксплуатации машин ( надрезы, неметаллические включения и пр.). Трещины и микронесплошности сильно меняют поведение металла под нагрузкой.

б) критерии долговечности изделий (сопротивление усталости, износостойкость, сопротивление коррозии и др.).

3. Критерии конструкционной прочности ( прочности конструкции в целом).

Далее следует рассмотреть классификацию конструкционных материалов, их технические характеристики.

Конструкционные материалы различают металлические и неметаллические.

Важнейшим промышленным металлом является железо, которое в чистом виде и в сплавах с углеродом и другими эле­ментами относят к группе черных металлов. Сплавами этой группы являются сталь, чугун и ферросплавы. Из общей массы выплавляемых во всем мире металлов около 94 % прихо­дится на черные. Они представляют главный конструкционный материал в машино- и приборостроении и один из главных в стро­ительной индустрии, транспорте и связи.

Все остальные металлы и их сплавы относят к группе цвет­ных металлов; их принято делить на легкие (плотность до 3 г/см3), такие как алюминий, магний, кальций, натрий, калий, и тяжелые( медь, никель, олово, свинец, цинк.. Выделяют также благородные(золото, серебро, платина) и редкие металлы(ванадий, кобальт, вольфрам, германий).

Из цветных металлов важное промышленное значение имеют алюминий, медь, магний, свинец, цинк, олово, титан. Но стоимость цветных металлов по сравнению с черными высока, поэтому во всех случаях, когда это допустимо, их стараются заменить черны­ми металлами или неметаллическими материалами.

Кроме перечисленных промышленное применение имеют так­же хром, никель, марганец, молибден, кобальт, ванадий, вольфрам, цирконий, тантал, ниобий, рений, индий, серебро, платина, золото, германий, селен, теллур.

Некоторые металлы находят широкое применение в техничес­ки чистом виде, т. е. с малым содержанием примесей, например железо, медь и алюминий в электро- и радиотехнике. Другие ме­таллы, например тантал, ниобий, гафний, цирконий, кремний ис­пользуют в сверхчистом виде, т. е. с миллионными долями про­цента всех примесей или даже на уровне отдельных атомов при­месей, в приборостроении, атомной технике, вычислительной технике.

Важно обратить внимание учащихся на то, что несравненно шире и разнообразнее применение метал­лических сплавов, которых насчитывается десятки тысяч марок.

К неметаллическим материалам относятся полимерные материалы органические и неорганические: различные виды пла­стических масс, композиционные материалы на неметаллической основе, каучуки и резины, клеи, герметики, лакокрасочные по­крытия, а также графит, стекло, керамика.

Такие их свойства, как достаточная прочность, жесткость и эластичность при малой плотности, светопрозрачность, химиче­ская стойкость, диэлектрические свойства, делают эти материалы часто незаменимыми. Также следует отметить их технологичность и эффективность при использовании. Эти материалы находят все большее применение в различных отраслях машиностроения.

Основой неметаллических материалов являются полимеры, главным образом синтетические.

Ознакомив учащихся с основными видами конструкционных материалов, следует подробнее изучить основные железоуглеродистые сплавы : стали и чугуны.

Необходимо обратить внимание на то, что сталь является много-компонентным сплавом, содержа­вшим углерод и ряд постоянных или технологических примесей: Мп, Si, S, Р, О, Н, N и др., влияющих на ее свойства.

С увеличением в стали углерода возрастают твердость, пределы прочности и текучести и уменьшаются относительное удлинение, относительное сужение, ударная вязкость и трещиностойкость. Предел выносливости с повы­шением содержания углерода до 0,55—0,65 % возрастает, а при большем содержании углерода снижается.

Повышение содержания углерода облегчает переход стали в хладноломкое состояние.

С увеличением содержания углерода в стали снижается плот­ность, растет электрическое сопротивление и коэрцитивная сила и понижаются теплопроводность, остаточная индукция и магнит­ная проницаемость.

Содержание кремния в углеро­дистой, хорошо раскисленной стали в качестве примеси обычно не превышает 0,37 %, а марганца — 0,8 %.

Кремний сильно повышает предел текучести. Это снижает способность стали к вытяжке и особенно к холодной высадке. В связи с этим в сталях, предназначенных для холодной штам­повки и холодной высадки, содержание кремния должно быть сниженным.

Марганец заметно повышает прочность, практически не сни­жая пластичности и резко уменьшая красноломкость стали, т. е. хрупкость при высоких температурах, вызванную влиянием серы.

Сера является вредной примесью в стали. Она повышает порог красноломкости стали.

Присутствие в стали марганца практически исключает явление красноломкости.

Сернистые включения снижают ударную вязкость (KCU) и пластичность (δ, ψ) в поперечном направлении вытяжки при прокатке и ковке, а также предел выносливости. Содержание серы в стали строго огра­ничивается; в зависимости от качества стали оно не должно пре­вышать 0,035—0,06 %.

Фосфор является вредной примесью, и со­держание его в зависимости от качества стали допускается не более 0,025—0,045 %.Каждая 0,01% Р повышает порог хладноломкости стали на 20-250С.

Способность фосфора к сегрегации по границам зерен также способствует охрупчиванию стали

Азот и кислород повышают порог хладноломкости и понижают сопротивление хрупкому разрушению.

Очень вредным является растворенный в стали водород, который сильно охрупчивает сталь. Поглощенный при выплавке стали водород не только охрупчивает сталь, но и приводит к об­разованию в катаных заготовках и крупных поковках  *флокенов.* Металл, имеющий флокены, нельзя использовать в промышлен­ности.

Влияние водорода при сварке проявляется в образовании холодных трещин в наплавленном и основном металле. Наводороживание и охрупчивание возможны и при работе стали в контакте с водородом, особенно при высоком давлении.

Широко применяемая в последние годы выплавка или разливка в вакууме уменьшает содержание водорода в стали.

Рассматривая далее виды, свойства и применение углеродистых и легированных сталей, а также чугунов, необходимо обязательно остановиться на правилах их маркировки, разобрав конкретные примеры.

**Углеродистая сталь** в зави­симости от применения делится на конструк­ционную (мягкую сталь и сталь средней твердости) и инструмен­тальную (твердую сталь). Конструкционная сталь разделяется на сталь обыкновенного качества и качественную.

Углеродистая сталь обыкновенного качест­ва по ГОСТ 380-94 выпускается горяче- и холоднокатаная, в ви­де заготовок с установок непрерывной разливки, труб, поковок и штамповок, ленты, проволоки следующих марок: СтО, Ст1кп, Ст1пс, Ст1сп, Ст2кп, Ст2пс, Ст2сп, СтЗкп, СтЗпс, СтЗсп, СтЗГпс, СтЗГсп, Ст4кп, Ст4пс, Ст4сп, Ст5пс, Ст5сп, Ст6пс, Ст6сп.

Буквы Ст обозначают сталь, цифры — условный номер марки в зависимости от химического состава стали и механических

свойств, однако номер в этих сталях не указывает численно мас­сового содержания углерода.

Для обозначения степени раскисления добавляют индексы «кп» — кипящая, «пс» — полуспокойная, «сп» — спокойная.

Сталь обыкновенного качества предназначается для изготовле­ния строительных конструкций, арматуры, крепежа, деталей ма­шин, не несущих повышенных нагрузок

Углеродистая качественная сталь выпускается горячекатаная и кованая (ГОСТ 1050-88) марок 05кп, 08кп, 08пс, 08, 10кп, 10пс, 10, 11кп, 15пс, 15,18кп, 20кп, 20пс, 20, 25, 30, 35,40, 45, 50, 55, 58 (55ПП) и 60. Двузначные цифры в марке означают сред­нее массовое содержание углерода в сотых долях процента.

Качественная сталь превосходит сталь обыкновенного каче­ства по однородности, является более чистой по сере и фосфору, неметаллическим включениям и имеет более узкие пределы мас­сового содержания углерода. Из этой стали делают ответствен­ные детали машин и механизмов, поковки, штамповки, калибро­ванные прутки, серебрянку — светлые круглые прутки точных размеров со специальной отделкой поверхности.

Кипящие стали имеют небольшую прочность и высокую плас­тичность, их в основном прокатывают в тонкий лист, из которого методом холодной штамповки получают детали глубокой вытяж­ки, например, сталь 08кп применяют для штампов­ки деталей кузовов автомобилей.

Низкоуглеродистые спокойные стали марок 08-25 хорошо сва­риваются, обрабатываются холодной штамповкой, их используют для изготовления деталей, не требующих высокой прочности; стали 15, 20, 25 применяют также для цементируемых и цианируемых деталей, работающих с нагрузками на износ, так как после химико-термической и термической обработки имеют твер­дый, износостойкий поверхностный слой и вязкую сердцевину.

Среднеуглеродистые стали марок 30-60 имеют повышенную прочность, но меньшую пластичность, чем низкоуглеродистые. Они применяются для изготовления весьма широкой номенкла­туры деталей машин и механизмов.

Сталь 58 (55ПП) с малым массовым содержанием Mn, Cr, Si отличается пониженной прокаливаемостью (ПП), закаливается лишь на глубину 1-2 мм, сердцевина же остается вязкой; исполь­зуют ее в некоторых случаях вместо цементированных сталей.

Инструментальную сталь используют для изготовления режущих, измерительных и других инструментов; она делится на качественную и высококачественную. Сталь качествен­ная обозначается буквой У и цифрой, указывающей массовое содер­жание углерода в десятых долях процента (например, У7, У8 и далее до У13). Сталь инструментальная высококачественная содержит меньше примесей серы и фосфора, чем качественная; при марки­ровке добавляют букву А (например, У8А). Выбор марки стали и термическая обработка ее зависят от назначения инструмента.

**Чугуны**. Отливки из чугуна (чугунное литье) получают при заливке в формы расплавленного в вагранках или иных плавильных печах чушкового доменного чугуна, стального и чугун­ного лома и ферросплавов. Наибольшее распространение имеют от­ливки из серого чугуна с пластинчатым графитом (СЧПГ), отливки из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ), от­ливки из ковкого чугуна (КЧ); стандартизованы также антифрик­ционные, жаростойкие, коррозионно-стойкие чугуны, чугунные сва­рочные прутки для электрической и газовой сварки чугуна и чу­гунная дробь для дробеметной очистки отливок и поковок.

ГОСТ 1412-85 устанавливает следующие марки СЧПГ в от­ливках: СЧ10, СЧ15, СЧ18, СЧ20, СЧ21, СЧ24, СЧ25, СЧЗО, СЧ35. Число при маркировке указывает временное сопротивление при растяжении (кгс/мм2). Механические свойства чугуна обуслов­лены строением его основы, а также числом, формой и характе­ром расположения включений графита. Наиболее высокой проч­ностью обладает перлитный чугун, содержащий графит в виде мел­ких, равномерно рассеянных пластинок.

Выс­шие марки СЧПГ (СЧЗО, СЧ35) получают при модифицировании. Эти чугуны обладают также лучшей стойкостью против трещин, меньшей хрупкостью. В модифицированном чугуне содержится 2,6-3,2 % С и 1,1-1,6 % Si.

Получение отливок из высокопрочного чугуна обеспечивается при модифицировании, дающем структуру глобу­лярного (шаровидного) графита вместо пластинчатого. Такая форма графита получа­ется при присадках в жидкий чугун магния или лигатурами (напри­мер, 20 % Mg + 80 % Ni). У высокопрочного чугуна — ферритная или перлитная основа (или их сочетание); он имеет повышенную пластичность 8 = 2 н-17 % (у СЧПГ 0,2-0,5 %), а также ударную вяз­кость КС = 200 + 600 кДж/м2 (у СЧПГ 20-50 кДж/м3).

ГОСТ 7293-85 устанавливает следующие марки ВЧШГ в от­ливках: ВЧ35-22, ВЧ40-15, ВЧ45-10, ВЧ50-7, ВЧ60-3, ВЧ70-2, ВЧ80-2, ВЧ100-2. Здесь первое число указывает временное сопро­тивление (кгс/мм2), второе — относительное удлинение 8 (%).

Высокопрочный чугун применяют вместо стали для отливки коленчатых валов двигателей, зубчатых колес, муфт, задних мостов автомобилей, ступиц, картеров и др.

Для дальнейшего повышения прочности и получения специаль­ных чугунов (антифрикционных, жаростойких, коррозионно-стой­ких) их легируют (хромом, никелем, титаном, медью, марганцем, алюминием, свинцом, фосфором), а также подвергают термичес­кой обработке отжигом, закалкой и отпуском,

Ковкий чугун- условное название мягкого и вязкого чугуна, получаемого из белого чугуна отливкой и дальнейшей термической обработкой; его не куют, но он достаточно пласти­чен в противоположность серому чугуну, поэтому его называют ковким.

Свойства ковкого чугуна зависят от размера графитовых вклю­чений, но прежде всего они определяются структурой его металли­ческой основы. В зависимости от состава и микроструктуры метал­лической основы ковкий чугун делится на ф е р р и т н ы й (Ф) и перлитный (П) классы. ГОСТ 1215-79 установлены следующие марки ковкого чугуна в отливках: КЧЗО-6, КЧЗЗ-8, КЧ35-10, КЧ37-12 — ферритного класса, характеризующиеся ферритной или ферритно-перлитной (Ф + 3 + 10 % перлита) микроструктурой металлической основы; КЧ45-7, КЧ50-5, КЧ55-4, КЧ60-3, КЧ65-3, КЧ70-2, КЧ80-1,5 — перлитного класса, характеризующиеся в ос­новном перлитной микроструктурой металлической основы (П + + 0 + 20 % феррита). Первая цифра по маркировке указывает ми­нимальный предел прочности (кгс/мм2), вторая — минимальное относительное удлинение.

Чугуны для отливок марок КЧЗО-6 и КЧЗЗ-8 плавят в вагран­ке; для отливок других марок применяют двойную плавку: вагран­ку - электропечь для марок КЧ35-10, КЧ45-7, КЧ50-5, КЧ55-4, КЧ60-3 и электропечь - электропечь для марок КЧ37-12, КЧ65-3, КЧ70-2, КЧ80-1,5.

Ковкий чугун дешевле стали, обладает хорошими механически­ми свойствами, отсутствием литейных напряжений, которые исче­зают при отжиге, и высокой стойкостью к коррозии. Поэтому его широко применяют в сельскохозяйственном машиностроении (при изготовлении зубчатых колес, звеньев цепей), в автомобиль-ной, трак­торной и многих других отраслях промышленности.

**Легированные стали**. Прочность, вязкость, жаро- и хладостойкость, а также коррози­онная стойкость углеродистых сталей являются недостаточными для многих высоконагруженных деталей машин и строительных конструкций; инструменты из углеродистой инструментальной стали тверды, но не выдерживают повышенной скорости резания, так как размягчаются при нагреве уже до температуры 250 °С, кроме того, они хрупки. Прокаливаемость углеродистой стали также невелика. Таким образом, углеродистая сталь часто не отвечает повышенным требованиям машиностроения, инстру­ментального производства и строительства.

Вводимые в сталь легирующие элементы улучшают ее механи­ческие, физические и химические свойства. Для легирования ста­ли применяют хром, никель, марганец, кремний, вольфрам, молиб­ден, ванадий, кобальт, титан, алюминий, медь и другие элементы. Марганец считается легирующим компонентом при массовом содержании более 1 %, а кремний — более 0,8 %. Большинство легированных сталей приобретает высокие физико-механические свойства лишь после термической обработки.

Легированную сталь классифицируют по следующим признакам:

- числу введенных легирующих элементов (тройная и сложнолегированная(;

- суммарному массовому содержанию легирующих элементов (низко-, средне-, высоколегированная);

- характеру взаимодействия легирующих элементов с железок и с углеродом;

- структуре в отожженном и нормализованном состояниях;

- качеству на качественную (массовое содержание серы и фосфора не бо­лее 0,035 % каждого), высококачественную (не более 0,025 % каж­дого) и особовысококачественную (не более 0,015 % S и 0,025 % Р),

- назначению и применению (конструкционные (общего и специального назначения и с особыми свойствами) и инструментальные.

В конструкционных сталях общего назначения выделяют стро­ительные и машиностроительные низколегированные стали, а также улучшаемые, цементируемые стали и стали повышенной обраба­тываемости резанием (автоматные стали).

К конструкционным сталям специального назначения и ста­лям с особыми свойствами относятся шарикоподшипниковые, рессорно-пружинные, высокопрочные, коррозионно-стойкие, жаростой­кие и жаропрочные, сварочные и наплавочные стали, стали с особы­ми магнитными, электрическими и тепловыми свойствами, котельные, корпусные стали для судостроения и пр.

Инструментальные стали применяют для изготовления режу­щих, измерительных и ударно-штамповочных инструментов.

Маркировка легированной стали. В соответствии с ГОСТом для обозначения легирующих элементов приняты следующие бук­вы: X — хром, Н — никель, Г — марганец, С — кремний, В — вольфрам, М — молибден, Ф — ванадий, К — кобальт, Т — титан, Ю — алюминий, Д — медь, П — фосфор, Р — бор, Б — ниобий, А — азот (ставить в конце маркировки запрещается), Е — селен, Ц — цирконий. Для обозначения легированной стали той или иной мар­ки применяют определенное сочетание цифр и букв.

Для стали конструкционной легированной принята маркировка, по которой первые две цифры указывают среднее мас­совое содержание углерода в сотых долях процента, если сталь содержит менее 0,1 % углерода, то первая цифра ноль, например 08, 05. Буквы в маркировке указывают наличие соответствующих легирующих элементов, а цифры, следующие за буквами, — про­центное массовое содержание этих элементов в стали. Если за какой-либо буквой отсутствует цифра, то это значит, что сталь содер­жит данный элемент в количестве до 1,5 %, кроме элементов, при­сутствующих в малых количествах (для комплексно-легированных сталей). Например, марка 35Х обозначает хромовую сталь с массо­вым содержанием С около 0,35 % и Сг до 1,5 %; 45Г2 — марган­цевую сталь с массовым содержанием С около 0,45 % и Мп около 2 %; марка З3ХНЗМФА — сталь, содержащую 0,33-0,4 % С, 1,2- 1,6 % Сг, 3,0-3,5 % Ni, 0,35-0,45 % Mo, 0,1-0,18 % V, а также 0,25- 0,5 % Мп, не указанного по маркировке, букву А в конце марки­ровки используют для обозначения высококачественной стали. Для обозначения особовысококачественной стали в конце маркировки ставят букву Ш(через дефис), например, ЗОХГС-Ш.

Для инструментальной легированной стали порядок маркировки по легирующим компонентам тот же, что и для конструкционных сталей, но содержание углерода указывается первой цифрой в десятых долях процента. Если цифра отсутству­ет, то сталь содержит около 1 % углерода.

Некоторые стали специального назначения имеют особую маркировку из букв, которые ставятся впереди цифр: А — авто­матная, Ш — шарикоподшипниковая, Р — быстрорежущая, Е — магнитотвердая, Э — электротехническая, Св — сварочная, Нп — наплавочная и др.

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

В теме 2.2. изучаются конструкционные материалы, которые характеризуются различными технологическими свойствами. Каждый вид материалов целесообразно рассматривать отдельно, затрагивая следующие вопросы: свойства материалов; состав , обеспечивающий данные свойства; группы металлов и сплавов, характеризующиеся данными свойствами; примеры маркировки; область их применения.

Первой рассматриваются стали с улучшенной обрабатываемостью резанием. Их называют автоматными сталями.

Автоматные стали позволяют проводить обработку резанием с большой скоростью, увеличить стойкость инструмента и получить высокое качество обрабатываемой поверхности.

Наиболее часто применяют автоматные углеродистые стали А12, А20, А30, А40Г, имеющие повышенное содержание серы (0,08% -0,3%), фосфора ( <0,05%) и марганца (0,7 – 1,0%). Сталь А40Г содержит 1,2 – 1,55% Мn.

В настоящее время разработаны автоматные легированные стали, содержащие для улучшения обрабатываемости свинец и селен вместо серы и фосфора.

Легированные стали , содержащие 0,15-0,30% Pb ( АС12ХН, АС30ХМ, АС38ХГМ ) позволяют увеличить скорость резания на 20-25%. Свинец в зоне резания плавится и испаряется, что вызывает схватывание инструмента с обрабатываемой поверхностью.

Для улучшения обрабатываемости стали с повышенным серы (0,6-0,12%) легируют 0,04-0,10% Se . Например : А45Е, А40ХЕ.

Применяют также дешевые автоматные стали, содержащие кальций. Кальциевые стали могут быть углеродистыми (АЦ20,…АЦ60) и легированными (АЦ45Х, АЦ40Г, АЦ20ХН3).

Далее переходим к изучению мартенситно-стареющих высоко-прочных сталей..

МСВС - это стали, обладающие большой прочностью и высоким сопротивлением хрупкому разрушению.

Мартенстино - стареющие стали – это высоколегированные безуглеродистые (С<0,03%) сплавы Fe с Ni ( 8-20 %) , а часто и с Co. Они легированы Ti. Al, Mo, Cr, Cu и др.

Например : Н18К9М5Т, Н12К15МЮ, Н10Х11М2Т, Н12К8М4Г2 и др.

Их закаливают на воздухе при 820-850, затем упрочняют старением при 480-520С. В закаленном состоянии мартенстно-стареющие стали легко обрабатываются давлением, резанием, хорошо свариваются и прокаливаются. Старение повышает прочность стали (но снижает пластичность и вязкость).

Такие стали применяют в авиа-, ракето-, судо-, приборо-, машиностроении, а также в криогенной технике, т.к. при низких температурах прочность их даже возрастает, а повышенная пластичность и вязкость сохраняются.

Медные сплавы. Сплавы Cu c Zn наз. латунями и томпаками ; все другие её сплавы, кроме сплавов с Ni, наз. бронзами.

В технике применяют латуни, содержащие до 43% цинка. По сравнению с медью латуни прочнее и твёрже, устойчивее к коррозии и обладают жидкотекучестью. Существуют сложные (спец.) латуни, содержащие Fe, Mn, Ni, Sn, Si. Массовое содержание легирующих компонентов в спец. латунях не более 7-9%. Некоторые спец. латуни по прочности не уступают среднеуглеролистой стали.

Латуни обозначают буквой Л и цифрой, указывающей содержание меди в %. Например : Л96.

Латуни, содержащие до 10% цинка, наз. томпаками. Латуни, содержащие от 10% до 20% цинка, наз. полутомпаками.

Обозначение легирующих элементов : Ж - железо, Мц - марганец, Н - никель, О – олово, К – кремний, С – свинец. Массовое содержание легирующих элементов указывают цифрами. Например : ЛМцЖ55-3-1.

Латуни делят на литейные ( для фасонных отливок) и дефор-мируемые (обрабатываемые прокаткой, прессованием, волочением).

Бронзы. Важнейшие виды бронз : оловянные, алюминиевые, кремнистые.

Оловянные бронзы обладают высокой коррозионной стойкостью, жидкотекучестью и повышенными антифрикционными свойствами. Из них изготовляют главным образом отливки. Например : БрОЦС6-6-3 .

Алюминиевые бронзы содержат до 11% Al. Они устойчивы к коррозии, износу, более пластичны, чем оловянные. Добавка к ней Fe , Mn ещё более улучшает её механические свойства. Например : БрАЖМц10-3-1,5.

Кремнистая бронза содержит 2-3% Si. Она является литейной, имеет высокую прочность и успешно заменяет во многих случаях оловянную бронзу. Её свойства улучшают добавлением Mn и Ni. Например : БрКМц3-1.

Медно-никелевые сплавы :

- константан МНМц40-1,5 имеет большое эл. сопротивление и применяется в виде проволоки и лент в реостатах, электро-измерительных приборах,

- мельхиор МНЖМц30-1-1 имеет высокую коррозионной стойкость, применяется для теплообменных аппаратов, работающих в морской воде,

- монель-металл НМЖМц29-2,5-1,5 - сплав на основе никеля, отличается высокой коррозионной стойкостью в агрессивных средах. Применяется в судостроении, электротехнике и других отраслях промышленности.

**Тема 2.3. Износостойкие материалы.**

В теме 2.3. изучаются материалы, устойчивые к абразивному, усталостному и другим видам изнашивания. Изучение их целесообразно начать со знакомства с процессом изнашивания, с классификацией видов изнашивания материалов. Затем познакомить учащихся с антифрикционными материалами и твердыми сплавами, рассмотрев их свойства, классификацию, маркировку и область применения.

При трении сопряженных поверхностей имеет место изнашивание, под которым понимают процесс отделения материала с поверхности твердого тела и (или) увеличения его остаточной деформации при трении, проявляющийся в постепенном изменении размеров и (или) форм тела. Изнашивание является сложным физико-химическим процессом и нередко сопровождается коррозией.

Различают следующие виды изнашивания: механическое, коррозионно-механическое и электроэрозионное (изнашивание при действии электрического тока).

К механическому изнашиванию относят абразивное, эрозионное, кавитационное, усталостное, изнашивание при фреттинге и изнашивание при заедании.

Абразивное изнашивание материала происходит в результате режущего или царапающего действия твердых тел и (или) абра­зивных частиц.

Абразивное изна­шивание может иметь место с преобладанием процессов окисления (окисление и последующее разрушение оксидных пленок) и с преобладанием механического разрушения (внедрения абразивных частиц) и разрушения поверхности.

Изнашивание, происходящее в результате воздействия час­тиц, увлекаемых потоком жидкости, называют гидроабразивным изнашиванием. Оно имеет место, например, в мешалках и про­пеллерах реакторов, в колесах и корпусах насосов, в шнеках и т. д.

Если абразивные частицы увлекаются потоком газа (напри­мер, в дымоходах и воздуходувках), то вызываемое ими изнаши­вание называется газоабразивным изнашиванием.

Под кавитационным изнашиванием понимают изнашивание по­верхности при относительном движении твердого тела в жидкости. В условиях кавитации работают гребные винты, гидротурбины, детали машин, подвергающиеся принудительному водяному ох­лаждению, трубопроводы.

Усталостное изнашивание (контактная усталость) происходит в результате накопления повреждений и разрушений поверх­ности под влиянием циклических контактных нагрузок, вызываю­щих появление «ямок» выкрашивания. Усталостное изнашивание проявляется при трении, качении или реже качении с проскаль­зыванием, когда контакт деталей является сосредоточенным.

Изнашивание при фреттинг-коррозии происходит в болтовых и заклепочных соединениях, посадочных поверхностях подшип­ников качения, шестерен, муфт и других деталей, находящихся в подвижном контакте.

Изнашивание при заедании, при котором имеет место задир, что приводит к катастрофическим видам износа. При этом про­исходит разрушение поверхности, и трущиеся детали выходят из строя.

Различают схватывание I рода (холодный задир) и II рода (горячий задир). Холодный задир происходит при трении с не­большими скоростями относительного перемещения (до 0,5— 0,6 м/с) и удельными нагрузками, превышающими ат, при от­сутствии смазочного материала и защитной пленки оксидов. Го­рячий задир, наоборот, имеет место при трении скольжения е большими скоростями (>0,6 м/с) и нагрузками, когда в зоне контакта температура резко повышается (до 500—1500 °С).

Электроэрозионное изнашивание происходит в результате воз­действия разрядов при прохождении электрического тока.

Рассмотрев виды изнашивания, необходимо сконцентрировать внимание учащихся на том, что не все из них допустимые: окислительное и окислитель­ная форма абразивного изнашивания. Недопустимые разрушения при трении: схватывание I и II рода, фреттинг-процесс, резание и царапание (механическая форма абразивного изнашивания), усталость при качении и другие виды повреждения (коррозия, кавитация, эрозия и др.).

Антифрикционные материалы.

Антифрикционные материалы – это сплавы, предназначенные для повышения срока службы трущихся поверхностей машин и механизмов. Их применяют для заливки вкладышей подшипников скольжения. Поэтому их наз. подшипниковыми.

Так как вкладыши подшипников непосредственно соприкасаются с трущейся деталью (валом, осью), то их изготавливают из сплавов достаточно пластичных, чтобы легко прирабатывались к поверхности вращающегося вала (предохраняя вал от износа), и достаточно прочных, чтобы служили опорой для вала. Кроме того, эти сплавы должны иметь малый коэффициент трения с материалом вала и низкую температуру плавления.

Антифрикционные сплавы имеют пластичную основу, в которой равномерно рассеяны более твёрдые частицы. При вращении вал опирается на эти твёрдые частицы, а мягкая основа изнашивается, в результате образуется сеть микроканалов, по которым перемещается смазка.

Такими материалами являются сплавы на основе олова и свинца ( баббиты Б83, Б88. Б16, БН), меди (БрОЦС5-5-5 , БрОЦС4-4-17, БрС30 ), алюминия (АН-2,5 , АСМ) , цинка (ЦАМ10-5, ЦАМ9-1,5) ; антифрикционные чугуны (серые модифицированные, ковкие ) и спе-чённые подшипниковые материалы, получаемые из порошков черных и цветных металлов прессованием и спеканием их при высоких температурах (пористое железо, железо-графит, железо-медь, железо-медь-графит, бронзографит).

Материалы с высокой твёрдостью поверхности .

Твердыми называют сплавы, изготовленные методом порошковой металлургии и состоящие из карбидов тугоплавких металлов (WC, TiC, ТаС), соединенных кобальтовой связкой.

Изготовляют твердые сплавы трех групп (ГОСТ 3882—74):

1) вольфрамовые (ВКЗ, В Кб, ВК8, ВКЮ);

1. Титано-вольфрамовые (Т30К4, Т15К6, Т14К8, Т5К10, Т5К12);
2. Титано-тантало-вольфрамовые (ТТ7К12, ГТ8К6, ТТЮК8-Б, ТТ20К9).

В марках первые буквы обозначают группу, к которой относится сплав (ВК - вольфрамовая, Т - титановольфрамовая, ТТ - титано-танталовольфрамовая); цифры в вольфрамовой группе - количество кобальта; первые цифры в титановольфрамовой группе - количество карбида титана, а вторые цифры - количество кобальта; первые цифры в сплавах титанотанталовольфрамовой группы- количество карбидов титана и тантала, а вторые цифры - количе­ство кобальта. Если в марке стоит буква «М» (ВК6-М), сплавы изготовлены из мелких порошков, если буква «В» (ВК4-В) - из крупнозернистого карбида вольфрама. Если в марке присутствуют буквы «ОМ» - сплавы изготовлены из особо мелких порошков, а «ВК» - из особо крупного карбида вольфрама.

Структура вольфрамовых сплавов представляет собой частицы карбида вольфрама WC, связанные кобальтом. Титановольфрамовые сплавы состоят из карбидов WC и TiC, связанных кобаль­том. При высоком содержании карбида титана (Т30К4) структура состоит только из карбида титана и кобальта, так как вольфрам и углерод

Наивысшей для титановольфрамовых сплавов износостой­костью и допустимой скоростью резания при пониженной эксплуа­тационной прочности ( 950 МПа) обладает сплав Т30К4. Титановольфрамовые сплавы применяют для чистового (Т30К4) и черново­го (Т15К6, Т5КЮ) точения, фрезерования и строгания стали. Твер­дость сплавов 92—87 HRA.

Сплав ТТ10К8-Б при умеренной износостойкости обладает высоким сопротивлением удару и хорошей эксплуатационной прочностью (сизг = 1300 МПа). Титанотанталовольфрамовые сплавы применяют при черновой и чистовой обработке труднооб­рабатываемых материалов, в

Разработаны твердые сплавы, не содержащие дефицитного вольфрама. Безвольфрамовые твердые сплавы выпускают на основе TiC + Ni + Mo (сплав ТН-20, где цифра указывает суммарное содержание Ni и Мо) и на основе карбонитрида титана Ti (NC) + Ni + Mo (KHT-16).

Режущие части инструментов из твердых сплавов чаще изготов­ляют в виде многогранных неперетачиваемых пластин (МНП), которые крепят к корпусу или державке механическим методом. Выпускаются также пластины, которые можно припаивать к дер­жавке инструмента. На рабочие поверхности МНП сплавов ВК6, ТТ7К12, ТТ10К8-Б нередко наносят тонкие износостойкие кар­бидные (TiC) и нитридные (TiN) покрытия, повышающие срок службы инструмента в 3—4 раза.

Наибольший эффект покрытие дает при точении стали и чу­гуна твердостью 230-240 НВ. При тяжелых условиях обработки эффективность пластин с износостойкими покрытиями снижается. Для чистовой обработки труднообрабатываемых материалов и закаленной стали 055 HRC) применяют режущий инструмент, оснащенный пластинами из синтетических поликристаллических сверхтвердых материалов на основе нитрида бора — композитов.

Нитрид бора обладает очень высокой твердостью и теплостой­костью. Скорость резания при обработке закаленной стали 70— 150 м/мин. Применение нитрида бора позволяет повысить произ­водительность труда при точении и фрезеровании с получением высокого качества поверхности.

**Темы 2.4.** **Материалы с малой плотностью.**

В теме 2.4. изучаются легкие сплавы, к которым относятся сплавы на основе алюминия, магния и титана. При рассмотрении легких сплавов необходимо классифицировать их в зависимости от способа обработки на литейные и деформируемые (обрабатываемые давлением), а также давать характеристику режимам термической обработки, которым подвергаются сплавы.

Алюминиевые сплавы. Для алюминиевых сплавов характерна малая плотность (до 2,85 г/см3) при удельной прочности , которая для некоторых марок близка к прочности высокопроч­ных сталей. Из сплавов на основе алюминия получили распрост­ранение сплавы с медью, марганцем, кремнием. Для повышения прочности, коррозионной стойкости, жаропрочности алюминиевых сплавов используют литий, никель, титан, бериллий.

Алюминиевые литейные сплавы содержат чаще всего кремний, медь и магний. Сплавы алюминия с кремнием называют силуминами.

Силумины жидкотекучи, имеют малую усадку, их состав бли­зок к эвтектическому (марки AJI2, AJI9, AJI4). Упрочнение их достигается модифицированием, состоящим в до­бавке к расплавленному силумину модификаторов — натрия или смеси фтористых солей натрия и калия. Механи­ческие свойства модифициро­ванного силумина характеризуются следующими данными: 50-70 НВ, σв = 150- 200 МПа, δ = 2-5 % . Добавки магния до 0,6 % и марганца до 0,3 % еще более упрочня­ют сплав.

Литейные сплавы алюминия с медью содержат 4-11 % Си и состоят из твердого раствора α-меди в алюминии и алюминида СиА12 . Фаза а пластична и по механическим свойствам сходна с алюминием; фаза СиА12 твердая и хрупкая (сплав AJI7). После термической обработки эти сплавы имеют высокие механические свойства; недостатком их является большая литейная усадка, поэтому при­меняют их для изготовления небольших деталей.

Сплавы алюминия с магнием для литья содержат 4,5-11 % Mg. Эти сплавы прочные, коррозионно-стой­кие (например, сплав AJI8). Упрочнение отливок из алюминиевых сплавов производят за­калкой и старением; внутренние напряжения в отливках из этих сплавов снимают отжигом.

Алюминиевые сплавы, обрабатываемые давлением, подразде­ляются на неупрочняемые и упрочняемые термической обработ­кой. Сплавы с марганцем и магнием относятся к неупрочняемым. Высокая пластичность после отжига (δ до 30 % ) и невысокая прочность (σв =110 МПа) определяют их применение для деталей, подвергаемых глубокой вытяжке, не несущих боль­ших напряжений ; эти сплавы стойки к коррозии.

К упрочняемым сплавам относится дюралюмин (Д1, Д16). Основными компонентами, упрочняющими дюралюмин после термической обработки, являются медь, магний и марганец. Наибольшую прочность сплавы име­ют в состоянии неоднородного твердого раствора, поэтому после закалки их подвергают выдержке при комнатной температуре в те­чение 5-7 суток или при температуре 150 °С (искусственное старе­ние) в течение нескольких часов.

В результате закалки и старения механические свойства дю­ралюмина повышаются до показателей среднеуглеродистой ста­ли . Дюралюмин обра­батывают давлением в горячем (440-480 °С) и в холодном со­стояниях. Обработку в холодном состоянии рекомендуется делать до старения. Дюралюмин широко применяют в промышленности, особенно в авиационной и ракетной.

Спеченные алюминиевые порошки (САП) получают методами порошковой металлургии. САП состоит из алюминия и оксида алюминия. Оксид алюминия не растворяет­ся в алюминии, равномерно распределен в алюминиевой матрице, тормозит движение ее дислокаций, в результате чего предотвра­щается ползучесть, уменьшается пластичность и повышается проч­ность сплавов. В различных марках САП А1203 содержится от 6 до 22 %, что определяет предел прочности от 300 до 460 МПа и относительное удлинение от 8 до 1,5 %. По жаропрочности САП превосходит все алюминиевые сплавы, его используют для изго­товления деталей, работающих при температурах до 500 °С, когда требуется также высокая прочность и коррозионная стойкость. САП хорошо обрабатывается давлением, резанием и удовлетво­рительно сваривается.

**Сплавы на основе магния**. Из сплавов на основе магния полу­чили распространение его сплавы с марганцем, алюминием и цинком. Для повышения механических свойств магниевых спла­вов добавляют цирконий, церий, неодим, торий и др. Магниевые сплавы упрочняют закалкой и дисперсным твердением. Механические свойства некоторых магниевых сплавов, обра­батываемых давлением, после термической обработки характе­ризуются пределом прочности σв = 270 + 350 МПа и относитель­ным удлинением δ = 6 14%.

Для магниевых сплавов характерна низкая сопротивляемость коррозии, поэтому готовые изделия защищают от коррозии оксиди­рованием и последующим покрытием специальными лаками, красками, эпоксидными пленками.

Главным преимуществом их является высокая удельная проч­ность. Сплавы магния применяют для изготовления различных деталей самолетов, вагонов, автомобилей, решающее значение при этом имеет малая плотность сплавов (1,75-1,8 г/см3).

Приведем примеры использования деформируемых магниевых сплавов. Сплав МА1 (1,3-2,5 % Мп; σв = 240 МПа; δ = 4%) приме­няют для малонагруженных деталей (масло- и бензобаки, армату­ра). Сплав МА8 (1,3-2,2% Мп; 0,15-0,35% Се; σв = 260 МПа; δ=7%) применяют для средненагруженных деталей самолетов (рулей, обшивок элерона).

Титановые сплавы. Титан имеет две аллотропические модифи­кации: α-Ti, существующую до 882 °С, с гексагональной решеткой, и β-Ti — выше 882 °С, с решеткой объемно-центрированного куба.

Титан стоек в агрессивных средах (серной и соляной кислотах, их солях), поэтому он используется в химическом машинострое­нии, электронике, ядерной и других областях техники. В авиа- и ракетостроении чистый титан не применяется из-за его невысо­кой жаропрочности.

Для легирования титановых сплавов используют алюминий, олово, которые повышают температуру полиморфного превраще­ния титана и называются α-стаби-лизаторами, а также марганец, хром, ванадий, железо, которые понижают температуру полиморф­ного превращения и являются β-стабилизаторами.

Сплавы с α-структурой термической обработкой не упрочня­ются; они обладают жаропрочностью и прочностью при низких температурах.

В промышленности применяют в основном двухфазные α+β - сплавы, упрочняемые при закалке и старении. Например, сплав ВТ16 (2,5 % А1, 5 % Мо, 5 % V) после термической обработ­ки имеет прочность σв до 1450 МПа; δ до 6 %.

Помимо высокой прочности и малой плотности (4,5-5,2 г/см3), титановые сплавы обладают высокой коррозионной стойкостью в агрессивных средах; они получили широкое применение при изготовлении деталей реактивных авиационных двигателей, об­шивки сверхзвуковых самолетов, их используют в судостроении, криогенной технике.

**Тема 2.5. Материалы, устойчивые к воздействию**

**температуры и рабочей среды.**

В теме 2.5. изучаются материалы, устойчивые в воздействию температуры и рабочей среды, т.е. жаростойкие и коррозионно-стойкие материалы. Изучение таких материалов целесообразно начать с основ теории коррозии металлов, а также способов предохранения металлов от коррозии.

Коррозией металлов и сплавов называют процесс превращения их в окисленное состояние, разрушение под влиянием внешней среды. Примером коррозии может служить ржавление железа на воздухе, разъедание подводных частей судов, порча химичес­кой аппаратуры от действия различных растворов, а также кис­лот и щелочей.

Коррозия приводит изделия в негодность. Потери от коррозии сплавов на основе железа велики: каждая пятая тонна из вып­лавленных черных металлов расходуется на восполнение потерь по изделиям, пришедшим в негодность от коррозии.

По виду коррозионного процесса различают электрохими­ческую, химическую и смешанную коррозию; в зависимости от коррозионной среды ее относят к природной (под действием ат­мосферы, морской, речной, озерной воды, почвы) или промышлен­ной (под действием солей, кислот, щелочей). По характеру корро­зионного разрушения выделяют равномерную, нерав­номерную , избирательную, воздействующую на определенную фазу , пятнами , язвенную , точечную , сквозную , ножевую , трещинами , межкристаллитную, подповерхност­ную и послойную коррозии.

Электрохимической коррозией называют процесс самопроизвольного взаимодействия металла с жидкостью— электролитом, в ходе которого последовательно протекает окисле­ние металла и восстановление окислительного компонента; окис­лительный компонент при этом не входит в состав продукта кор­розии.

Химической кор­розией называют про­цесс самопроизвольного взаимодействия металла с окислительным компо­нентом коррозионной сре­ды, не зависящий от электродного потенциала металла. Продуктом коррозии является хими­ческое соединение металла с окислительным компонентом, например, 3Fe + 202 —> Fe304. Химическая коррозия протекает при действии на металл сухих газов, например, продуктов сгорания топлива, воздуха или жидких органических веществ (бензина, мазута, смолы и др.).

Атмосферная коррозия совмещает особенности хими-ческой и электрохимической коррозии.

Мерой коррозионной стойкости металлов является скорость коррозии в данной среде и данных условиях. Скорость коррозии выражают массой металла в граммах, превращенной в продукты коррозии за единицу времени (1 ч) и отнесенной к единице его поверхности (1 м2). На скорость коррозии влияют состав металлов, их механическая и термическая обработка, а также среда (воздух, вода, растворы кислот), температура, давление и характер нагрузки.

Наиболее опасной является межкристаллитная коррозия. Она распространяется по границам зерен и мало заметна при осмот­ре, однако изделия становятся негодными, так как нарушается металлическая сплошность их и резко снижается прочность.

На практике применяются следующие способы защиты метал­лических изделий от коррозии: металлические и неметалличес­кие покрытия, ингибиторы коррозии, электрохимическая защита.

Различают анодные и катодные металлические покрытия. Металлические покрытия наносят гальваническим, термодиф­фузионным, горячим способами, а также напылением, плакирова­нием, припеканием.

К неметаллическим относятся покрытия лаками, красками, смазкой, эмалями, а также резиной и эбонитом.

Ингибиторами коррозии являются неко­торые органические и неорганические соединения, которые вводят в небольших количествах в агрессивную среду, чем обеспечивается предотвращение или уменьшение скорости коррозии вследствие изме­нения механизма и кинетики электродных процессов. Ингибиторы используют для защиты металлоконструкций буровых скважин, трубопроводов, теплообменных аппаратов, химического оборудования.

Химическая защита состоит в искусственном создании на поверхности изде­лий защитных неметаллических пленок (чаще всего оксидных) за счет окисления поверхностного слоя металла. Наведение оксидных пленок называют оксидированием, а на железе и стали — воронени­ем в связи с сине-черным цветом покрытия.

Электрохимическая защита разделяется на протекторную и катодную.

Протекторную защиту применяют для изделий, соприкасаю­щихся с электролитами. Катодную защиту применяют для подземных металлических сооружений (трубопроводов, кабелей и т. д.), которые присоеди­няются к отрицательному полюсу источника постоянного тока; положительный полюс заземлен.

К о р р о з и о н н о-с т о й к и е стали имеют высокое сопротивление коррозии и действию химически агрессивных сред (нержавеющие стали ).

В качестве нержавеющей применяют хромовую сталь марок 12Х13, 30Х13, 20Х13, 40Х13, а также хромоникелевую сталь. Хромовая сталь устойчива к коррозии не только на воздухе, но и в агрессивных средах (например, в азотной кислоте) ; сохраняют прочность при повышенных температурах. Их применяют для изготовления лопаток турбин, цилиндров высокого давления, труб пароперегревателей и т.п.

При массовом содержании хрома 25-30% и 0,1-0,2%С сталь явл. окалиностойкой, способной выдержать длительный нагрев до 1100С без образования окалины. Например : 15Х25Т, 15Х18СЮ и др.

Хромоникелевые стали являются коррозионно- и кислотостойкими. Применяются они для аппаратуры в нефтяной, химической, пищевой промышленности. Например : 12Х18Н9, 08Х18Н10Т, 04Х18Н10. Хромоникелевые стали дорогие, поэтому их заменяют сталями, в которых часть Ni заменена Mn. Например : 10Х14Г14Н3Т, 08Х21Н6М2Т - для сварных конструкций, работающих в средах повышенной агрессивности ( уксусно-, серно-, фосфорнокислых).

Для получения аустенитной структуры, определяющей высокую кор.стойкость, сталь нагревают и выдерживают при 1100 - 1150С для растворения карбидов и охлаждают в масле или на воздухе.

Начиния рассматривать ж а р о с т о й к и е стали, следует ознакомить учащихся с понятием «жаростойкости».

Жаростойкостью ( окалиностойкостью ) называют способность стали сопротивляться окислению при высокой температуре.

К жаростойким относят стали, обладающие стойкостью против хим.разрушения в газовых средах при t > 550С и работающие в ненагруженном или слабонагруженном состоянии. Такие стали легируют Cr, Si или Al.

Более высокой жаростойкостью (до 1200С) обладают сплавы на Ni – основе с Cr и Al. Например : ХН70Ю ( 26-29%Cr, 2,8-3,5%Al).

Переходя к изучению ж а р о п р о ч н ы х сплавов, необходимо обратить внимание студентов на разницу между понятиями «жаростойкость» и «жаропрочность»; а также характеристику ползучести металлов. Классификацию жаропрочных сплавов дать в зависимости от температуры их эксплуатации.

Жаропрочностью называют прочность при высоких температурах, т.е. сопротивление механическим нагрузкам при высоких температурах.

К жаропрочным относят стали и сплавы, способные работать в нагруженном состоянии при высоких температурах в течение определенного времени и обладающие при этом достаточной жаростойкостью.

На снижение прочности влияет не только высокая температура, но и длительность действия нагрузки. Под действием постоянной нагрузки сталь «ползёт».

Ползучесть – это деформация, непрерывно возрастающая и завершающаяся разрушением под действием постоянной нагрузки при длительном воздействии температуры.

Жаропрочные стали делят по температуре их эксплуатации :

- при температуре до 350-400С применяют обычные конструкционные стали (углеродистые и малолегированные)

- при 400-550С применяют перлитные стали 15ХМ, 12ХМФ. Детали из них подвергают нормализации (при 950-1050С) и отпуску при 650-750С. Эти стали содержат мало хрома, поэтому жаростойкость их до 550 С

- при 500-600С применяют мартенситные стали : высокохромистые (15Х11МФ); хромокремнистые (сильхромы 40Х9С2) ; сложно-легированные ( 20Х12ВНМГ). Для получения оптимальной жаро-прочности изделия из них подвергают закалке в масле при 1000-1050С и отпуску при 700-800С.

- при 600-750С применяют аустенитные стали, которые делят на:

неупрочняемые (нестареющие) ( 09Х14Н16Б), которые применяются после закалки (1100С) с охлаждением в воде или в воздухе; упроч-няемые (стареющие) (45Х4Н14В2М, 40Х15Н7Г7Ф2МС), детали из которых закаляют в воде, масле или на воздухе при 1050С с по-следующим длительным (8-24 час) старением при 600-800С.

- при 800-1100С применяют жаропрочные сплавы на основе Ni (ХН77ТЮР, ХН55ВМТФКЮ) после закалки и старения. Жаростойкость их до 1200С.

**Тема 2.6.** **Неметаллические материалы.**

Темой 2.6. предусмотрено изучение неметаллических конструкционных материалов. Изложение материала по теме целесообразно начать со сравнительной характеристики свойств неметаллических материалов, их преимуществ по сравнению с металлами и сплавами, обуславливающих широкое применение их в промышленности. Далее подробно рас-смотреть основные виды неметаллических материалов: пластмассы, резины, ситаллы. Лекция по каждой группе материалов включает в себя общие сведения, классификацию, строение и свойства, область применения материалов.

К неметаллическим материалам относятся полимерные материалы органические и неорганические: различные виды пла­стических масс, композиционные материалы на неметаллической основе, каучуки и резины, клеи, герметики, лакокрасочные по­крытия, а также графит, стекло, керамика.

Такие их свойства, как достаточная прочность, жесткость и эластичность при малой плотности, светопрозрачность, химиче­ская стойкость, диэлектрические свойства, делают эти материалы часто незаменимыми. Также следует отметить их технологичность и эффективность при использовании. Эти материалы находят все большее применение в различных отраслях машиностроения.

Основой неметаллических материалов являются полимеры, главным образом синтетические.

П л а с т м а с с ы – это неметаллические материалы, получаемые на основе полимеров и перерабатываемые в изделия методами пластической деформации. Исходные материалы для получения пластмасс – дешёвые природные вещества: продукты переработки каменного угля, нефти, природного газа и др.

Преимущества пластмасс перед металлическими к/материалами :

снижение веса и трудоёмкости оборудования , улучшение внешнего вида продукции, экономия цветных и черных металлов , химическая стойкость, электроизоляционные свойства, антифрикционные свойства ( ДСП, капрон, текстолит заменяют бронзу и баббит в подшипниках), оптические свойства (орг.стекло, полистирол прозрачны и бесцветны),

удельная механическая прочность, снижение затрат на изготовление.

Недостатки : низкая теплостойкость ( -60 + 200 С ) ( фторопласт 300-400С), низкая теплопроводность ( в 500-600 раз меньше, чем у металлов ), низкая твердость и жесткость, ползучесть ( особенно у термопластов), старение (теряют свойства под действием температуры, влажности, света, воды).

Основой пластмасс являются смолы - высокомолекулярные органи-ческие соединения ( эпоксидные , кремнийорганические, фенолфор-мальдегидные).

В зависимости от поведения смолы при нагреве пластмассы делят на :

- термореактивные ( реактопласты ), кот. под действием тепла и давления переходят в твёрдое, неплавкое и нерастворимое состояние. - термопластичные (термопласты), которые под действием тепла плавятся, а при охлаждении затвердевают. Кроме смолы пластмассы состоят из : наполнителя, пластификатора, стабилизатора, красителя и др. добавок.

В зависимости от наполнителя пластмассы делят на :

композиционные ( порошкообразные и волокнистые) и слоистые.

К порошкообразным относятся :

- пресспорошки (наполнитель – древесная мука)

- графитопласты ( наполнитель – графит)

- аминопласты ( наполнит.- целлюлоза.

В волокнистых наполнителем м/б х/б очёсы, асбест, стекловолокно, каолиновое волокно (для особо высокой теплостойкости).

Слоистые пластмассы - это материалы, получаемые при соединении между собой наложенных друг на друга нескольких слоёв волокнистых наполнителей (ткани, бумаги, древесины), пропитанных искусственными смолами.

Р е з и н а - это продукт химической переработки каучуков, получаемый в результате вулканизации.

Натуральный каучук НК ( из каучуконосного растения гевея) легко растворяется в эфире, минеральных маслах и не растворяется в воде. При 90С он размягчается, становится липким, ниже ноля - твердым и хрупким.

Синтетические каучуки : бутадиеновый СКБ, бутадиен-стирольный СКС, нитрильный СНК, изопреновый СКИ, хлоропреновый (наирит) , полисульфидные (тиоколы) ; фторкаучук СКФ .

Резину получают из каучуков вулканизацией. Вулканизирующие вещества - сера ; или перекиси металлов (Mn, Pt) - для тиоколов ; органические перекиси или диамины - для фторкаучуков. Вулканизация может проводиться при 120 -150С или без нагрева в пресс-формах на гидравлических прессах с паровым или электрообогревом.

Для повышения механической прочности и износоустойчивости в состав резин вводят : наполнитель (сажа, SiO, TiO , мел, каолин), ускоритель вулканизации, пластификаторы для повышения пластич-ности и морозостойкости ( стеарин, олеиновая кислота, парафин), мягчители, противостарители – против окисления кислородом воздуха ( парафин, вазелин), красители ( охра, ультрамарин).

Резины общего назначения изготовляют на основе НК, СКБ, СКС, СКИ . Они могут работать в среде воды, воздуха, слабых растворах кислот и щелочей при температурах от -35С до 130С.

Резины специального назначения : маслобензостойкие, теплостойкие, морозостойкие, износостойкие, электротехнические

( электроизоляционные и электропроводящие).

С и т а л л ы (стеклокерамика) получают на основе неорганических стекол путем их полной или частичной управляемой кристаллизации.

Ситаллы получают путём плавления стекольной шихты специального состава с добавкой нуклеаторов (катализаторов) ; охлаждения расплава до пластичного состояния и формирования изделий методом стекольной технологии и последующей кристаллизации.

В состав стекла для получения ситаллов входят LiO, AlO, SiO, MgO, CaO и др. В качестве нуклеаторов применяют соли светочув-ствительных металлов Au, Ag, Cu ; фтористые и фосфатные соедине-ния ; Ti O и др.

Виды ситаллов : фотоситаллы получают из стекол литиевой системы с нуклеаторами, термоситаллы получают из стекол систем MgO - AlO- SiO , CaO -AlO- SiO с добавкой TiO, FeS и др., шлакоситаллы получают на основе доменных шлаков с добавкой сульфатов, порошков железа. Также вводят Фтор для усиления кристаллизации.

Ситаллы газонепроницаемы, имеют высокое сопротивление ударным нагрузкам по сравнению со стеклами (хотя достаточно хрупки), износостойки при истирании, имеют высокое удельное электросопротивление ( при нагреве до 400С), большинство из них имеют белый, серый или коричневый цвет, кроме литиевых (они прозрачны).

Высокая химическая стойкость определяет их применение в хим. Промышленности. Они применяются для изготовления деталей, работающих в агрессивных жидкостях, в том числе с абразивами. Из-за малого коэффициента трения в паре с металлами их используются в качестве подшипников скольжения. Также их применяют в электротехнической и радиопромышленности.

В заключение, необходимо рассказать о применении вспомогательных конструкционных материалов : смазочных масел, лаков, красок, клеев, герметиков, древесины и др.

**Раздел 3. Материалы с особыми физическими свойствам**

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

При изложении материала темы 3.1. необходимо ознакомить учащихся с основными магнитными характеристиками сталей и сплавов. Затем классифицировать магнитные сплавы в зависимости от коэрцитивной силы и магнитной проницаемости на магнитотвердые и магнитомягкие, и перечислить группы сплавов, применяемых в качестве тех и других, выделив в отдельную группу ферриты.

Основные характеристики магнитных сталей и сплавов :

- Br, (Гс) - остаточная индукция, в гауссах

- Нс, (Э) - коэрцитивная сила, в эрстедах (намагничивающая сила)

- μ - магнитная проницаемость ,  = В/Н.

Если μ >1, такие тела называют парамагнитными,

если μ < 1, такие тела называют диамагнитными.

Частным случаем парамагнетиков являются ферромагнетики - железо, никель и кобальт, у которых μ во много раз больше, чем у других парамагнетиков.

Для магнитотвердых сталей :

W = 0,5 Br Hc - магнитная энергия.

От W зависит объём магнита, необходимого для создания магнитного поля в заданном воздушном зазоре. Чем больше W , там меньше объём и масса магнита.

Магнитные сплавы в зависимости от коэрцитивной силы Нс и магнитной проницаемости μ делят на :

- магнитотвёрдые ( с большой Нс и малой μ )

- магнитомягкие ( с малой Нс и высокой μ ).

М а г н и т о т в е р д ы е стали и сплавы применяются для изготовления постоянных магнитов. К ним относятся : высокоуглеродистые стали У10 – У12 после закалки имеют большую Нс, но т.к. они прокаливаются на небольшую глубину, их применяют для изготовления магнитов сечением 4-7 мм; легиро-ванные стали с 1%С и Cr : ЕХ3, ЕХ, а также с Cr и Со : ЕХ5К5, ЕХ9К15М ; специальные сплавы типа «алнико» , которые имеют очень высокие магнитные свойства, что позволяет изготовлять из них магниты небольшого размера, но большой мощности.

Они тверды, хрупки и не обрабатываются резанием (деформацией). Магниты из них изготовляют литьем или спеканием порошков.

Например : ЮНДК15 ( 9%Al, 19%Ni, 3-4%Cu, 15%Co , остальное железо ).

М а г н и т о м я г к и е стали и сплавы применяются для изготовления магнитопроводов постоянного и переменного тока, роторов и статоров асинхронных двигателей, магнитных цепей крупных электрических машин, силовых трансформаторов и т.д. К ним относят :

- электротехническое железо (железо Армко) марок Э, ЭА, ЭАА (отличаются структурой), содержащее < 0,04%С. Применяется для

сердечников, полюсных наконечниеов электромагнитов и др.

- электротехническая сталь , содержащая Si , которая по %Si делится

на низколегированную ( 0,8-1,8%Si) , среднелегированные (1,8-2,8 % Si) , повышеннолегированные (2,8-3,8%Si), высоколегированные ( 3,8-4,8%). Стали Э1 и Э2 называют динамными сталями, а Э3 и Э4 трансформаторными.

- железоникелевые сплавы ( пермаллои ) содержат 45-80% Ni и

легированы Cr, Si, Mo. Имеют очень высокую магнитную проницаемость. Например : 79НМ (79%Ni, 4%Мо), 80НХС, 83НФ.

В отдельную группу следует выделить ферриты - магнитомягкие материалы, получаемые спеканием смеси порошков ферромагнитной окиси железа FeO и окислов двухвалентных металлов ( ZnO, NiO, MgO и др.) В отличие от других магнитомягких металлов у ферритов очень высокое электросопротивление ( до 10Ом см ), поэтому их применяют в устройствах, работающих в области высоких и сверхвысоких частот ( радиоэлектронная техника, вычислительная техника, связь, приборостроение. Например : ферритовые сердечники.

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

В теме 3.2. изучаются сплавы с высоким электросопротивлением : сплавы для электронагревателей, для элементов сопротивления и реостатов, а также сплавы с заданным коэффициентом теплового расширения.

Сплавы с высоким электросопротивлением. Элементы электросопро-тивления должны иметь низкую электро-проводность или вы­сокое электросопротивление. Так как образование твердых раство­ров при легировании сопровождается повышением электросопро­тивления, то все сплавы высокого сопротивления, как правило, представляют собой твердые растворы.

Различают сплавы *реостатные* (для изготовления реостатов) и окалиностойкие сплавы *высокого электросопротивления* (для нагре­вательных элементов печей и электроприборов).

Сплавы для электронагревателей обладают высокой жаростойкостью, высокой окалиностойкостью, высоким электросопро-тивлением, пластичностью в холодном состоянии.

В качестве таких сплавов применяют железохромоалюминиевые сплавы

(фехраль, хромаль), никелевые сплавы ( ферронихром, нихром).

Стойкость нагревателей из Fe-Cr-Ni- сплавов выше, чем у нихромов. Сплавы производят в виде проволоки и ленты и их применяют для бытовых приборов (фехраль, нихром, ферронихром), а также для промышленных и лабораторных печей (хромаль).

Сплавы для элементов сопротивления и реостатов обладают высоким электросопротивлением, малым температурным коэффициентом электросопротивления в области рабочих температур и неизменностью электрических свойств во времени (манганин, константан, никелин). Эти сплавы имеют очень малый температурный коэффициент электросопротивления в области температур : манганин от -60 до +800С , константан от -60 до +3500С.

Сплавы с заданным коэффициентом теплового расширения содержат много никеля. Сплав 36Н – инвар (<0,05%С и 36%Ni) почти не рас-ширяется при температуре от -60 до +100 0С. Он применяется для деталей приборов, требующих постоянных размеров в интервале климатических изменений температур ( детали геодезических мерных приборов и др). Сплав 29НК – ковар ( <0,03%С, 29%Ni, 17-18%Со) имеет низкий коэффициент теплового расширения в интервале темпе-ратур от -70 до + 420 0С. Он применяется для деталей, впаиваемых в стекло при создании вакуумноплотных спаев.

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

В теме 3.3. изучение материалов с особыми электрическими свойствами целесообразно начать с принципа деления материалов на проводники, полупроводники и диэлектрики. Затем рассмотреть их виды, свойства и применение. При изучении проводников необходимо дать их сравнительную характеристику.

Материалы высокой проводимости - это проводниковые материалы с удельным электросопротивлением при нормальных условиях не более 0,1 . 10 -6 Ом. М. Их применяют в электротехнике, приборостроении для изготовления обмоточных и монтажных проводов, различных токоведущих частей и др. Эти материалы должны обладать следующими свойствами : малым удельным электросопротивлением, высокими механическими свойствами, хорошими технологическими параметрами, стойкостью против коррозии.

Их делят по группам :

Ag, Cu, Au, Al, Be, Mg, W, Mo, Zn, Co, Ni, Cd, Fe, Pt Sn

→ уд. эл. сопротивление от 0,016. 10-6 Ом. м до 0,120. 10-6 Ом . м →

Серебро имеет минимальное эл. сопротивление, но является остродефицитным материалом. Наибольшую электропроводимость имеет чистая медь и медные сплавы (из бронз лучшие бериллиевые и кадмиевые).

Aлюминий дешевле меди, менее дефицитен , легче меди и стоек к окислению. Преимущество алюминия – возможность анодного оксидирования (анодирования). Алюминий применяют для проводов воздушных линий электропередач, в распределительных устройствах, для кабелей, обмоток трансформаторов, электромагнитов и др.

В отдельную группу выделяют материалы для электрических контактов. Контакты изготовляют из материалов на основе :

Cu-Cr, Cu-Ag-Cd, Au-Pt-Ag, Pt-Ni, Pt-W, Pt-Ir и др.

Полупроводники (ПП) - это материалы, основное свойство которых – зависимость их электропроводимости от воздействия внешних факторов . ПП, основной состав которого образован атомами одного хим.элемента, наз. простым. ( 2-х и более элементов - сложным).

ПП, не содержащий примесей ,влияющих на его электропроводимость, называют собственным. ПП, электропроводимость которого определяется примесями, называют примесным.

В ПП носителями заряда, которые обуславливают эл.проводимость, являются дырки проводимости и электроны проводимости.

ПП, электропроводимость которого обусловлена перемещением дырок проводимости, называют дырочным. ПП, электропроводимость которого обусловлена электронами проводимости, называют электронным.

Простые ПП : кремний и германий (Ge). Сложные ПП используют для изготовления диодов, транзисторов, модуляторов инфракрасного излучения, солнечных батарей, лазеров, магниторезисторов и др. Их изготовляют из материалов : арсенид галлия , антимонид галлия (с сурьмой), фосфид индия , антимонид индия и др.

Диэлектрики - материалы с низкой электропроводимостью и высоким электросопротивлением ( 10 7- 10 18 Ом \*м). Их основное электрическое свойство – способность поляризоваться в электрическом поле). Диэлектрики в основном используют в качестве электроизоляционных материалов ( электроизоляционный лак, компаунд, миканит, слюдопласт и др.).

**Раздел 4. Инструментальные материалы.**

Раздел 4 «Инструментальные материалы» изучает стали, которые применяют для изготовления трех ос­новных групп инструмента: режущего, измерительного и штампов. Необходимо рассмотреть требования, которые предъявляют к инструментальным сталям в связи с условиями работы инструмента, а также группы материалов, применяемых для изготовления режущего, мерительного инструментов и для инстру-ментов обработки давлением ( для штампови пресс-форм ).

Сталь для режущего инструмента (резцы, сверла, метчики, фрезы, протяжки и др.) должна обладать высокой твердостью, превышающей твердость обрабатываемого материала; износостойкостью; теплостойкостью, т. е. способностью стали со­хранять при нагреве рабочей кромки, возникающем в эксплуата­ции, структуру и свойства, необходимые для резания.

Режущий инструмент изготовляют из углеродистых (У9-У12), легирован­ных (9ХФ, 11ХФ, 13Х ) и быстрорежущих сталей (Р12, Р6М5К5). Быстрорежущие стали имеют высокую теплостойкость (до 620—640° С) и износостойкость. Более высокую теплостойкость имеют стали с повышенным содержанием ванадия и кобальтовые стали.

С т а л и д л я и з м е р и т е л ь н о г о и н с т р у м е н т а (плиток, калиб­ров, шаблонов) должны обладать высокой твердостью, износо­стойкостью, сохранять постоянство размеров и хорошо шлифо­ваться. Обычно применяют высокоуглеродистые хромистые стали X и 12X1. Измерительный инструмент подвергают закалке в масле с возможно более низкой температурой (обычно от 850— 870 °С) с целью получения минимального количества остаточного аустенита. Измерительные скобы, шкалы, линейки и другие плоские длинные инструменты изготовляют из листовых сталей 15, 15Х. Для получения рабочей поверхности с высокой твердостью и износостойкостью инструменты подвергают цементации и закалке.

Штампы служат для деформирования металла в холодном и го­рячем состояниях.

Сталь для штампов холодного деформиро­вания (вытяжные, гибочные, высадочные штампы, дыропробив­ные пуансоны, ролики для накатывания резьбы и др.) должна иметь высокую твердость, износостойкость и достаточную вязкость. Для штампов простой формы и небольших размеров применяют углеродистые стали У10А—У12А. Ввиду небольшой прокаливаемости их следует применять для относительно легких условий работы ( при малых степенях деформаций и незначительной твердости штампуемого материала).

Сталь для штампов горячего деформиро­вания (ковочные, прошивные, обрезные штампы и др.) должна иметь высокие механические свойства, которые должны сохра­няться и при повышенных температурах, глубоко прокаливаться и обладать стойкостью против разгара. Молотовые штампы изготавливают главным образом из сталей марок 5ХНМ, 5ХГМ, 5ХНВ, 5ХНТ и др. Эти стали имеют пример­но одинаковые механические свойства. Наибольшей прокаливаемостью обладает сталь марки 5ХНМ.

Прессовый инструмент, а также штампы для горизонтально- ковочных машин изготавливают из сталей ЗХ2В8Ф, 4Х5В2ФС, 4Х5В4ФСМ, 4Х2В5ФМ и др.

Температурные режимы работы деталей пресс-форм для литья под давлением алюминиевых и медных сплавов и горячих штампов идентичны. Поэтому для пресс-форм применяют те же стали, что и для прессового инструмента.

В особую группу инструментальных материалов входят так называемые т в е р д ы е сплавы, применяемые для инструмента, рабо­тающего при особо высоких скоростях резания. Твердыми называют сплавы, изготовленные методом порошковой металлургии и состоящие из карбидов тугоплавких металлов (WC, TiC, ТаС), соединенных кобальтовой связкой.

**Раздел 5. Порошковые и композиционные материалы.**

В разделе 5 рассматриваются две группы материалов: порошковые и композиционные.

При изучении порошковых материалов необходимо познакомить учащихся с технологией порошковой металлургии, которая позволяет получать изделия из одного металла, а также из смеси порошков металлов или металлов с неметаллами., а также с видами изделий из металлических порошков.

Порошковыми называют материалы, изготовляемые путем прес­сования металлических порошков в изделия необходимой формы и размеров и последующего спекания сформованных изделий в ва­кууме или защитной атмосфере при температуре 0,75—0,8Тпл.Различают *пористые* и *компактные* порошковые материалы.

Пористыми называют материалы, в которых после оконча­тельной обработки сохраняется 10—30 % остаточной пористости. Эти сплавы используют главным образом для изготовления анти­фрикционных деталей (подшипников, втулок) и фильтров.

Антифрикционные порошковые сплавы имеют низкий коэффи­циент трения, легко прирабатываются, выдерживают значитель­ные нагрузки и обладают хорошей износостойкостью. Подшипники из порошковых сплавов могут работать без при­нудительного смазывания за счет «выпотевания» масла, находя­щегося в порах. Подшипники изготовляют из сплавов железа и 1-7 % гра­фита (ЖГр1, ЖГрЗ, ЖГр7) и бронзографита, содержащего 8-10 % Sn и 2-4 % графита (БрОГрЮ-2, БрОГр8-4 и др.)

Спеченные материалы на основе железа и меди используют и для фрикционных изделий (дисков, сегментов) в тормозных узлах. Фрикционные изделия должны иметь высокий коэффициент трения, достаточную механическую прочность и хорошее сопро­тивление износу. Для повышения коэффициента трения в состав фрикционных материалов вводят карбиды кремния, бора, тугоплавкие оксиды и т. д. Компонентами твердого смазочного мате­риала служат графит, свинец, сульфиды и др. Типичным фрикционным материалом на основе меди является сплав МК5, содержащий 4 %Fе, 7% графита, 8 % РЬ, 9 % Sn, 0-2 % Ni.

Для работы в условиях трения без смазочного материала (деталей тормозов самолетов, тормозных накладок тракторов, автомобилей, дорожных машин, экскаваторов и т. д.) применяют материалы на железной основе. Наибольшее применение получил материал ФМК-П (15 % Си, 9 % графита, 3 % асбеста, 3 % SiOa и 6 % барита).

Широко применяют порошковые материалы для фильтрующих изделий. Фильтры в виде втулок, труб, пластин из порошков Ni, Fe, Ti, А1, коррозионностойкой стали, бронзы и других материалов с пористостью 45-50 % (размер пор 2-20 мкм) ис­пользуют для очистки жидкостей и газов от твердых примесей.

В электротехнике и радиотехнике применяют порошковые магниты на основе Fe-Ni-А1-сплава (типа алнико) и др. Свойства порошковых магнитов нередко выше свойств литых магнитов.

Большое применение в машинах для контактной сварки, при­борах связи получили контакты из порошковых материалов. Для этой цели применяют псевдосплавы тугоплавких металлов (W и Мо) с медью (МВ20, МВ40, MBG0, МВ80), серебромГ(СШ0, СМ60, СМ80, СВЗО, СВ50, СВ85 и др.) или с оксидом кадмия (ОК8, ОК12, ОК15) и др. Контакты отличаются высокой проч­ностью, электропроводимостью и электроэрозионной стойкостью. Токосъемники (щетки) изготовляют из порошков меди (или се­ребра) с графитом (углем).

Все более широкое\_применение получают компактныематериалы (1-3 % пористости) из порошков углеродистой и легиро­ванной стали, бронз, латуней, сплавов алюминия и титана для изготовления всевозможных шестерен, кулачков, кранов, кор­пусов подшипников, деталей автоматических передач и других деталей машин.

Изготовляют большое количество порошковых конструкцион­ных (СП10-1, СПЗО-1, , СПЗОДЗ-2, СП60Н2Д2-2, СПЗОНЗМ-2, СП40Х-2, и др.), мартенситно-стареющих (СПН12К5М5Г4ТЮ, СПН12Х5МЗТ и др.), корро­зионностойких (СПХ17Н2, СПХ18Н15, СГ1Х23Н28 и др.) и дру­гих сталей.

Порошковая металлургия позволяет увеличить коэффициент использования металла и повысить производительность труда.

Экономическая эффективность достигается благодаря сокра­щению или полному исключению механической обработки. Вслед­ствие высокой стоимости пресс-форм изготовление деталей машин методами порошковой металлургии эффективно только в массовом производстве.

Применение порошковых материалов рекомендуется при из­готовлении деталей простой симметричной формы (цидиндрические, конические, зубчатые), малых массы и размеров. Кон­струкция и форма детали должны позволять равномерно запол­нять полость пресс-формы порошками, их уплотнение, распреде­ление напряжений и температуры при прессовании и удалении изделия из пресс-формы.

При изучении композиционных материаловследует классифицировать их по материалу матрицы, отдельно обратить внимание на метало-пласты.

Композиционные материалы (композиты) состо­ят из химически разнородных компонентов, нерастворимых друг в друге и связанных между собой в результате адгезии. Основой композитов является пластическая матрица, которая связывает наполнители, определяет форму изделия, его монолитность, теп лофизические, лектро- и радиотехнические свойства, герметич­ность, химическую стойкость, а также распределение напряже­ний между наполнителями.

В качестве матрицы применяют металлы (алюминий, магний, их сплавы),

полимеры (эпоксидные, фенолформальдегидные смо­лы,

полиамиды), керамические, углеродные материалы.

Наполнители чаще всего играют роль упрочнителей, восприни­мают основную долю нагрузки и определяют модуль упругости и твердость композита, а иногда также фрикционные, магнитные, теплофизические и электрические свойства. Наполнителями служат тонкая (диаметром несколько микрометров) проволока из высо­копрочной стали, вольфрама, титана, а также стеклянные, поли­амидные, углеродные, боридные волокна и волокна на основе ните­видных кристаллов (оксидов, карби-дов, боридов, нитридов) и др.

По структуре наполнителя композиционные материалы под­разделяют на

- волокнистые (армированы волокнами и нитевидны­ми кристаллами),

- слоистые (армированы пленками, пластинками, слоистыми наполнителями)

- дисперсноармированные и дисперсно- упрочненные (с наполнителем в виде

тонкодисперсных частиц).

Композиты получают пропиткой наполнителей матричным раствором, нанесением материала матрицы на волокна плазменным напылением, электрохимическим способом, введением туго­плавких наполнителей в расплавленный материал матрицы, прес­сованием, спеканием.

Для композитов характерны высокая прочность, жесткость и вязкость, а также коррозионная стойкость, жаропрочность и тер­мическая стабильность.

К композитам (композиционным пластмассам) принято также относить пластмассы с армирующими наполнителями (стеклопласти­ки, углепластики, боропластики, органопластики и др.), рассмотрен­ные выше.

Металлопластами называют конструкцион­ный материал из металлического листа (сталь, а также титан, алю­миний, их сплавы) толщиной 0,3-1,2 мм с одно- или двусторон­ним покрытием полимерами (полиэтиленом, полипропиленом, полиизобутиленом, поливинилхлоридом и др.) с толщиной слоя 0,05-1 мм. Эти материалы обладают электроизоляционными свой­ствами, не расслаиваются, не коробятся при штамповке, сварке, механической обработке, не требуют декоративной отделки. Ме­таллопласты применяют для изготовления кузовов автомобилей, корпусов холодильников, стиральных машин, телевизоров, двер­ных и оконных рам, кровли и т.д.

Далее для проверки усвоения изученного материала студентам предлагаются вопросы для самоконтроля.

## Вопросы для самоконтроля.

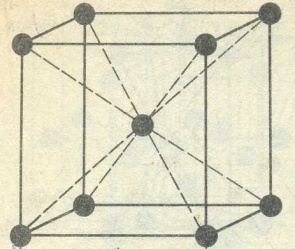
Целью вопросов для самоконтроля является активизация процессов усвоения и закрепления знаний, умений и навыков. Вопросы для самоконтроля направлены на развитие самостоятельного мышления студентов с использованием проблемного обучения и тестового контроля. В отличие от вопросов контрольных работ они не носят обобщающий характер, а касаются конкретного материала, поэтому следуют непосредственно за методическими указаниями по изучению каждой темы.

### Примеры тестов с выбором ответа.

**Вариант №1.**

1. Назвать тип кристаллической А) объемно центрированная кубическая решетки металла (см.рис.1). Б) гранецентрированная кубическая

В) гексональная плотноупакованная

** Рис.1.

2. Какой дефект кристаллической решетки А) граница зерен

является точечным ? Б) дислокация

В) вакансия

3. Неодинаковость свойств металла в разных А) аллотропия

кристаллографических направлениях Б) анизотропия

называется … В) полиморфизм

4. В каких координатах строят диаграммы А) концентрация – время

фазового равновесия ? Б) температура – время

В) температура - концентрация

5. Какое свойство металла относится А) твердость

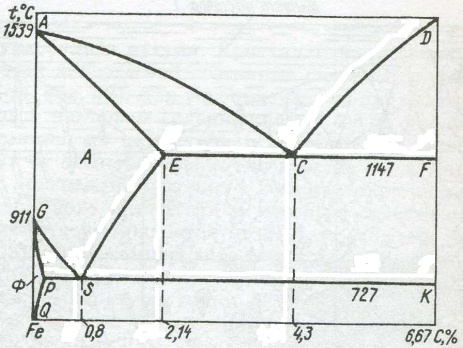
к механическим ? Б) жаростойкость

В) плотность

6. Какое превращение происходит в точке С А) эвтектоидное

на диаграмме «железо – цементит» ? Б) эвтектическое

(см рис.2) В) полиморфное

** Рис.2

7. Какая линия на диаграмме «железо-цементит» А) линия CD

соответствует выделению первичного цементита ? Б) линия SE

(см рис.2) В) линия PQ

1. Какое количество углерода содержится А) от 0,8% до 2,14%

в доэвтектоидных сталях ? Б) от 0,02% до 2,14%

В) от 0,02% до 0,8%

9. Какая постоянная примесь стали А) марганец

является вредной ? Б) сера

В) углерод

10. Какой маркировкой обозначается углеродистая А) ВСт.2

конструкционная сталь обыкновенного качества ? Б) 15кп

В) У8А

11. Как называется чугун, в структуре которого А) белый

углерод находится в виде графита ? Б) серый

В) половинчатый

12. По маркировке легированных сталей А) 25ХГМ

выбрать тройную. Б) ШХ15

В) ШХ15СГ

13. Какой вид термообработки называется А) закалка + высокий отпуск

улучшением ? Б) закалка + средний отпуск

В) закалка + низкий отпуск

14. Какой вид химико-термической обработки А) цементация

относится к диффузионной металлизации ? Б) цианирование

В) силицирование

15. Как называются стали с улучшенной А) нержавеющие

обрабатываемостью резанием ? Б) быстрорежущие

В) автоматные

16. Какой сплав обладает большей жаростойкостью ? А) ХН70Ю

Б) 15Х5

В) 12Х17

17. Основным свойством антифрикционных А) высокий коэффициент трения

материалов является …… Б) низкий коэффициент трения

В) высокая жаропрочность

18. Какая пластмасса является А) гетинакс

термопластичной ? Б) полиэтилен

В) текстолит

19. На основе каких каучуков изготовляют А) полиуретановых

износостойкие резины ? Б) хлоропреновых

В) нитрильных

20. Какую роль выполняют нуклеаторы А) ингибиторы

при получении ситаллов ? Б) нейтрализаторы

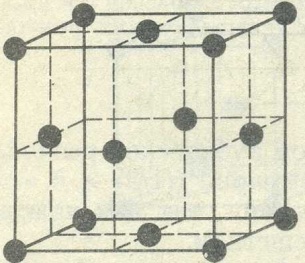
В) катализаторы

**Вариант №2.**

1. Назвать тип кристаллической А) объемно центрированная кубическая

решетки металла (см. рис.1). Б) гранецентрированная кубическая

В) гексональная плотноупакованная

** Рис.1.

2. Какой дефект кристаллической решетки А) дислокация

является линейным ? Б) межузельный атом

В) трещина

3. Для какого металла характерно А) для штампованного

дендритное строение ? Б) для кованого

В) для литого

4. Как называется неоднородность состава А) ликвация

сплава внутри кристаллов, возникающая Б) аллотропия

при резком охлаждении сплава ? В) перекристаллизация

1. Какое свойство металла относится А) прочность

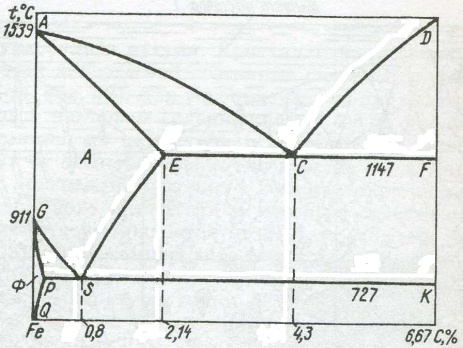
к физическим ? Б) плотность

В) твердость

6. Какое превращение происходит в точке S А) эвтектическое

на диаграмме «железо – цементит» ? Б) аллотропическое

(см рис.2) В) эвтектоидное

** Рис.2

7. Какая линия на диаграмме «железо-це- А) линия CD

ментит» соответствует выделению вто- Б) линия SE

ричного цементита (см рис.2) ? В) линия PQ

1. Какое количество углерода содержится А) 4,3%С

в эвтектических чугунах ? Б) 0,8%С

В) 2,14%С

9. Назвать постоянную примесь..стали, А) сера

уменьшающую ее красноломкость ? Б) фосфор

В) марганец

10. Какой маркировкой обозначается углеродистая А) Ст.2кп

конструкционная качественная сталь ? Б) 05кп

В) У13

11. Какой маркировкой обозначается А) СЧ40-60

модифицированный чугун ? Б) ВЧ100-4

В) СЧ12-28

12. По маркировке легированных сталей А) 50ХГФА

выбери низколегированную. Б) ШХ15

В) А45Е

13. Какой вид термической обработки А) рекристаллизационный отжиг

относится к отжигу II рода ? Б) изотермический отжиг

В) диффузионный отжиг

14. Сущность какого вида химико-термической А) цианирование

обработки заключается в насыщении повер- Б) улучшение

хности стали углеродом ? В) цементация

1. Из перечисленных выбрать медно- А) мельхиор

никелевый сплав. Б) бронза

В) латунь

16. Как называются сплавы, способные работать А) коррозионно-стойкие

в нагруженном состоянии при высоких Б) жаростойкие

температурах длительное время ? В) жаропрочные

17. Какие антифрикционные сплавы А) сплавы алюминия и никеля

называют баббитами ? Б) сплавы олова и свинца

В) сплавы цинка и алюминия

18. Из перечисленных полимерных матери- А) графитопласт

алов выбрать газонаполненный. Б) пенопласт

В) аминопласт

19. Какой температурный диапазон соответствует А) от -350 до +1300

работе резин общего назначения ? Б) от 00  до +500

В) от -200  до + 1600

20. Из стекол какой системы А) кальциевой

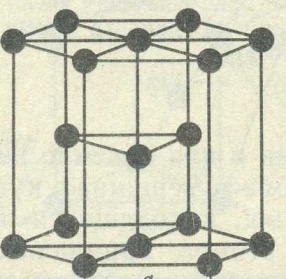
получают фотоситаллы ? Б) магниево-алюминиевой

В) литиевой

**Вариант №3.**

1. Назвать тип кристаллической решетки А) объемно центрированная кубическая металла (см. рис.1). Б) гранецентрированная кубическая

В) гексональная плотноупакованная

**  Рис.1.

1. Какой дефект кристаллической решетки А) граница зерен

является поверхностным ? Б) трещина

В) краевая дислокация

3. Выбрать правильное выражение. А) кристалл – тело аморфное

Б) кристалл – тело анизотропное

В) кристалл - тело полиморфное

4. Что такое аллотропия ? А) неоднородность состава сплава

Б) смена кристаллических решеток

В) структура металлического сплава

5. Какое свойство металла относится А) пластичность

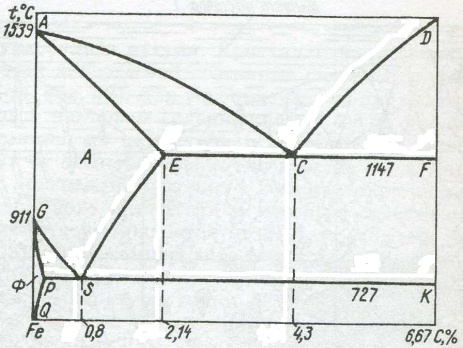
к химическим ? Б) ползучесть

В) коррозионная стойкость

6. Какое превращение происходит в точке G А) полиморфное

на диаграмме «железо – цементит» ? Б) эвтектическое

( см рис.2) В) эвтектоидное

** Рис.2

1. Какая линия на диаграмме «железо-це- А) линия CD

ментит» соответствует выделению тре- Б) линия ES

тичного цементита (см.рис.2) ? В) линия PQ

1. Какое количество углерода содержится А) 0,8%С

в эвтектоидных сталях ? Б) 2,14%С

В) 4,3%С

9. Какая постоянная примесь в чугунах А) фосфор

является вредной ? Б) углерод

В) кремний

10. Выбери маркировку углеродистой А) ВСт.3сп

инструментальной стали. Б) 15кп

В) У8А

11. Каким испытаниям подвергается А) на изгиб

чугун марки ВЧ60-2 ? Б) на растяжение

В) на растяжение и изгиб

12. По маркировке легированных сталей выбери А) 40ХН2МА

высоколегированную, Б) 38ХН3МФА

В) 15Х18СЮ

13. Выбрать из перечисленных способов А) закалка токами высокой частоты

термической обработки поверхност- Б) изотермическая закалка

ную закалку . В) ступенчатая закалка

1. Какой вид химико-термической А) газовое цианирование

обработки называют нитроце- Б) жидкостное цианирование

ментацией ? В) газовая цементация

1. Полутомпаком называют сплав меди с А) до 43% Zn

цинком, содержащий … Б) от 10% до 20% Zn

В) до 10% Zn

16. Из перечисленных сплавов алюминия А) силумин

выбрать литейный. Б) дюралюмин

В) алнико

17. Какие антифрикционные чугуны применяют А) ковкие

при невысоком давлении (р<500 МН/кв.м) ? Б) серые

В) высокопрочные

18. Выбрать пластмассы, обладающие А) аминопласты

токопроводящими свойствами. Б) асбоволокниты

В) графитопласты

19. Что вводят в состав резин для А) пластификаторы

улучшения их морозостойкости ? Б) наполнители

В) противостарители

20. На основе чего получают ситаллы ? А) на основе керамики

Б) на основе неорганических стекол

В) на основе полимеров

### Примеры заданий с кратким свободно

### конструируемым ответом.

**Вариант №1.**

1. Описать превращение, происходящее в точке С на диаграмме «железо- цементит». .

2. Обозначить фазовый состав сплавов на площадях АЕС и СDF диаграммы состояния «железо-цементит».

3. Дать характеристику сплава : ВСт5пс, 40ХН2МА, Р12.

4. Назвать виды отпуска. Что такое улучшение ?

5. Как влияет содержание серы и фосфора на свойства автоматных сталей ?

6. Привести примеры синтетических каучуков.

7. Какой наполнитель в аминопластах ?

8. В качестве чего применяют диэлектрики ? Привести примеры.

9. Какие сплавы применяют для элементов сопротивлений и реостатов ?

10. Какому виду термообработки подвергают углеродистые стали для режущих инструментов ?

**Вариант «2.**

1. Описать превращение, происходящее в т.S диаграммы «железо- цементит».

2. Обозначить фазовый состав сплавов на площадях AESG, GSP, GPQ диаграммы состояния «железо-цементит».

3. Дать характеристику сплава : У8А, ВЧ50-2, ЛМцЖ55-3-1.

4. В чем различие между термической и химико-термической обработкой стали ?

5. Какому виду термообработки подвергают мартенситно-стареющие стали ?

6. Что такое гетинакс ?

7. На основе чего изготавливают износостойкие резины ?

8. Какие сплавы применяют для изготовления электронагревателей ?

9. От каких внешних факторов зависит электропроводимость диэлектриков ?

10 Преимущества легированных инструментальных сталей по сравнению с углеродистыми ? Привести примеры маркировки сталей.

**Вариант №3.**

1. Дать характеристику точке А на диаграмме «железо-цементит».
2. Что такое сталь ? Виды сталей в зависимости от содержания в них углерода.
3. Дать характеристику сплава : Бр.ОЦС-6-6-3, 45Г2, СЧ 00.
4. Виды диффузионной металлизации. Пояснить.
5. Назначение и свойства антифрикционных материалов.
6. Что входит в состав пластмасс ?
7. В каком температурном диапазоне работают резины общего назначения ?

8.. Что такое ферриты ? Чем они отличаются от других магнито-

мягких материалов ?

9. Из каких материалов изготовляют простые полупроводники ?

1. Какой термообработке подвергаются инструменты из быстрорежущей стали для улучшения режущих свойств и износостойкости ?

**Вариант №4.**

1. Описать превращение, происходящее в т.G на диаграмме

«железо- цементит».

2. Понятие и фазовый состав доэвтектоидных сталей.

3. Дать характеристику сплава : КЧ30-6 , 18кп, Н18К9М5Т.

4. Сущность азотирования и цианирования.

5. Какие сплавы применяют в качестве антифрикционных материалов?

6. Чем отличаются термореактивные пластмассы от термопластичных?

7. Что вводят в состав резиновой смеси для повышения её механической

прочности и износостойкости ?

1. Что такое пермаллои ? Привести пример.
2. Какой полупроводник называют собственным ?
3. Какие постоянные примеси есть в сталях и чугунах ? Пояснить.

**Вариант №5.**

1. На диаграмме «железо-цементит» назвать линии, по которым

выделяется первичный, вторичный и третичный цементит.

1. Определение и фазовый состав заэвтектических чугунов.
2. Дать характеристику сплава : У13, АЧВ-1, Л96.
3. Понятие и виды цементации.
4. Влияние легирующих добавок на свойства латуней.
5. Привести примеры жаропрочных сталей, работающих при 800-1100С.
6. Зачем в ситаллы добавляют нуклеаторы ?
7. Классификация электротехнических сталей по содержанию кремния..
8. Привести примеры простых полупроводников.
9. Стали для инструмента холодного деформирования.

**Вариант №6.**

1. Дать характеристику т.D на диаграмме «железо-цементит».

2. Дать определение эвтектоидных сталей. Назвать их фазовый состав.

3. Дать характеристику сплава : Д16, Н12К8М4Г2, МНМц10-1,5.

4. Сущность и виды химико-термической обработки ?

5. Что такое бронза ? Виды бронз .

6. Как получают шлакоситаллы ?

7. Что такое сильхромы ? Привести пример маркировки .

8. В чём отличие динамных сталей от трансформаторных ?

9. Какие материалы применяют для электрических контактов ?

10. Из какой стали можно изготовить бритвенный нож или лезвие

хирургического инструмента ?

**Вариант №7.**

1. Дать характеристику т.Р на диаграмме «железо-цементит».

2. Определение и фазовый состав заэвтектоидных сталей.

3. Дать характеристику сплава : ЛМнОС58-2-2, А45Е, АЧС-1.

4. Сущность и преимущества термоциклической обработки стали ?

5. Медно-никелевые сплавы, область их применения.

6. Что такое «предел ползучести» ?

7. Что такое ситаллы ? Виды ситаллов.

8. Характеристика магнитных сплавов типа «алнико». Привести

пример маркировки сплава.

9. Какие медные сплавы являются лучшими проводниками ?

10. Какие легирующие добавки повышают теплостойкость быстрорежущих

сталей ?

**Вариант №8.**

1. Дать характеристику т.Е на диаграмме «железо-цементит».

2. Что такое чугун ? Виды чугунов в зависимости от содержания в них

углерода.

3. Дать характеристику сплава : ЕХ5К5, Р6М5К5, ХН70Ю.

4. Перечислить виды закалки. Чем они отличаются?

5. Дать характеристику сплава «дюралюмин» ? Пример маркировки.

6. В чем разница между понятиями «жаростойкость» и «жаропрочность» ?.

1. Преимущества пластмасс по сравнению с металлическими

конструкционными материалами.

1. Где применяют магнитотвердые сплавы ? Примеры.
2. Дать сравнительную характеристику двух проводников :

меди и алюминия.

10. Из какой стали можно изготовить штамп большего размера :

У12 или ХВГ ? Почему ?

**Вариант №9.**

1 Дать характеристику линии ACD на диаграмме «железо-цементит». Пояснить.

2. Определение и фазовый состав доэвтектических чугунов.

3. Дать характеристику сплавов : Ст3сп, СЧ12-28, БрАЖС7-1,5-1,5 .

4. Перечислить виды отжига первого и второго рода.

5. Назначение и сущность гуммирования.

6. Назвать сплавы с жаростойкостью до 1200С.

7. Недостатки пластмасс по сравнению с металлическими

конструкционными материалами.

8. Что такое ферромагнетики ? Привести пример.

1. Сплавы с заданным коэффициентом теплового расширения.

10. Перечислить методы борьбы с коррозией. Пояснить.

**Вариант №10.**

1. Дать характеристику линии AECF на диаграмме «железо-цементит».

2. Определение и фазовый состав эвтектических чугунов.

3. Дать характеристику сплавов : АВЧ-1, БрКМц 3-1,

10Х14Т14М3Т.

4. Сущность и виды термической обработки стали.

5. Марки и характеристика окалиностойких сталей.

6. Привести пример газонаполненных полимерных материалов.

7. Перечислить - и - стабилизаторы в титановых сплавах, их

влияние на свойства сплавов.

1. Основные магнитные характеристики сталей и сплавов.
2. Какие материалы называют проводниками ? Где их применяют ?
3. Методы определения твердости, их сущность.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ**

**ПИСЬМЕННОЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.**

Итоговый контроль направлен на проверку конечных результатов обучения, выявление степени овладения учащимися системой знаний и умений , полученных в процессе изучения отдельного предмета.

Для проверки знаний студентов заочного (дистанционного) обучения по окончании изучения курса «Материловедение» предполагается вы-полнение письменной контрольной работы.

Варианты контрольной работы равноценны по объему и сложности и разработаны по многовариантной системе (10 вариантов). Каждый вариант контрольной работы **содержит 8 вопросов**, номера которых выбираются по последней цифре номера в списке регистрации студента.

Например, вариант **№1** содержит вопросы **№№ 1,11,21,31,41,51,61,71**;

вариант **№10** содержит вопросы **№№ 10,20,30,40,50,60,70,80;**

вариант **№ 3** содержит вопросы **№№ 3,13,23,33,43,53,63,73**  и т.д.

Контрольные вопросы носят конкретный характер, ориентируют студента на четкий ответ как результат анализа изучаемого материала.

Формулировка вопросов в работе должна строго соответствовать заданию. При ответах на вопросы рекомендуется использовать схемы, таблицы, диаграммы и графики, а также рисунки, соответствующие тексту. При описании различных сплавов обязательно должны приводиться примеры их маркировки.

Студент заочной (дистанционной) формы обучения выполняет контрольную работу самостоятельно и до начала зачетной сессии представляет на рецензирование. Работа выполняется в печатном виде на листах формата А4. Объем работы должен составлять не менее 15 страниц текста, набранного на компьютере 14 шрифтом с интервалом между строками 1,5.

Ниже приводится образец оформления титульного листа контрольной работы, а также перечень вопросов и список рекомендуемой литературы.

Студент, выполнивший контрольную работу на положительную оценку, допускается к аттестации по курсу «Материаловедение». Если работа не зачтена, то согласно рекомендациям преподавателя, она дорабатывается или выполняется заново полностью или частично.

Учебным планом предусмотрена итоговая аттестация по «Материаловедению» в форме экзамена. Перечень вопросов к экзамену представлен ниже.

### ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

### СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

### МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

### «ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ «МОСКОВИЯ»

I цикл

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

### по предмету :

**Материаловедение**

### форма обучения: заочная (дистанционная)

### Вариант № …

### 

Студент\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Специальность \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

201 год

**ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ**

**К ПИСЬМЕННОЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ**

1. Атомно-кристаллическое строение металлов. Типы кристаллических решёток.
2. Явление анизотропии.
3. Аллотропия ( полиморфизм ). Рассмотреть явление на примере кривой охлаждения железа.
4. Точечные дефекты кристаллических решёток.
5. Линейные дефекты кристаллических решёток.
6. Поверхностные и объёмные дефекты кристаллических решёток.
7. Понятие металлического сплава. Фазовый состав и структура металлических сплавов.
8. Основные свойства металлов и сплавов.
9. Механические свойства металлов, методы их испытаний.
10. Методы измерения твёрдости металлов.
11. Процесс кристаллизации металлов и сплавов.
12. Сущность дендритной кристаллизации. Строение литых слитков.
13. Диаграммы фазового равновесия двойных сплавов. Правило фаз.
14. Понятие внутрикристаллической ликвации.
15. Сплавы железа с углеродом : компоненты, фазы и структурные составляющие системы Fe – C.
16. Диаграмма состояния « железо-цементит» : первичная кристаллизация.
17. Диаграмма состояния « железо-цементит» : вторичная кристаллизация.
18. Диаграмма состояния « железо-цементит» : классификация сплавов по содержанию углерода.
19. Особенности пластической деформации материалов.
20. Диаграмма растяжения металлов.
21. Назначение, сущность и виды термической обработки металлов и сплавов.
22. Назначение, сущность и виды отжига. . Нормализация.
23. Назначение, сущность и виды закалки.
24. Назначение и виды отпуска. Улучшение.
25. Термоциклическая обработка стали : особенности, сущность, применение.
26. Назначение, сущность и виды химико-термической обработки металлов.
27. Цементация : назначение, сущность, виды.
28. Азотирование : назначение, сущность, виды.
29. Цианирование : назначение, сущность, виды.
30. Диффузионная металлизация : назначение, сущность, виды.
31. Классификация конструкционных материалов.
32. Технические характеристики конструкционных материалов : критерии прочности, надёжности и т.д.
33. Влияние углерода и постоянных примесей на свойства сталей.
34. Углеродистые стали : классификация, применение, маркировка.
35. Чугуны : виды, свойства, применение, маркировка.
36. Назначение и сущность легирования сталей. Классификация легированных сталей.
37. Маркировка легированных сталей. Привести примеры.
38. Стали с улучшенной обрабатываемостью резанием ( автоматные стали ).
39. Высокопрочные мартенситно-стареющие стали.
40. Медные сплавы : латуни, бронзы, медно-никелевые сплавы.
41. Классификация видов изнашивания материалов.
42. Антифрикционные материалы : назначение, свойства, группы , применение.
43. Материалы с высокой твёрдостью поверхности (твёрдые сплавы).
44. Рессорно - пружинные стали.
45. Сплавы на основе алюминия.
46. Сплавы на основе магния.
47. Титан и сплавы на его основе.
48. Бериллий и сплавы на его основе.
49. Коррозия металлов : сущность, виды, особенности.
50. Методы борьбы с коррозией : анодирование, гуммирование, оксидирование и др.
51. Коррозионностойкие материалы.
52. Жаростойкие материалы : критерии жаростойкости, основные группы материалов.
53. Жаропрочные материалы : критерии жаропрочности, группы материалов по температуре эксплуатации.
54. Неметаллические материалы : классификация, свойства, достоинства и недостатки, применение в промышленности.
55. Пластмассы : получение, состав, свойства.
56. Классификация пластмасс. Привести примеры.
57. Виды каучуков. Получение резин ( процесс вулканизации ).
58. Резиновые материалы : состав, виды, свойства, применение.
59. Ситаллы ( стеклокерамика) : структура, свойства, виды.
60. Вспомагательные материалы : смазочные масла, лаки, краски, клеи, герметики и др.
61. Основные магнитные характеристики материалов. Классификация материалов по магнитным характеристикам : диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики.
62. Магнито – твёрдые сплавы : классификация, маркировка, применение.
63. Магнито – мягкие сплавы. Ферриты.
64. Сплавы с высоким электросопротивлением : сплавы для электронагревателей, для элементов сопротивления и реостатов.
65. Сплавы с заданным коэффициентом теплового расширения : инвар, ковар.
66. Принцип деления материалов на проводники, полупроводники и диэлектрики.
67. Материалы высокой электропроводимости.
68. Полупроводниковые материалы : свойства, классификация.
69. Простые и сложные полупроводники.
70. Диэлектрики : виды, свойства, применение.
71. Материалы для режущих инструментов.
72. Быстрорежущие стали : свойства, маркировка.
73. Материалы для измерительных инструментов.
74. Стали для инструментов обработки давлением ( штамповые ).
75. Пористые порошковые материалы : получение, свойства, применение.
76. Компактные порошковые материалы : получение, свойства, применение.
77. Композиционные материалы : строение, свойства, применение.
78. Композиты с металлической матрицей.
79. Композиты с неметаллической матрицей.
80. Металлопласты : получение, свойства, применение.

**РЕКОМЕНДУЕМАЯ**  **ЛИТЕРАТУРА.**

1. О.С.Моряков Материаловедение, М., издательский центр «Академия», 2008 год
2. А.М. Адаскин, В.М. Зуев Материаловедение, М.,

ПрофОбрИздат, 2002 год

1. В.М. Никифоров Технология металлов и конструкционные

материалы, Л., «Политехника», 2000 год

4. Котов Ю.С. Материаловедение. М.: "Агар", 1999 .

5. Б.А. Кузьмин и др. Металлургия, материаловедение и

конструкционные материалы, М., «Высшая школа», 1997 год

1. Б.Н. Арзамасов Конструкционные материалы, М., «Машиностроение», 1990 год

7. Ю.Н. Лахтин Материаловедение и термическая обработка

металлов, М., «Металлургия», 1994 год

**СЛОВАРЬ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ И ТЕРМИНОВ.**

**Абразивное изнашивание**– вид механического изнашивания материала, которое происходит в результате режущего или царапающего действия твердых тел и (или) абра­зивных частиц.

**Абразивные материалы** – природные и искусственные вещества, обладающие высокой твердостью ( карбиды, нитриды, алмаз). Абразивы предназначены для шлифования и полирования самых разнообразных материалов.

**Автоматные стали -** позволяют проводить обработку резанием с большой скоростью, увеличить стойкость инструмента и получить высокое качество обрабатываемой поверхности. Автоматные стали содержат до 0,3% углерода, до 0,2% серы , до 0,15% фосфора.

**Азотирование** – вид химико-термической обработки, сущность которого заключается в насыщении поверхностного слоя заготовки азотом.

**Алитирование**  - вид химико-термической обработки, сущность кото-рого заключается в насыщении поверхностного слоя стальных и чугунных заготовок алюминием с обра­зованием твердого раствора алюминия в железе.

**Аллотропическое (полиморфное) превращение** - процесс перехода металла из одной кристаллической формы в другую.

**Аллотропия (полиморфизмом)** - способность металлов в твердом состоянии иметь различное кристаллическое строение, а следовательно, и свойства при различных температурах.

**Алмаз** – самый твердый из всех известных в природе минералов (аллотропическая форма углерода).

**Аморфные вещества –** вещества, атомы которых расположены беспорядочно, при нагреве они размягчаются и переходят в жидкое состояние в широком интервале температур. Например: янтарь, смола, битум, кварцевое стекло.

**Анизотропия** - неодинаковость свойств кристалла в разных кристаллографических направлениях.

**Антифрикционные материалы** – это сплавы, предназначенные для повышения срока службы трущихся поверхностей машин и механизмов. Их применяют для заливки вкладышей подшипников скольжения. Поэтому их называют подшипниковыми.

Атмосферная коррозия совмещает особенности химической и электрохимической коррозии.

**Аустенит** – твердый раствор углерода в γ-железе.

**Белые чугуны** – чугуны, в которых весь углерод находится в связанном состоянии - в виде цементита.

**Боропластики** – композиционные материалы с полимерной матрицей, обладают высокой прочностью при сжатии. Имеют недостаток – низкую обрабатываемость резанием.

**Бронза** - сплавы меди с другими металлами, кроме никеля и цинка. Важнейшие виды бронз : оловянные, алюминиевые, кремнистые.

**Быстрорежущая сталь** – высоколегированная инструментальная сталь, обладающая красностойкостью, т.е. не теряющая режущих свойств при нагреве до 600-7000С. Она способна резать металл со скоростями в 3-4 раза выше допустимых для углеродистых и низколегированных инструментальных сталей.

**Видманштетовая структура** – крупнозернистая структура, получаемая, например, в результате перегрева стали.

**Вторичная кристаллизация** – это превращения в затвердевшем металле при его дальнейшем остывании. Сюда относятся перекристаллизация из одной модификации в другую (полиморфные превращения), распад твердых растворов, распад и образование химических соединений.

**Возврат** - один из видов термической обработки – относится к отжигам первого рода , при котором наблюдается уменьшение искажений в кристаллических решетках и частичное восстановление физико-химических свойств. Возврат производится для уменьшения или снятия наклепа стали. У сталей возврат наблюдается при нагреве до 200-3000С.

**Волокниты** – термореактивные пластмассы с волокнистыми наполнителями в виде очесов хлопка, пропитанного феноло-формальдегидным связующим.

**Вязкость** материала - его способность погло­щать механическую энергию и при этом проявлять значитель­ную пластичность вплоть до разрушения. Вязкие металлы при­меняют для деталей, которые при работе подвергаются ударной нагрузке.

**Гетинакс** – слоистый пластик, получаемый на основе модифицированных фенольных, анилиноформальдегидных и карба-мидных смол и различных сортов бумаги.

**Гидроабразивное изнашивание -** изнашивание, происходящее в ре-зультате воздействия час­тиц, увлекаемых потоком жидкости.

**Гомогенизация** – диффузионный отжиг для получения однородного состава стали. Применяется в тех случаях, когда в стальных заготовках имеет место внутрикристаллическая ликвация.

**Двойникование** – пластическая деформация кристалла, скольжение при которой происходит в симметрично противоположных направлениях. При этом одна группа пластинок занимает зеркально-симметричное положение относительно другой. Двойникование наблюдается при деформации латуни, аустенита и других сплавов с гранецентрированной кубической решеткой.

**Дендритная кристаллизация** характеризуется тем, что рост зародышей происходит с неравномерной скоростью. После обра­зования зародышей их развитие идет главным образом в тех направлениях решетки, которые имеют наибольшую плотность упаковки атомов (минимальное межатом-ное расстояние).

**Диаграмма растяжения** построена в системе прямоугольных координат. По оси ординат откладывается усилие Р, Н (кгс), по оси абсцисс - деформация (абсолютное удлинение образца Δ*l*, мм). Эта диаграм­ма получается при медленном увеличении растягивающего уси­лия вплоть до разрыва испытуемого образца. Напряжение (σ) в любой точке диаграммы может быть определено путем деле­ния усилия Р на площадь поперечного сечения F0, м2 (мм2), образ­ца до испытания.

**Диаграммы фазового равновесия**, или диаграммы состоя­ния, в удобной графической форме показывают фазовый состав сплава в зависимости от температуры и концентрации. Диаграммы состояния строят для условий равновесия или условий, достаточно близких к ним.

**Диамагнетики** – физические тела, имеющие магнитную проницаемость меньше единицы.

**Динамические испытания** - испытания, при которых испыту-емый материал подвергают воздействию удара или силы, возрастающей весьма быстро.

**Динамные стали** – электротехнические стали, содержащие от 0,8 до 2,8% кремния.

**Диффузионная металлизация –** процесс диффузионного насыщения поверхностных слоев стали различными металлами.

**Древеснослоистый пластик (ДСП) –** слоистый пластик, состоящий из тонких листов древесного шпона, пропитанных феноло- и крезольно-формальдегидными смолами и спрессованных в виде листов и плит.

**Жаропрочность** - прочность при высоких температурах, т.е. сопротивление механическим нагрузкам при высоких температурах.

**Жаропрочные сплавы** - стали и сплавы, способные работать в нагруженном состоянии при высоких температурах в течение определенного времени и обладающие при этом достаточной жаростойкостью.

**Жаростойкие стали** - стали, обладающие стойкостью против химического разрушения в газовых средах при t > 550С и работающие в ненагруженном или слабонагруженном состоянии.

**Жаростойкость** ( окалиностойкость ) - способность стали сопротивляться окислению при высокой температуре.

**Закалка** – упрочняющая термическая обработка – нагрев стали до температуры выше фазовых превращений, выдержка при этой температуре и быстрое охлаждение со скоростью больше критической.

**Изнашивание** - процесс отделения материала с поверхности твердого тела и (или) увеличения его остаточной деформации при трении, проявляющийся в постепенном изменении размеров и (или) форм тела. Изнашивание является сложным физико-химическим процессом и нередко сопровождается коррозией.

**Изнашивание при фреттинг-коррозии** происходит в болтовых и заклепочных соединениях, посадочных поверхностях подшип­ников качения, шестерен, муфт и других деталей, находящихся в подвижном контакте.

**Инвар -** сплав с заданным температурным коэффициентом линейного расширения 36Н (<0,05%углерода и 36%никеля) , почти не рас-ширяется при температуре от -60 до +100 0С.

**Кавитационное изнашивание** - изнашивание по­верхности при относи-тельном движении твердого тела в жидкости.

**Карбоволокниты** (углепласты) – композиционные материалы, состоящие из полимерного связующего (матрицы) и упрочнителей в виде углеродных волокон (карбоволокон).

**Карбюризатор** – среда, в которой проводят цементацию. Карбюризатором является активированный древесный уголь (дубовый или березовый), а также каменноугольный полукокс и торфяной кокс.

**Ковка** – вид обработки давлением металла, находящегося в пластическом состоянии, статическим или динамическим давлением. Изделие, полученное ковкой, называют поковкой.

**Композиты** - материалы, состо­ящие из химически разнородных компонентов, нерастворимых друг в друге и связанных между собой в результате адгезии. Основой композитов является пластическая матрица, которая связывает наполнители, определяет форму изделия, его монолитность, теплофизические, электро- и радиотехнические свойства, герметич­ность, химическую стойкость, а также распределение напряже­ний между наполнителями.

**Константан** – медно-никелевый сплав МНМц40-1,5, имеющий большое электросопротивление и применяющийся в виде проволоки и лент в реостатах, электроизмерительных приборах.

**Коррозионно-стойкие** стали имеют высокое сопротивление коррозии и действию химически агрессивных сред (нержавеющие стали ).

**Кристаллизация** – это процесс образования кристаллов при переходе металла из жидкого состояние в твердое (первичная кристаллизация).

**Латунь** - сплав меди с цинком ( до 43% цинка). Латуни, содержащие до 10% цинка, называют томпаками. Латуни, содержащие от 10% до 20% цинка, называют полутомпаками.

**Легирование** – введение в сталь добавок в определенных количествах с целью изменения ее структуры и свойств.

**Ледебурит** – эвтектика, тонкая механическая смесь, образующаяся при одновременной кристаллизации аустенита и цементита.

**Ликвация**- неоднородность химического состава сплавов, возникающая при кристаллизации в результате быстрого охлаждения.

**Мартенситно - стареющие стали** – это высоколегированные безугле-родистые (С<0,03%) сплавы железа с никелем (8-20 %) , а часто и с кобальтом. Они легированы Ti. Al, Mo, Cr, Cu и др. Это стали, обладающие большой прочностью и высоким сопротивлением хрупкому разрушению.

**Магнитомягкие материалы** – обладают низкой коэрцитивной силой, но высокой магнитной проницаемостью, применяются для изготовления магнитопроводов постоянного и переменного тока, роторов и статоров асинхронных двигателей, магнитных цепей крупных электрических машин, силовых трансформаторов и т.д.

**Магнитотвердые материалы** - имеют высокие значения коэрцитивной силы и магнитной проницаемости. Используются для изготовления постоянных магнитов.

**Материаловедение** — наука, изучающая строение и свойства ма­те-риалов и устанавливающая связи между их составом, строением и свойствами.

**Мельхиор** – медно-никелевый сплав МНЖМц30-1-1, имеющий высо-кую коррозионную стойкость. Применяется для теплообменных аппаратов, работающих в морской воде.

**Металлопласты** - конструкцион­ный материал из металлического листа (сталь, а также титан, алю­миний, их сплавы) толщиной 0,3-1,2 мм с одно- или двусторон­ним покрытием полимерами (полиэтиленом, полипропиленом, полиизобутиленом, поливинилхлоридом и др.) с толщиной слоя 0,05-1 мм. Эти материалы обладают электроизоляционными свой­ствами, не расслаиваются, не коробятся при штамповке, сварке, механической обработке, не требуют декоративной отделки.

**Металлы**— кристаллические тела, атомы которых располага­ются в геометрически правильном порядке, образуя кристаллы, в отличие от

аморфных тел (например, смола), атомы которых находятся в беспо-рядочном состоянии.

**Механические свойства** - это характеристики, определяющие поведение металла (или другого материала) под действием внешних механических сил.

**Модификаторы** – специальные вещества, вводимые в расплавленный металл для создания искусственных центров кристаллизации и получения мелкого зерна при его затвердевании.

**Модифицирование -** процесс искусственного регулирования размеров зерен.

**Монель-металл** НМЖМц29-2,5-1,5 - сплав на основе никеля, отличается высокой коррозионной стойкостью в агрессивных средах.

**Наклеп –** изменение структуры и свойств металлического материала, вызванное пластической деформацией.

**Натуральный каучук (НК) –** полимер изопрена, сырье для производства резины

**Нитроцементация –** вид химико-термической обработки **-** газовое цианирование.

**Нормализация –** вид термической обработки стали для повышения твердости и прочности стали.

**Органические стекла –** термопластичные полимеры на основе полиметилметакрилата и других акриловых полимеров. Светопрозрачны, обладают высокой химической стойкостью в воде, спиртах, разбавленных кислотах и щелочах.

**Отпуск –** вид термической обработки, смягчающий действие закалки, снимает или уменьшает остаточные напряжения, повышает вязкость, уменьшает твердость и хрупкость стали.

**Парамагнетики -**  физические тела, имеющие магнитную проницаемость больше единицы.

**Пенопласты –** газонаполненные пластмассы – материалы с ячеистой структурой, в которых газообразные наполнители изолированы друг от друга и от окружающей среды тонкими слоями полимерного связующего.

**Первичная кристаллизация** - образование кристаллов при переходе металла из жидкого состояния в твердое.

**Перлит** – эвтектоид (подобный эвтектике), тонкая механическая смесь феррита и цементита, образующаяся при распаде аустенита.

**Пермаллои** - железоникелевые сплавы, содержащие 45-80% никеля и

легированные хромом, кремнием, молибденом. Имеют очень высокую магнитную проницаемость.

**Пластическая деформация** - остаточная деформация металла, для которой необходимо напряжение, которое больше предела его упругости и меньше предела прочности (чтобы не получилось трещин). Остаточная деформация металла является следствием сдвигов, происходящих внутри и по границам зерен.

**Пластичность –** свойство металла в определенных условиях воспринимать под действием внешних сил остаточную деформацию без нарушения целостности материала заготовки**.** Пластичность металлов дает возможность обрабатывать их давлением (ковать, прокатывать, волочить).

**Пластмассы** – это неметаллические материалы, получаемые на основе полимеров и перерабатываемые в изделия методами пластической деформации.

**Поверхностная закалка** – вид термической обработки, при котором нагревается только тонкий поверхностный слой заготовки. После такой закалки заготовки имеют твердый поверхностный слой и вязкую сердцевину. Виды: закалка токами высокой частоты, закалка с помощью газовой горелки.

**Ползучесть** – это деформация, непрерывно возрастающая и завершающаяся разрушением под действием постоянной нагрузки при длительном воздействии температуры.

**Полимеры** – вещества, макромолекулы которых состоят из многочисленных элементарных звеньев (мономеров) одинаковой структуры. Молекулярная масса их составляет от 5000 до 1000000.

**Полиэтилен** - неполярная термопластичная пластмасса – продукт полимеризации бесцветного газа этилена, относящийся к кристалл-лизующимся полимерам.

**Полупроводники** - это материалы, основное свойство которых – зависимость их электропроводимости от воздействия внешних факторов (температуры, давления и др.).

**Поропласты** - губчатые материалы с открытопористой структурой, вследствие чего присутствующие в них газообразные включения свободно сообщаются друг с другом и с окружающей атмосферой.

**Порошковые материалы** - материалы, изготовляемые путем прес­сования металлических порошков в изделия необходимой формы и размеров и последующего спекания сформованных изделий в ва­кууме или защитной атмосфере при температуре 0,75—0,8Тпл.Различаютпористые и компактные порошковые материалы.

**Правило фаз** устанавливает зависимость между числом степе­ней свободы, числом компонентов и числом фаз и выражается уравнением

*С* = *К +* 2 — Ф, где *С* — число степеней свободы системы (или вари-антность); К — число компонентов, образующих систему, т. е. мини-мальное число химических элементов, необходимых для образования любой фазы системы; 2 — число внешних факторов; *Ф* — число фаз, находящихся в равновесии.

**Прессование** – вид обработки металлов давлением, при котором металл выдавливают из замкнутой полости через отверстие, в результате чего получают изделие с сечением по форме отверстия.

**Прокатка** – вид обработки металлов давлением, при котором нагретые или холодные заготовки пропускают между вращающимися валками прокатных станов.

**Прочность** — это способность материала сопротивляться разрушению и появлению остаточных деформаций под действи­ем внешних сил; удельная прочность — отношение предела проч­ности к плотности (для некоторых, например, алюминиевых спла­вов или титана она выше, чем для стали).

**Резина** - это продукт химической переработки (вулканизации) смеси каучука и серы с различными добавками.

**Рекристаллизация** – вид отжига для снятия внутренних напряжений в заготовках, обработанных давлением (при нагреве происходит процесс роста новых зерен за счет наклепанных, восстановление пластичности металла). Температура рекристаллизации равна приблизительно 0,4 от температуры плавления металла.

**Свариваемость** – технологическое свойство материала давать при установленной технологии сварки соединение, отвечающее требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатацией изделия. Свариваются однородные металлы между собой, разнородные металлы и сплавы, металлы с неметаллами.

**Серые чугуны** – чугуны, в которых весь углерод находится в свободном состоянии - в виде графита. В зависимости от формы графитовых включений они бывают серыми ( пластинчатая), высокопрочными ( шаровидная), ковкие (хлопьевидная форма графита).

**Силицирование** — насыщение поверхностного слоя стальных заготовок кремнием, обеспечивающее повышение стой­кости против коррозии и эрозии в морской воде, азотной, серной и соляной кислотах.

**Ситаллы**  - (стеклокерамика) получают на основе неорганических стекол путем их полной или частичной управляемой кристаллизации.

**Слюдосодержащий электроизоляционный материал** - листовой или рулонный материал, состоящий из пластин щипаной слюды (миканит) или слоев слюдяной бумаги (слюдинит, слюдопласт), склеенных связующим веществом.

**Сплавы** – твердые и жидкие вещества – получают сплавлением или спеканием двух или более металлов с неметаллами.

**Сталь** – сплав железа с углеродом, содержащий до 2,14% углерода. Стали с содержанием углерода до 0,8% называют доэвтектоидными, 0,8% - эвтектоидными и более 0,8% - заэвтектоидными.

**Старение** – процесс изменения свойств сплавов без заметного изменения микроструктуры. Известно два вида старения: термическое и деформационное. Если изменение твердости, прочности и пластичности осуществляется при комнатной температуре, такое старение называют естественным. Если же процесс протекает при повышенной температуре, то старение называют искусственным.

**Статические испытания** - такие испытания, при которых испытуемый материал подвергают воздействию постоянной силы или силы, возрастающей весьма мед­ленно.

**Стекловолокниты** – термореактивные пластмассы, состоящие из синтетической смолы, являющейся связующим, и стекловолокнистого наполнителя.

**Стеллит** – литой твердый сплав на основе кобальта, содержащий кар-биды хрома и вольфрама. Используется для уплотнительных деталей аппаратуры, работающих при давлении до30МПа и температурах до 6500С.

**Твердость** - сопротивление материала дефор­мации в поверхностном слое при местном силовом контактном воздействии.

**Твердые сплавы** - сплавы, изготовленные методом порошковой металлургии и состоящие из карбидов тугоплавких металлов (WC, TiC, ТаС), соединенных кобальтовой связкой.

**Текстолит** – слоистый пластик на основе хлопчатобумажной ткани, пропитанной термореактивными смолами.

**Теплопроводность** – способность материала передавать тепловую энергию от одной части к другой, если между ними возникает разница температур.

**Термическая (тепловая) обработка**  состоит в изменении струк­туры металлов и сплавов при нагревании, выдержке и охлажде­нии с соблюдением установленных режимов.

**Термоциклическая обработка** стали и чугуна - приводит к образованию сверхмелкозернистой структуры, которая определяет получение изделий с уникальными свойствами. В отличие от традиционных способов термообработки при термоциклической обработке нагрев стали проводится без выдержки, чередуется с охлаждением с 3-7-кратным повторением цикла.

**Технологические свойства металлов** – характеризуют поведение материалов в процессе изготовления из них деталей. Технологичность – легкость проведения технологических операций.

**Трансформаторные стали** - электротехнические стали, содержащие от 2,8 до 4,8% кремния.

**Тройная сталь –** сталь, легированная одним элементом . Например: 40Х – хромистая сталь.

**Углепластики –** наиболее перспективный вид композиционных материалов с полимерной матрицей, имеют высокие характеристики удельной прочности и жесткости, термостойкость и коррозионную стойкость.

**Улучшаемые стали –** стали, содержащие 0,3-0,5%углерода, после улучшения имеют структуру сорбита, высокий предел текучести и высокую вязкость. Улучшаемыми являются хромовые, хромокремниемарганцевые, хромоникелевые, хромомолибденовые, хро-моникельмолибденованадиевые стали различных марок.

**Улучшение –** комбинированный вид термической обработки, включающий закалку с последующим высокотемпературным отпуском.

**Упругость** — свойство материала восстанавливать свою форму после прекращения действия внешних сил, вызвавших де­формацию.

**Усталостное изнашивание** (контактная усталость) происходит в результате накопления повреждений и разрушений поверх­ности под влиянием циклических контактных нагрузок, вызываю­щих появление «ямок» выкрашивания.

**Феррит** — твердый раствор углерода в α-железе.

**Ферриты** - магнитомягкие материалы, получаемые спеканием смеси порошков ферромагнитной окиси железа FeO и окислов двухвалентных металлов ( ZnO, NiO, MgO и др.) В отличие от других магнитомягких металлов у ферритов очень высокое электросопротивление ( до 10Ом см )

**Ферромагнетики** - частный случай парамагнетиков - железо, никель и кобальт, у которых магнитная проницаемость во много раз боль-ше, чем у других парамагнетиков.

**Флокены** – мелкие внутренние трещины, появляющиеся в кованых или катаных сталях. Чаще всего встречаются в сталях, содержащих хром. Флокены сильно понижают механические свойства стали, причина их образования – присутствие в стали повышенного количества водорода (выше 0,0008%). Флокены появляются при быстром охлаждении стали в интервале температур 2500С – 200С.

**Химико-термическая обработка** – процесс поверхностного насыщения стали различными элементами путем диффузии из внешней среды при высокой температуре.

Химическая кор­розия - про­цесс самопроизвольного взаимодействия металла с окислительным компо­нентом коррозионной сре­ды, не зависящий от электродного потенциала металла.

Хромирование - вид химико-термической обработки, сущность которого заключается в насыщении поверхностного слоя заготовки хромом.

**Цементация** – вид химико-термической обработки, сущность которого заключается в насыщении углеродом поверхностного слоя заготовки, который после закалки стано­вится твердым; в сердцевине заготовка остается вязкой.

**Цементируемые стали** - содержат от 0,1 до 0,3% углерода и после цементации обладают высокой твердостью и износоустойчивостью поверхностного слоя при общей прочности и вязкости по всему сечению.

**Цементит** – химическое соединение железа с углеродом – Fe3С. Имеет сложную (ромбическую) кристаллическую решетку.

**Цианирование** - вид химико-термической обработки, сущность которого заключается в насыщении поверхностного слоя детали одновременно углеродом и азотом.

**Чугун** – сплав железа с углеродом, содержащий от 2,14 до 6,67% углерода. Чугуны с содержанием углерода до 4,3% называют доэвтектическими, 4,3% - эвтектическими и более 4,3% - заэвтектическими.

**Штамповые стали** – стали для изготовления инструментов, деформирующих металл. Их делят на две группы: стали для холодного и для горячего деформирования.

**Электроизоляционный лак** - раствор плёнкообразующих в органических растворителях, образующий после удаления растворителя и высыхания однородную плёнку, обладающую электроизоляционными свойствами. По назначению лаки бывают пропиточными, клеющими, покрывными.

**Электроизоляционный слоистый пластик** - состоит из слоев волокнистого наполнителя, связанных термореактивным связующим. Выпускается в виде листов и фасонный различных форм поперечного сечения - стержней, трубок, цилиндров. В зависимости от наполнителя различают гетинакс, текстолит, асботекстолит, асбогетинакс, стеклотекстолит.

Электрохимическая коррозия - процесс самопроизвольного взаимодействия металла с жидкостью- электролитом, в ходе которого последовательно протекает окисле­ние металла и восстановление окислительного компонента; окис­лительный компонент при этом не входит в состав продукта кор­розии.

Эльбор – кристаллический нитрид бора - по твердости ближе к алмазу, а теплопроводность его превосходит 12000С, химически инертен к углероду. Порошок эльбора применяется для изготовления шлифовальных кругов, брусков.

.

Вопросы к экзамену

по предмету : « МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.».

1. Атомно-кристаллическое строение металлов.

Дефекты кристаллических решеток.

1. Фазовый состав сталей и сплавов.
2. Свойства металлов и методы их испытаний.
3. Методы измерения твёрдости.
4. Процесс кристаллизации металлов и сплавов.
5. Диаграммы фазового равновесия.
6. Диаграмма состояния « железо-цементит ».
7. Углеродистые стали.
8. Чугуны.
9. Легированные стали.
10. Основные виды термической обработки металлов и сплавов.
11. Химико-термическая обработка металлов и сплавов.
12. Автоматные стали.
13. Медные сплавы.
14. Антифрикционные материалы.
15. Пластическая деформация. Диаграмма растяжения.
16. Материалы с малой плотностью.
17. Материалы, устойчивые к воздействию температуры и рабочей среды.
18. Пластические массы.
19. Резиновые материалы.
20. Ситаллы.
21. Материалы с особыми магнитными свойствами.
22. Материалы с особыми тепловыми свойствами.
23. Материалы с особыми электрическими свойствами.
24. Коррозия металлов, методы борьбы с ней.
25. Инструментальные материалы.
26. Порошковые материалы.
27. Композиционные материалы.

## Содержание

Рабочая программа 2-18

Пояснительная записка 2

Тематический план …………………...…………………………………………….……… 3

Содержание дисциплины.. 4

Темы рефератов………………………………...…………………………………….....……10

Контрольные вопросы………………..………................………………………..……..….11

Список литературы . ..14

Методические указания ..15-67

Введение 15

Методические рекомендации к темам курса 16

Вопросы для самоконтроля 56

Методические рекомендации по выполнению

письменной контрольной работы……………..………….....................................……..65

Перечень вопросов для контрольных работ ………..……………………..…………. .67

Список литературы……………………………………..………………………………...….69

Словарь основных понятий и терминов …………………………………………………70

Перечень вопросов к экзамену 78