

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Никишкина Татьяна Юрьевна

Должность: Директор

Дата подписания: 29.05.2026 07:57:00

Уникальный программный ключ:

0a44cc3e5f5bb746f50173cba89718ffd301d635

**ОМСКИЙ ИНСТИТУТ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА – ФИЛИАЛ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА»**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
учебной дисциплины**

**«ОП. 04 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»**

26.02.05 «Эксплуатация судовых энергетических установок»

Омск

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| 1. ПАСПОРТ КОМПЛЕКТА КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....    | 3  |
| 2. ОПИСАНИЕ ПРАВИЛ ОФОРМЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЦЕНИВАНИЯ             | 5  |
| 2.1. Критерии оценивания зачета.....                             | 5  |
| 2.2. Критерии оценивания практических работ .....                | 6  |
| 2.3. Критерии оценивания самостоятельных (аудиторных) работ..... | 7  |
| 2.4. Критерии оценивания контрольных работ .....                 | 7  |
| 2.5. Критерии оценки тестов .....                                | 8  |
| 3. ЗАДАНИЯ .....                                                 | 9  |
| 4. ЭТАЛОНЫ ОТВЕТОВ.....                                          | 10 |

## 1. ПАСПОРТ КОМПЛЕКТА КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В результате освоения учебной дисциплины ОП. 04 Материаловедение обучающийся должен обладать предусмотренными ФГОС СПО по специальности 26.02.05 «Эксплуатация судовых энергетических установок» и направлена на формирование общих компетенций.

| Код  | Наименование результата обучения                                                                                                                            |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | 2                                                                                                                                                           |
| ОК 1 | Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам                                                           |
| ОК 2 | Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности |
| ОК 4 | Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде                                                                                              |
| ОК 5 | Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста       |
| ОК 9 | Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках                                                                         |

В результате аттестации по учебной дисциплине осуществляется проверка следующих умений и знаний:

| Результаты обучения                                                                                                                                               | Показатели освоённости компетенций                                                                                                                                                                                                  | Методы оценки                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Знает:<br>строение и свойства конструкционных материалов, применяемых при ремонте, эксплуатации и техническом обслуживании                                        | - демонстрирует умение сопоставлять видовые, свойства, назначения конструкционных материалов.<br>- объясняет структурный анализа строения металлов и их свойств.<br>-объясняет свойства                                             | Письменный контроль, дифференцированный зачет                     |
|                                                                                                                                                                   | металлов, влияния свойств металлов на назначение и эксплуатацию, ремонт и техническое обслуживание.                                                                                                                                 |                                                                   |
| сущность явлений, происходящих в материалах в условиях эксплуатации изделий                                                                                       | - демонстрирует умение сравнивать эксплуатационные свойства материалов. Обосновывает принципы классификации и маркировки сталей и чугунов, их применения.                                                                           | Письменный контроль, дифференцированный зачет                     |
| современные способы получения материалов и изделий из них с заданным уровнем эксплуатационных свойств, сварочное производство, технологические процессы обработки | -сравнивает термический и химико-термический обработки и фазовых превращений при этом.<br>-объясняет сущность процессов сварки и резки металлов;<br>- сопоставляет виды сварки.<br>- описывает процесс обработки металлов резанием. | Устный контроль, дифференцированный зачет                         |
| Уметь:<br>анализировать структуру и свойства материалов                                                                                                           | - описывает структуру и свойств материалов<br>- использует анализ структуры и свойств различных металлов.<br>- знает свойства металлов.                                                                                             | Устный контроль<br>Практический контроль на практических занятиях |
| строить диаграмму состояния двойных сплавов                                                                                                                       | - знает построение диаграммы состояний двойных сплавов<br>- демонстрирует знания процесса кристаллизации по диаграммам двойных сплавов.                                                                                             | Устный контроль<br>Практический контроль на практических занятиях |

|                   |                |                                                                                                  |                                                                      |
|-------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| давать<br>сплавам | характеристику | -использует исследования и<br>анализа процессов<br>кристаллизации для<br>характеристики сплавов. | Устный контроль<br>Практический контроль на<br>практических занятиях |
|-------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|

Формой аттестации по учебной дисциплине является зачет с оценкой.

## ОПИСАНИЕ ПРАВИЛ ОФОРМЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЦЕНИВАНИЯ

Промежуточная аттестация по данной дисциплине «Материаловедение» представлена в форме зачета с оценкой и призвана оценить степень подготовленности курсанта к использованию знаний и умений по дисциплине.

Условием допуска к зачету является положительная аттестация по дисциплине, выполнение и защита практических заданий.

Зачет проводится в форме теста по всей дисциплине и устного ответа на поставленные вопросы.

### 1.1. Критерии оценивания дифференцированного зачета

#### Критерии оценивания дифференциального зачета.

##### **Оценивание:**

При оценке ответа используется традиционная форма оценивания по пятибалльной шкале каждого вопроса и выставляется среднее значение в итоге за зачет.

*Для устных ответов определяются следующие критерии оценок.*

**Оценка «отлично»** выставляется, если курсант:

- полно раскрыл содержание материала в объеме, предусмотренном программой и учебником;
- изложил материал грамотным языком в определенной логической последовательности, точно используя специализированную терминологию;
- продемонстрировал усвоение ранее изученных сопутствующих вопросов, сформированность и устойчивость используемых при ответе умений и навыков;
- отвечал самостоятельно без наводящих вопросов преподавателя.

Возможны одна-две неточности при освещении второстепенных вопросов, которые курсант легко исправил по замечанию преподавателя.

**Оценка «хорошо»** выставляется, если:

- ответ удовлетворяет в основном требованиям на оценку «5», но при этом имеет один из недостатков:

- в изложении допущены небольшие пробелы, не исказившие логического и информационного содержания ответа;
- допущены один-два недочета при освещении основного содержания ответа, исправленные по замечанию преподавателя;
- допущены ошибки или более двух недочетов при освещении второстепенных вопросов или в выкладках, легко исправленные по замечанию преподавателя.

**Оценка «удовлетворительно»** выставляется, если:

- неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения программного материала, имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии, исправленные после нескольких наводящих вопросов преподавателя;
- при знании теоретического материала выявлена недостаточная сформированность основных умений и навыков.

**Оценка «неудовлетворительно»** выставляется, если:

- не раскрыто основное содержание учебного материала;
- обнаружено незнание или непонимание курсантом большей или наиболее важной части учебного материала;
- допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов преподавателя;
- курсант обнаружил полное незнание и непонимание изучаемого учебного материала или не смог ответить ни на один из поставленных вопросов по изучаемому материалу.

## **2.2 Критерии оценивания практических работ**

Для практических работ курсантов определяются следующие критерии оценок:

**Оценка «отлично»** ставится, если:

- работа выполнена полностью;
- в теоретических выкладках решения нет пробелов и ошибок;
- в тексте программы нет синтаксических ошибок (возможны одна-две различные неточности, описки, не являющиеся следствием незнания или непонимания учебного материала).

**Оценка «хорошо»** ставится, если:

- работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны (если умение обосновывать рассуждения не являлось

специальным объектом проверки);

- допущена одна ошибка или два-три недочета в чертежах, выкладках или тексте работы.

**Оценка «удовлетворительно»** ставится, если:

- допущены более одной ошибки или двух-трех недочетов в выкладках или программе, но курсант владеет обязательными умениями по проверяемой теме.

**Оценка «неудовлетворительно»** ставится, если:

- допущены существенные ошибки, показавшие, что курсант не владеет обязательными знаниями по данной теме в полной мере;
- работа показала полное отсутствие у учащегося обязательных знаний и умений по проверяемой теме.

## **2.3 Критерии оценивания аудиторной работы**

**Самостоятельная (аудиторная) работа курсантов оценивается следующим образом:**

**Оценка «отлично»** ставится, если:

- курсант самостоятельно выполнил все этапы задания;
- работа выполнена полностью и получен верный ответ или иное требуемое представление результата работы.

**Оценка «хорошо»** ставится, если:

- работа выполнена полностью, но при выполнении обнаружилось недостаточное владение знаниями в рамках поставленной задачи;
- правильно выполнена большая часть работы (свыше 85 %).

**Оценка «удовлетворительно»** ставится, если:

- работа выполнена не полностью, допущены неточности, но курсант владеет основными знаниями, требуемыми для решения поставленной задачи.

**Оценка «неудовлетворительно»** ставится, если:

- допущены существенные ошибки, показавшие, что курсант не владеет обязательными знаниями, умениями и навыками;
- работа показала полное отсутствие у учащихся обязательных знаний и навыков по проверяемой теме.

## **2.4 Критерии оценивания контрольных работ**

**Контрольная работа курсантов оценивается следующим образом:**

**Оценка «отлично»** ставится, если:

- курсант самостоятельно выполнил все этапы задания;
- работа выполнена полностью и получен верный ответ или иное требуемое представление результата работы.

**Оценка «хорошо»** ставится, если:

- работа выполнена полностью, но при выполнении обнаружилось недостаточное владение знаниями в рамках поставленной задачи;
- правильно выполнена большая часть работы (свыше 85 %).

**Оценка «удовлетворительно»** ставится, если:

- работа выполнена не полностью, допущены неточности, но курсант владеет основными знаниями, требуемыми для решения поставленной задачи.

**Оценка «неудовлетворительно»** ставится, если:

- допущены существенные ошибки, показавшие, что курсант не владеет обязательными знаниями, умениями и навыками;
- работа показала полное отсутствие у учащихся обязательных знаний и навыков по проверяемой теме.

**Критерии оценивания тестов:**

- «5» - 100 – 95% правильных ответов;
- «4» - 94 - 75% правильных ответов;
- «3» - 74 – 50% правильных ответов;
- «2» - 49% и менее правильных ответов.

## **2. ЗАДАНИЯ**

### **3.1 Вопросы к зачету с оценкой**

1. Металлы, их свойства. Металлическая связь.
2. Типы кристаллических решеток.
3. Анизотропия. Дефекты кристаллической решетки (точечные, поверхностные, линейные, объемные, плотность дислокаций).
4. Сплавы. Взаимодействие компонентов в твердом состоянии (образование смесей, химических соединений, твердых растворов). Условия возникновения твердых растворов замещения и внедрения.
5. Кристаллизация. Свободная энергия. Изменение свободной энергии при кристаллизации и плавлении.
6. Полиморфизм. Полиморфизм железа.
7. Диаграммы состояния сплавов (с неограниченной растворимостью в твердом состоянии, с образованием смесей, с ограниченной растворимостью с эвтектикой и перитектикой, с химическим соединением)
8. Механические свойства при растяжении. Твердость. Ударная вязкость. Усталостная прочность.

9. Пластическая деформация (наклеп, текстура, рекристаллизация). Изменение механических свойств при наклепе. Температура рекристаллизации. Причина возникновения наклепа.
10. Диаграмма состояния Железо-цементит. Фазы, структуры.
11. Железоуглеродистые сплавы (техническое железо, стали, чугуны.)
12. Вредные и полезные примеси углеродистых сталей.
13. Углеродистые стали. Маркировка, свойства, структура.
14. Чугуны (белые и серые). Маркировка, свойства, структура.
15. Термическая обработка (основные определения: отжиг, нормализация, закалка, отпуск).
16. Назначение температуры термической обработки для углеродистых сталей.
17. Химико-термическая обработка (азотирование, цементация, нитроцементация)
18. Термическая обработка после ХТО. Стали, подвергаемые ХТО
19. Конструкционные стали (строительные, улучшаемые, цементируемые, нитроцементируемые, подшипниковые, пружинно-рессорные, автоматные, износостойкие, коррозионно-стойкие, жаропрочные, жаростойкие, инструментальные углеродистые,

быстрорежущие и твердые сплавы). Содержание углерода, основных легирующих компонентов, термическая обработка, структура после термической обработки.

20. Классификация легированных сталей по структуре в равновесном состоянии, по структуре после нормализации (охлаждении на спокойном воздухе), по качеству.
21. Коррозия, виды коррозии.
22. Жаропрочность, жаростойкость, ползучесть.
23. Медь, ее свойства. Сплавы на основе меди. Влияние примесей на свойства меди. Маркировки латуни и бронзы.
24. Титан, его свойства. Влияние примесей на свойства титана и его сплавов.
25. Алюминий, его свойства. Классификация сплавов. Основные сплавы.
26. Полимеры. Типы связей в полимерах. Строение макромолекул в полимерах. Свойства полимеров. Вязкотекучее, стеклообразное, высокоэластическое и кристаллическое состояние.
27. Пластмассы: термореактивные и термопластичные. Основные свойства полиэтилена, фторопласта, поливинилхлорида, полиметилметакрилата, полиамидов. Изделия из пресс-порошков, волокнитов, слоистых пластмасс, полиэпоксидные соединения. Кремнийорганические соединения. Стеклопласты. Газонаполненные полимеры.
28. Резины. Состав. Свойства. Старение полимеров.
29. Композиционные материалы и их строение. КМ, армированные частицами, волокнами. КМ с углеродными волокнами.
30. Композиционные материалы на полимерной матрице. Карбоволокониты.

## **Задание 2.2**

Тест <https://onlinetestpad.com/xdds6vmv6dlu>

## **Задание 2.3**

Кроссворд <http://puzzlecup.com/?guess=A5120CEF8DE019AU>

## **Задание 2.4**

Найди соответствие <https://learningapps.org/display?v=pd6ja5q2t22>

# **3. ЭТАЛОНЫ ОТВЕТОВ**

## **Эталон ответа:**

1. Общие свойства металлов — металлический блеск, высокая тепло- и электропроводность, ковкость, пластичность — обусловлены наличием в них особого вида связи — металлической.

Металлическая связь - связь между положительными ионами металлов и общими электронами, которые свободно движутся по всему объёму.

Металлическая связь существует в простых веществах металлах (в твёрдом или расплавленном состоянии), сплавах металлов. Металлическая связь может существовать только в веществах, но не между отдельными атомами.

Металлическая связь имеет сходство как с ионной, так и с ковалентной связью. Сходство с ионной связью заключается в том, ионная связь образуется за счёт взаимодействия между заряженными частицами: электронами и ионами. Как и в случае ковалентной связи, при образовании металлической связи происходит обобществление электронов. Однако в отличие от ковалентной связи, где электроны локализованы около определенных атомов, электроны в металлах обобществляются между всеми атомами кристалла, т. е. металлическая связь *делокализована*.

Металлическая связь, в отличие от ковалентной связи, *ненасыщаема*, так как она объединяет большое число атомов, и *ненаправлена*, что обусловлено сферической формой электронных орбиталей, перекрывание которых зависит только от расстояний между ними и не зависит от направлений, по которым они сближаются.

2. Каждый металл(вещество) может находиться в трех агрегатных состояниях: газообразном, жидком и твердом, в каждом состоянии имеется своя кристаллическая решетка металлов.

В газообразном металле расстояние между атомами (частицами) велико, силы взаимодействия малы и атомы хаотично перемещаются в пространстве, отталкиваясь друг от друга. В газообразном состоянии атомы обладают большой кинетической энергией.

В жидком металле атомы (частицы) сохраняют лишь так называемый *ближний порядок*, т.е. закономерно расположено в объеме небольшое количество атомов, а не атомы всего объема. Ближний порядок неустойчив и может либо исчезнуть, либо возникнуть под действием тепловых колебаний.

В твердых телах порядок расположения атомов строго определенный, закономерный, силы взаимодействия уравновешены, тело сохраняет свою форму.

Важнейшие виды линейных дефектов — краевые и винтовые дислокации.

3. Свойства каждой кристаллической решетки, взятые в одном направлении, отличаются от свойств в другом направлении. Различие свойств в зависимости от направления называется *анизотропией*.

Объёмные дефекты. К ним относятся скопления вакансий, образующие поры и каналы; частицы, оседающие на различных дефектах (декорирующие), например, пузырьки газов, пузырьки маточного раствора; скопления примесей в виде секторов (песочных часов) и зон роста. Как правило, это поры или включения примесных фаз.

*Точечные* несовершенства малы во всех трех измерениях. К ним относят вакансии, междоузельные (дислоцированные) атомы.

*Линейные* несовершенства имеют малые размеры в двух измерениях и

большую протяженность в третьем измерении. Эти несовершенства называются дислокациями.

*Поверхностные* или *плоские*, несовершенства малы только в одном измерении и велики в двух других измерениях. К ним относятся границы зерен (кристаллитов) и блоков мозаики (субзерен).

Важное значение имеет плотность дислокаций. Под плотностью дислокаций  $\rho$  ( $\text{см}^{-2}$ ) понимают суммарную длину дислокаций  $l$  (см), приходящуюся на единицу объема  $V$  кристалла ( $\text{см}^3$ ). Дислокации образуются в процессе кристаллизации, главным образом при деформации металла.

4. Под сплавом понимают вещество, полученное сплавлением двух или более элементов. Возможны другие способы приготовления сплавов: спекания, электролиз, возгонка. В этом случае вещества называются псевдосплавами.

В зависимости от характера взаимодействия компонентов различают сплавы:

- 1) механические смеси;
- 2) химические соединения;
- 3) твердые растворы.

Сплавы механические смеси образуются, когда компоненты не способны к взаимному растворению в твердом состоянии и не вступают в химическую реакцию с образованием соединения. Образуются между элементами значительно различающимися по строению и свойствам, когда сила взаимодействия между однородными атомами больше чем между разнородными. Сплав состоит из кристаллов входящих в него компонентов. В сплавах сохраняются кристаллические решетки компонентов.

Сплавы химические соединения образуются элементами, значительно различающимися по строению и свойствам, если сила взаимодействия между разнородными атомами больше, чем между однородными.

Сплавы твердые растворы – это твердые фазы, в которых соотношения между компонентами могут изменяться. Являются кристаллическими веществами.

Характерной особенностью твердых растворов является наличие в их кристаллической решетке разнородных атомов, при сохранении типа решетки растворителя.

По характеру распределения атомов растворенного вещества в кристаллической решетке растворителя различают твердые растворы:

- замещения;
- внедрения;
- вычитания.

В растворах замещения в кристаллической решетке растворителя часть его атомов замещена атомами растворенного элемента. Замещение осуществляется в случайных местах, поэтому такие растворы называют неупорядоченными твердыми растворами.

Твердые растворы внедрения образуются внедрением атомов растворенного компонента в поры кристаллической решетки растворителя

Твердые растворы вычитания или растворы с дефектной решеткой образуются на базе химических соединений, при этом возможна не только замена одних атомов в узлах кристаллической решетки другими, но и образование пустых, не занятых атомами узлов в решетке.

5. При переходе из жидкого состояния в твердое - образуется кристаллическая решетка, возникают кристаллы. Такой процесс называется кристаллизацией.

Энергетическое состояние системы характеризуется термодинамической функцией  $F$ , называемой свободной энергией ( $F=U - TS$ , где  $U$  - внутренняя энергия системы или полная энергия,  $T$  - абсолютная температура,  $S$  - энтропия). Отсюда следует, что чем больше свободная энергия системы, тем менее устойчива система, и если есть возможность, то система переходит в состояние, где свободная энергия меньше (как в примере с шариком).

Изменение внешних условий, например температуры, приводит к изменению свободной энергии. Эти изменения протекают по сложному закону, и они различны как для жидкого, так и для твердого состояния. Однако схематично это можно представить так:

Выше температуры  $T_0$  меньшей свободной энергией обладает вещество в жидком состоянии, ниже температуры  $T_0$  - вещество в твердом состоянии.

6. Полиморфизм. Некоторые металлы в зависимости от температуры могут существовать в различных кристаллических формах. Это явление называется полиморфизм или аллотропия, а различные кристаллические формы одного вещества называются полиморфными модификациями.

Для железа характерен полиморфизм, он имеет четыре кристаллические модификации: 1. до  $917^\circ\text{C}$  существует  $\alpha\text{-Fe}$  (феррит) с объёмцентрированной кубической решёткой 2. в температурном интервале  $769\text{—}917^\circ\text{C}$  существует  $\beta\text{-Fe}$ , который отличается от  $\alpha\text{-Fe}$  только параметрами кристаллической решётки и магнитными свойствами 3. в температурном интервале  $917\text{—}1394^\circ\text{C}$  существует  $\gamma\text{-Fe}$  (аустенит) с гранецентрированной кубической решёткой 4. выше  $1394^\circ\text{C}$  устойчив  $\delta\text{-Fe}$  с объёмцентрированной кубической решёткой  $\alpha\text{-Fe}$  вплоть до  $769^\circ\text{C}$  (точка Кюри) ферромагнитно.

7. При неограниченной взаимной растворимости компонентов они образуют твердый раствор а. Кристаллизация компонентов (чистых металлов) происходит при постоянной температуре ( $C = O$ , как было показано выше). В процессе кристаллизации сплавы имеют одну степень свободы (можно менять температуру без изменения фазового состава).

Ограниченная растворимость компонентов в металлических сплавах встречается гораздо чаще, чем неограниченная. Предельная растворимость в твердом состоянии определяется линиями:  $DF$  ( $B$  в  $A$ ) и  $CG$  ( $A$  в  $B$ ). Процессы кристаллизации сплавов, находящихся на диаграмме левее точки  $F$  и правее точки  $G$ , такие же, как у сплавов, компоненты которых образуют

твердые растворы с неограниченной растворимостью. Эти сплавы имеют однофазную структуру.

Химическое соединение обладает определенным составом. Следовательно, если металлы А и В образуют химическое соединение  $AtB_n$ , то этому соединению будет соответствовать определенная ордината на диаграмме состояния. Обычно химическое соединение имеет свою кристаллическую решетку, отличную от кристаллических решеток металлов Л и В. Свойства химического соединения всегда резко отличаются от свойств металлов, из которых оно образовалось. Химическое соединение обладает высокой твердостью, малой пластичностью, большим электрическим сопротивлением и относительно низкой теплопроводностью.

8. Наиболее часто определяемыми механическими характеристиками материалов являются: твердость, пределы прочности и упругости, ударная вязкость.

Твердость характеризует сопротивление материала большим пластическим деформациям. Наиболее распространенные методы определения твердости связаны с внедрением в испытуемый материал специального тела, называемого индентором, с таким усилием, чтобы произошла пластическая деформация. В материале при этом остается отпечаток индентора, по которому судят о величине твердости. Определение твердости — наиболее распространенный метод исследования свойств материала. Это объясняется рядом причин: определение твердости является неразрушающим методом, так как деталь после такого измерения может быть использована по назначению; испытания на твердость не требуют высокой квалификации; зная твердость, можно судить и о других механических свойствах.

Усталостное разрушение металлов происходит в условиях повторяющихся знакопеременных напряжений, значения которых меньше предела прочности. Этот процесс постепенного разрушения — усталость — заключается в том, что под действием большого числа циклов переменных нагрузок в наиболее нагруженном или ослабленном месте металла зарождается, а затем растет трещина, следовательно, площадь сплошного металла постепенно уменьшается, а напряжения возрастают, поскольку  $\sigma = P/F$ , при постоянной нагрузке  $P$  уменьшение площади  $F$  приводит к росту напряжений  $\sigma$ . Наступает момент, когда оставшаяся неповрежденная часть сечения уже не может выдержать приложенной нагрузки, так как действующие напряжения превысили предел прочности (т.е.  $\sigma > \sigma_B$ ), поэтому происходит быстрое разрушение металла.

Свойство материала противостоять усталости называется выносливостью. Наибольшее напряжение, которое выдерживает металл без разрушения при повторении заранее заданного числа циклов, называют пределом выносливости.

Ударная вязкость — это относительная работа разрушения, т.е. работа удара, отнесенная к площади поперечного сечения образца  $F$ .

9. Наклепом называют совокупность структурных изменений и связанных с ними изменений физико-механических свойств под действием пластической деформации.

*Наклепом* называют явление увеличения прочностных и снижения пластических свойств в результате пластической деформации. Явление наклепа возникает в результате накопления дислокаций, поворота зерен в положение с более благоприятной ориентацией плоскостей скольжения, накопления обломков зерен и др. В производственном процессе наклеп необходимо учитывать. Это:

- фактор, определяющий возможности оборудования;
- метод придания свойств. Наклеп позволяет регулировать механические свойства в широких пределах (возможность повышения прочности в 2-3 раза);
- фактор, определяющий выбор технологии. Искривление решетки при наклепе влечет за собой накопление избыточной энергии, а всякая система стремится к минимуму энергии. Поэтому при длительном вылеживании *холоднодеформированного металла* происходит перестройка атомов, приводящая к уменьшению энергии (снижается твердость, повышаются пластические свойства). Такое явление называют *отдыхом или возвратом*. Повышение температуры облегчает этот процесс.

При нагреве возможны следующие явления в наклепанном металле:

- возврат;
- полигонизация;
- рекристаллизация.

*Рекристаллизация* - процесс изменения механических свойств наклепанного металла, при котором происходит движение дислокаций в пределах большеугловых границ зерен. При этом происходит наиболее заметное понижение энергии за счет сокращения границ зерен (происходит объединение зерен). Рост зерен идет за счет *миграции границ*. Зерна объединяются, при этом большеугловые границы остаются. Чем больше наклепан металл, тем больше энергии, тем полнее идет процесс рекристаллизации. При высоких температурах рекристаллизации происходит снижение пластических свойств - за счет образования зерен больших размеров. Существующая связь между размерами зерна в металле, степенью деформации и температурой последующей рекристаллизации. При критической степени деформации происходит разрушение хрупких границ зерен, что приводит к их соприкосновению и интенсивному слиянию.

Начало рекристаллизации наблюдается при 4-часовом нагреве при 500 °С, а при более высокой температуре (525-550 °С) процессы рекристаллизации развиваются более интенсивно.

Основной причиной наклепа является происходящее в процессе пластической деформации увеличение количества дефектов

кристаллического строения, прежде всего плотности дислокаций

10. Диаграмма фазового равновесия (диаграмма состояния) железо— углерод (иногда эту диаграмму называют «диаграмма железо—цементит») — графическое отображение фазового состояния сплавов железа с углеродом в зависимости от их химического состава и температуры.

В зависимости от температуры и концентрации углерода железоуглеродистые сплавы имеют следующие структурные составляющие.

1. Феррит (Ф) - твердый раствор внедрения углерода в  $\alpha$ -железе. Растворимость углерода в  $\alpha$ -железе при комнатной температуре до 0,005%; наибольшая растворимость - 0,02% при 727°C. Феррит имеет незначительную твердость (НВ 80-100) и прочность ( $\sigma_B=250$  МПа), но высокую пластичность ( $\delta=50\%$ ;  $\varphi=80\%$ ).

2. Аустенит (А) - твердый раствор внедрения углерода в  $\gamma$ -железе. В железоуглеродистых сплавах он может существовать только при высоких температурах. Предельная растворимость углерода в  $\gamma$ -железе 2,14% при температуре 1147°C и 0,8% - при 727°C. Эта температура является нижней границей устойчивого существования аустенита в железоуглеродистых сплавах. Аустенит имеет твердость НВ 160-200 и весьма пластичен ( $\delta=40-50\%$ ).

3. Цементит (Ц) - химическое соединение железа с углеродом (карбид железа  $Fe_3C$ ). В цементите содержится 6,67% углерода. Температура плавления цементита около 1600°C. Он очень тверд (НВ~800), хрупок и практически не обладает пластичностью. Цементит неустойчив и в определенных условиях распадается, выделяя свободный углерод в виде графита по реакции  $Fe_3C \rightarrow 3Fe + C$ .

4. Графит - это свободный углерод, мягок (НВ 3) и обладает низкой прочностью. В чугунах и графитизированной стали содержится в виде включений различных форм (пластинчатой, шаровидной и др.). С изменением формы графитовых включений меняются механические и технологические свойства сплава.

5. Перлит (П) - механическая смесь (эвтектоид, т. е. подобный эвтектике, но образующийся из твердой фазы) феррита и цементита, содержащая 0,8% углерода. Перлит может быть пластинчатым и зернистым (глобулярным), что зависит от формы цементита (пластинки или зерна) и определяет механические свойства перлита. При комнатной температуре зернистый перлит имеет предел прочности  $\sigma_B=800$  МПа; относительное удлинение  $\delta=15\%$ ; твердость НВ 160. Перлит образуется следующим образом. Пластика (глобуль) цементита начинает расти или от границы зерна аустенита, или центром кристаллизации является неметаллическое включение. При этом соседние области обедняются углеродом и в них образуется феррит. Этот процесс приводит к образованию зерна перлита, состоящего из параллельных пластинок или глобулей цементита и феррита. Чем грубее и крупнее выделения цементита, тем хуже механические

свойства перлита.

6. Ледебурит (Л) - механическая смесь (эвтектика) аустенита и цементита, содержащая 4,3% углерода. Ледебурит образуется при затвердевании жидкого расплава при 1147°C. Ледебурит имеет твердость НВ 600-700 и большую хрупкость. Поскольку при температуре 727°C аустенит превращается в перлит, то это превращение охватывает и аустенит, входящий в состав ледебурита. Вследствие этого при температуре ниже 727°C ледебурит представляет собой уже не смесь аустенита с цементом, а смесь перлита с цементитом.

11. Наиболее широкое применение в современном машиностроении имеют железоуглеродистые сплавы — *сталь* и *чугун*.

Сталь — это сплав железа с углеродом; содержание углерода в стали *не превышает 2%*.

К сталям относятся:

- техническое железо,
- конструкционная и
- инструментальная сталь.

Чугун — сплавы железа с углеродом, в которых содержание углерода *превышает 2%*. Среднее содержание углерода в чугуне 2,5—3,5%.

Кроме железа и углерода, в сталях и чугунах присутствуют примеси:

- *кремний и марганец* в десятых долях процента (0,15— 0,60%)
- *сера и фосфор* в сотых долях процента (0,05—0,03%) каждого элемента.

Технические железоуглеродистые сплавы содержат примеси, которые подразделяют: на обычные (P, S, Mn, Si, H, N, O), легирующие (Cr, Ni, Mo, W, V, Ti, Co, Cu и другие) и модифицирующие (Mg, Ce, Ca и другие).

12. Полезные примеси.

Марганец и кремний. Их вводят в сталь в процессе выплавки для раскисления (удаления кислорода из жидких металлов для повышения качества стали). Марганец увеличивает прокаливаемость стали и уменьшает вредное влияние серы. Кремний эффективно раскисляет сталь и способствует ее упрочнению.

Вредные примеси.

Сера, фосфор. Сера снижает пластичность и вязкость стали, а также придает стали красноломкость при прокатке и ковке. Повышенное содержание серы допускается лишь в автоматных сталях для изготовления изделий неотчетливого назначения, т.к. сера улучшает обрабатываемость стали. Основным источником серы в стали - это исходное сырье, т.е. чугун. Фосфор также снижает пластичность железа, т.к. резко отличается от него по типу кристаллической решетки, диаметру атомов и их строению. Основным источником фосфора в стали — это руда, из которой выплавлен исходный чугун. Кислород, водород, азот. Даже небольшую

присутствие этих примесей оказывает резко отрицательное воздействие на свойства стали. Кислород и азот способствуют снижению вязкости и пластичности стали. Повышенное содержание водорода делает сталь хрупкой, а также приводит к образованию внутренних трещин – флокенов. Для выведения скрытых примесей используется метод вакуумирования.

13. Углеродистая сталь - сплав железа с углеродом. Содержание углерода варьируется от 0,02 до 2,14%, дополнительные примеси: марганец Mn до 0,9%, кремний Si до 0,5%, сера S до 0,06%, фосфора P до 0,07%. Главной составляющей, определяющей свойства стали, является углерод.

В углеродистых сталях обыкновенного качества допускается более высокое содержание вредных примесей, чем в качественных углеродистых сталях. Их выплавляют в крупных мартеновских печах и кислородных конвертерах, обозначают буквами Ст и цифрами от 0 до 6. Цифры указывают условный номер марки стали в зависимости от ее химического состава. Буквы кп, пс, сп в конце марки указывают на способ раскисления: кп — кипящая, пс — полуспокойная, сп — спокойная. К углеродистым сталям обыкновенного качества относятся горячекатаная сталь (сортовая, фасонная, толстолистовая, тонколистовая, широкополосная) и холоднокатаная сталь (тонколистовая).

К качественным углеродистым сталям предъявляются жесткие требования по содержанию вредных примесей (содержание серы не должно превышать 0,04%, фосфора — 0,035 %). Их выплавляют в электропечах, кислородных конвертерах, мартеновских печах. Качественные углеродистые стали маркируются двузначными цифрами (05, 10, 15), указывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента. Буква А в конце марки указывает на улучшенное металлургическое качество. При обозначении кипящей или полуспокойной стали указывается степень раскисленности: кп, пс. У спокойной стали степень раскисленности не указывается.

Каждая марка стали имеет свой уникальный состав и неповторимые характеристики, определяющие в дальнейшем область ее применения.

Прочность. Это сборная характеристика, и складывается она из взаимосвязанных величин: пределы прочности и текучести, твердость и ударная вязкость, а также удлинение при разрыве. Связь не всегда является очевидной: так предел прочности примерно в два раза выше предела текучести, но чем он больше, тем меньше величина удлинения металла до разрыва. Механические параметры, такие как твердость и предел прочности, увеличиваются, как и процент углерода, и являются основными. Изначальные характеристики могут быть изменены при помощи термической обработки. Ударная вязкость показывает склонность к появлению трещин при приложении определенной нагрузки и привязана к структуре марки. Самый высокий показатель 160 Дж/см<sup>2</sup>.

Коррозийная устойчивость. Данный показатель является ахиллесовой пятой всех сталей этого типа, склонных к разрушению и окислению при взаимодействии с водой, паром и кислородом.

Для улучшения коррозионных свойств используют хром, основной легирующий элемент. Его доля, превышающая 10%, начинает активно бороться с окислением железа. В качестве вспомогательных элементов могут присутствовать никель, медь, молибден или титан. Есть ряд популярных методов, позволяющих повысить сопротивляемость углеродистой стали. К основным относят:

- грунтование;
- хромирование;
- цинкование;
- никелирование;
- оксидирование;
- фосфатирование.

**Износостойкость.** Характеристика показывает возможность сопротивляться механическому износу и зависит от твердости материала и рельефа поверхности. Следовательно, для ее повышения используют термообработку и шлифовку. Для среднеуглеродистых и высокоуглеродистых марок стали нужна закалка, а для низкоуглеродистых применяют цементацию, заключающуюся в насыщении внешних слоев сплава углеродом. Также для всех видов актуальна нитроцементация – отличающаяся от предыдущего способа тем, что наряду с углеродом для насыщения поверхности используют азот. Улучшение свойств при этом довольно существенное.

**Стойкость к температурам.** Оптимальным диапазоном рабочих температур считают от -100 до + 350 градусов. При выходе из него наблюдается падение прочности. До 50% при температуре свыше +500 градусов. Увеличение параметра возможно при добавлении в состав сплава молибдена, кремния или существенного количества хрома и никеля.

**Технологичность.** Сплав считается технологичным, в случае достижения цели, для которой он был использован. Углеродистые марки считаются высокотехнологичными, решающими такие задачи:

- мех.обработка. Порезка, сверление, фрезеровка и другие;
- пластическая деформация. Штамповка, ковка, гнутье и прочее;
- сварка. Зависит от содержания углерода. При высоком показателе требуются дополнительные операции;
- термообработка. Выбор способа зависит от количества углерода в сплаве.

14. **Чугуны (белые и серые).** Маркировка, свойства, структура.

Чугун представляет собой сочетание двух основных структурных компонентов — железа и углерода. Причем на долю последнего приходится лишь от 2,14% до 6,67% всего состава. В качестве усиливающих добавок в состав чугуна также включаются:

- кремний — в объеме не более 4,3%;
- сера, максимум содержания которой — 0,07%;
- марганец — не больше 2% всей структуры чугуна;

- фосфор — на его долю приходится до 2%.

В производстве чугуна выделяют несколько его разновидностей, отличия которых касаются структурного состава и эксплуатационных характеристик:

- белый чугун — с высоким запасом прочности и повышенной хрупкостью, используется для переплавки в сталь;
- серый чугун — обладает повышенными свойствами пластичности и вязкости, имеет содержание фосфора 0,3-1,2%, за счет которого увеличивается износостойкость;

Все без исключения разновидности чугунного сплава обладают достойными эксплуатационными характеристиками:

- физические — стойкость к температурам и влажности;
- гидродинамические — чугун обладает отличной вязкостью, упрощающей трансформацию в стадию затвердевания;
- химические — устойчивость к агентам агрессивных сред;
- технологические — проявляются антивибрационными свойствами, стойкостью к коррозии и износостойкостью;
- механические — проявляются высокой прочностью материала.

В отличие от других металлов и сплавов, чугун обладает меньшей массой, более высокими литейными свойствами, возможностью обработки методом резания и деформации. Именно поэтому так популярнаяковка художественных изделий из чугуна.

Серый чугун обозначают буквами «СЧ» (ГОСТ 1412-85), высокопрочный -«ВЧ» (ГОСТ 7293-85), ковкий - «КЧ» (ГОСТ 1215-90).

СЧ15 - серый чугун с пределом прочности при растяжении  $\sigma_B$  150 МПа СЧ30-5 - серый чугун с пределом прочности при растяжении  $\sigma_B$  300 МПа и относительным удлинением  $\delta=5\%$ .

ВЧ60 - высокопрочный чугун с  $\sigma_B$  при растяжении 600 МПа, КЧ45 - ковкий чугун с  $\sigma_B$  при растяжении 450 МПа. для работы в узлах трения со смазкой применяют отливки из антифрикционного чугуна АЧС-I, АЧС-6, АЧВ-2, АЧК-2 и др., что расшифровывается следующим образом: АЧ - антифрикционный чугун; С - серый, В - высокопрочный, К- ковкий. Цифры обозначают порядковый номер сплава согласно ГОСТ 1585-89.

15. Термообработка представляет собой комплекс операций нагрева, охлаждения и выдержки металлических твердых сплавов для получения необходимых свойств благодаря изменению структуры и внутреннего строения. Термическая обработка применяется в качестве промежуточной операции для того, чтобы улучшить обрабатываемость резанием, давлением, либо в качестве окончательной операции технологического процесса, которая обеспечивает требуемый уровень свойств детали.

Основные виды термической обработки:

1. Закалка. Представляет собой вид термической обработки

разных материалов (металлы, стекло), состоящий в нагреве их выше критической температуры с быстрым последующим охлаждением. Выполняется для получения неравновесных структур с повышенной скоростью охлаждения. Закалка может быть как с полиморфным превращением, так и без полиморфного превращения.

2. Отпуск – это технологический процесс, суть которого заключается в термической обработке закалённого на мартенсит металла либо сплава, основными процессами при котором являются распад мартенсита, рекристаллизация и полигонизация. Проводится с целью снятия внутренних напряжений, для придания материалу необходимых эксплуатационных и механических свойств.

3. Нормализация. В данном случае изделие нагревается до аустенитного состояния и потом охлаждается на спокойном воздухе. В результате нормализации снижаются внутренние напряжения, выполняется перекристаллизация стали. В сравнении с отжигом, нормализация – процесс более короткий и более производительный.

4. Отжиг. Представляет собой операцию термической обработки, заключающуюся в нагреве стали, выдержке при данной температуре и последующем медленном охлаждении вместе с печью. В результате отжига образуется устойчивая структура, свободная от остаточных напряжений. Отжиг является одной из важнейших массовых операций термической обработки стали.

Критическая скорость охлаждения – минимальная скорость охлаждения стали, при которой не происходит распада аустенита с образованием перлита ( $t = 727^{\circ}\text{C}$ ).

При закалке реальных деталей необходимо знать, когда возможна закалка насквозь, по всему сечению, или какой глубины будет закаленный слой. Критерием такой оценки является прокаливаемость стали, под которой понимают глубину закаленного слоя.

Обработки, которые фиксируют за счет ускоренного охлаждения частично или полностью состояние металла или сплава, характерное для высокотемпературного состояния, называют закалкой.

Существует два принципиально отличающихся вида закалки: закалка с полиморфным превращением (превращение с изменением кристаллической структуры) и закалка без полиморфного превращения (превращение с изменением концентрации).

Мартенсит (сокращенно М) - пересыщенный твердый раствор углерода в альфа- железе ( $\alpha\text{-Fe}$ ) той же концентрации, что и у исходного аустенита.

Троостит, сорбит, перлит (Т, С и П) - образующиеся из аустенита структуры, являются феррито - цементитными ( $\text{Ф}+\text{Ц}$ ) смесями, имеющими сходное пластинчатое строение.

16. Научные основы термической обработки были заложены великим русским металлургом Д.К. Черновым, открывшим в 1868 г. структурные превращения в стали. Режимы термической обработки стали

связаны с критическими точками. Температуру, соответствующую линии РК на диаграмме состояния Fe-Fe<sub>3</sub>C, обозначают точкой A<sub>1</sub>. Температуры, соответствующие линии GS, обозначают точкой A<sub>3</sub>, а линии SE – точкой A<sub>m</sub>.

Из-за теплового гистерезиса превращения при нагреве стали начинаются при температурах выше точек A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>m</sub>, а при охлаждении – ниже этих точек. Для обозначения температур превращения при нагревании у буквы A внизу ставят индекс с, а при охлаждении r (например, A<sub>c1</sub>, A<sub>cm</sub>, A<sub>r1</sub>).

**Структура термически обработанной стали** данного состава, а следовательно и ее свойства, определяется тремя основными факторами – температурой нагрева, временем выдержки при этой температуре и скоростью охлаждения.

17. Химико-термическая обработка (азотирование, цементация, нитроцементация). Химико-термическая обработка металлов — нагрев и выдержка металлических материалов при высоких температурах в химически активных средах.

Цементация - химико-термическая обработка, заключающаяся в диффузионном насыщении поверхностного слоя атомами углерода при нагреве до температуры **900...950 °C**.

Цель цементации — обогатить поверхностный слой детали углеродом до концентрации 0,8—1,1% и получить, после закалки, высокую твердость поверхностного слоя при сохранении пластичной сердцевины.

Азотирование - процесс насыщения поверхностного слоя детали азотом, с целью повышения твердости, износоустойчивости, предела усталости и коррозионной стойкости. Азотирование проводится при **500-600 °C** в герметично закрытом контейнере из железа, который внедряется в печь. Его разогревают до температуры соответствующей выбран- ному режиму, и выдерживается необходимое время.

Нитроцементация, разновидность химико-термической обработки, заключающаяся в диффузионном насыщении из газовой среды поверхности стали (чугуна) азотом и угле- родом при 500—700 °C (низкотемпературная Н.) или при 840—930 °C (высокотемпературная Н.).

Химико-термическая обработка металлов и сплавов представляет операции по нагреванию и выдерживанию заготовок из металлических (и неметаллических) материалов в разных активных средах химических элементов. Такая обработка используется для проведения добавления в нужные слои заготовок заранее определенных химических эле- ментов, которые именуются насыщающими или компонентами насыщения.

После проведения этой обработки появляется диффузионный слой – слой, в кото- ром произошли различные преобразования не только в химическом составе, но и в структуре и в характеристиках поверхностных слоев. При этом разный состав компонентов дает разные изменения такого диффузионного слоя.

*Наличие разного количества элементов насыщения позволяет разделить все химико-термические обработки на:*

- однокомпонентные, в которых насыщение проводится одним компонентом (например углеродом, азотом, хромом);

- многокомпонентные, где металл насыщают одновременно несколькими компонентами (так, при нитроцементации используют азот и углерод, а при боролитировании – бор и алюминий).

- На практике в подавляющем большинстве случаев ХТО подвергают сплавы на основе железа (стали и чугуны), реже — сплавы на основе тугоплавких металлов, твердые сплавы и ещё реже сплавы цветных металлов, хотя практически все металлы могут образовывать диффузионные слои с подавляющим большинством химических элементов Периодической системы элементов Д. И. Менделеева.

- При реализации любого процесса ХТО изделия выдерживают определённое время при температуре насыщения в окружающей среде. Насыщающие среды могут быть твёрдыми, жидкими или газообразными.

- Существующие методы химико-термической обработки можно разделить на три основные группы: насыщение из твёрдой фазы (в основном, из порошковых засыпок), насыщение из жидкой фазы и насыщение из газовой (или паровой) фазы. Особо выделяют метод ХТО в ионизированных газах (ХТО в плазме тлеющего разряда). Насыщение из паст (обмазок) занимает особое положение (в зависимости от состава, консистенции обмазки и температурно-временных условий химико-термической обработки тяготеет к одному из указанных выше методов насыщения)

18. Сталь - деформируемый (ковкий) сплав железа с углеродом (до 2,14%) и другими элементами. Получают, главным образом, из смеси чугуна со стальным ломом в кислородных конвертерах, мартеновских печах и электропечах. Сплав железа с углеродом, содержащий более 2,14% углерода, называют чугуном.

По химическому составу углеродистые стали делят в зависимости от содержания углерода на следующие группы:

- малоуглеродистые - менее 0,3% С;
- среднеуглеродистые - 0,3-0,7% С;
- высокоуглеродистые - более 0,7 %С.

Для улучшения технологических свойств стали легируют. Легирующей называется сталь, в которой, кроме обычных примесей, содержатся специально вводимые в определенных сочетаниях легирующие элементы (Cr, Ni, Mo, W, V, Al, B, Ti и др.), а также Mn и Si в количествах, превышающих их обычное содержание как технологических примесей (1% и выше). Как правило, лучшие свойства обеспечивает комплексное легирование.

В легированных сталях их классификация по химическому составу определяется суммарным процентом содержания легирующих элементов:

- низколегированные - менее 2,5%;

- среднелегированные - 2,5-10%;
- высоколегированные - более 10%.

Легированные стали и сплавы делятся также на классы по структурному составу:

- в отожженном состоянии - доэвтектоидный, заэвтектоидный, ледебуритный (карбидный), ферритный, аустенитный;
- в нормализованном состоянии - перлитный, мартенситный и аустенитный.

К перлитному классу относят углеродистые и легированные стали с низким содержанием легирующих элементов, к мартенситному - с более высоким и к аустенитному - с высоким содержанием легирующих элементов.

По качеству, то есть по способу производства и содержанию вредных примесей, стали и сплавы делятся на четыре группы:

| Группа                           | S, %         | P, %        |
|----------------------------------|--------------|-------------|
| Обыкновенного качества (рядовые) | менее 0,06%  | менее 0,07  |
| Качественные                     | менее 0,04%  | менее 0,035 |
| Высококачественные               | менее 0,025% | менее 0,025 |
| Особовысококачественные          | менее 0,015% | менее 0,025 |

*Стали обыкновенного качества.* Стали обыкновенного качества (рядовые) по химическому составу -углеродистые стали, содержащие до 0,6% С. Эти стали выплавляются в конвертерах с применением кислорода или в больших мартеновских печах. Примером данных сталей могут служить стали СтО, СтЗсп, Стбкп. Стали обыкновенного качества, являясь наиболее дешевыми, уступают по механическим свойствам сталям других классов. *Стали качественные.*

#### ***Степень раскисления и характер затвердевания металла в изложнице***

Углеродистые стали обыкновенного качества и качественные по степени раскисления и характеру затвердевания металла в изложнице делятся на спокойные, полуспокойные и кипящие. Каждый из этих сортов отличается содержанием кислорода, азота и водорода. Так в кипящих сталях содержится наибольшее количество этих элементов. *Стали высококачественные.* Стали высококачественные выплавляются преимущественно в электропечах, а особо высококачественные - в электропечах с электрошлаковым переплавом (ЭШП) или другими совершенными методами, что гарантирует повышенную чистоту по неметаллическим включениям (содержание серы и фосфора менее 0,03%) и содержанию газов, а следовательно, улучшение механических свойств. Это такие стали как 20А, 15Х2МА.

*Стали особовысококачественные.* Особовысококачественные стали подвергаются электрошлаковому переплаву, обеспечивающему эффективную очистку от сульфидов и оксидов. Данные стали выплавляются только легированными. Их производят в электропечах и методами специальной электро-

металлургии. Содержат не более 0,01% серы и 0,025% фосфора. Например: 18ХГ-Ш, 20ХГНТР-Ш.

По назначению стали и сплавы классифицируются на конструкционные, инструментальные и стали с особыми физическими и химическими свойствами. *Конструкционные стали.* Конструкционные стали принято делить на строительные, для холодной штамповки, цементируемые, улучшаемые, высокопрочные, рессорно-пружинные, шарикоподшипниковые, автоматные, коррозионно-стойкие, жаростойкие, жаропрочные, износостойкие стали. *Строительные стали.* К строительным сталям относятся углеродистые стали обыкновенного качества, а также низколегированные стали. Основное требование к строительным сталям - их хорошая свариваемость. Например: С255, С345Т, С390К, С440Д. *Стали для холодной штамповки.* Для холодной штамповки применяют листовой прокат из низкоуглеродистых качественных марок стали 08Ю, 08пс и 08кп. *Улучшаемые стали.* К улучшаемым сталям относят стали, которые подвергают улучшению - термообработке, заключающейся в закалке и высоком отпуске. К ним относятся среднеуглеродистые стали (35, 40, 45, 50), хромистые стали (40Х, 45Х, 50Х), хромистые стали с бором (30ХРА, 40ХР), хромоникелевые, хромокремнемарганцевые, хромоникельмолибденовые стали. *Высокопрочные стали.* Высокопрочные стали - это стали, у которых подбором химического состава и термической обработкой достигается предел прочности примерно вдвое больший, чем у обычных конструкционных сталей. Такой уровень прочности можно получить в среднеуглеродистых легированных сталях - таких, как 30ХГСН2А, 40ХН2МА, 30ХГСА, 38ХН3МА, 03Н18К9М5Т, 04Х11Н9М2Д2ТЮ. *Подшипниковые стали.* Подшипниковые (шарикоподшипниковые) стали имеют высокую прочность, износоустойчивость, выносливость. К подшипниковым предъявляют повышенные требования на отсутствие различных включений, макро- и микропористости. Обычно шарикоподшипниковые стали характеризуются высоким содержанием углерода (около 1%) и наличием хрома (ШХ9, ШХ15). *Износостойкие стали.* Износостойкие стали применяют для деталей, работающих в условиях абразивного трения, высокого давления и ударов (крестовины железнодорожных путей, траки гусеничных машин, щеки дробилок, черпаки землеройных машин, ковши экскаваторов и др.). Пример износостойкой стали – высокомарганцевистая сталь 110Г13Л.

*Коррозионно-стойкие (нержавеющие) стали.* Коррозионно-стойкие (нержавеющие) стали - легированные стали с большим содержанием хрома (не менее 12%) и никеля. Хром образует на поверхности изделия защитную (пассивную) оксидную пленку. Углерод в нержавеющей сталях - нежелательный элемент, а чем больше хрома, тем выше коррозионная стойкость. Коррозионностойкие стали и сплавы классифицируют в зависимости от агрессивности среды, в которой они используются, и по их основному потребительскому свойству на собственно

коррозионно-стойкие, жаростойкие, жаропрочные и криогенные. Инструментальные стали.

Инструментальные стали по назначению делят на стали для режущих, измерительных инструментов, штамповые стали.

#### *Штамповые стали.*

Штамповые стали обладают высокой твердостью и износостойкостью, прокаливаемостью и теплостойкостью.

- *Стали для штампов холодного деформирования.* Эти стали должны обладать высокой твердостью, износостойкостью и прочностью, сочетающейся с достаточной вязкостью, также должны быть теплостойкими.

- *Стали для штампов горячего деформирования.* Эти стали должны иметь высокие механические свойства (прочность и вязкость) при повышенных температурах и обладать износостойкостью, окалинотойкостью, разгаростойкостью и высокой теплопроводностью.

- *Валковые стали.* Данные стали применяют для рабочих, опорных и прочих валков прокатных станов, бандажей составных опорных валков, ножей для холодной резки металла, обрезных матриц и пуансонов. К валковым сталям относят такие стали, как 9Х1, 55Х, 60ХН, 7Х2СМФ.

19. Классификация легированных сталей по структуре в равновесном состоянии, по структуре после нормализации (охлаждении на спокойном воздухе), по качеству.

По структуре в равновесном состоянии (после медленного охлаждения), легированные стали делятся на: 1.) доэвтектоидные, имеющие в структуре избыточный феррит (кроме перлита); 2.) эвтектоидные; 3.) заэвтектоидные, имеющие в структуре вторичные карбиды; 4.) ледебуритные, имеющие в структуре ледебуритную эвтектику; 5.) ферритные, получающиеся при min %C и большом количестве ферритообразующих элементов; 6.) аустенитные, содержащие элементы, расширяющие  $\gamma$ -область – получают стали, содержащие при tкомн аустенит.

По структуре после охлаждения на воздухе. Получение различных классов при этой классификации обусловлено тем, что по мере увеличения (%) содержания легирующих элементов устойчивость аустенита в перлитной области возрастает (С- кривые сдвигаются вправо), а ( $\cdot$ )Мн понижается.

Фактически это классификация по закаливанию на воздухе. 1. перлитный:  $\sum$  Л.Э. = 5-7% при различном %C = 0,1–1,5%; структура – ф+п; п; п+к ; (50ХФА) 2. мартенситный:  $\sum$  Л.Э. = 10-15% + 0,3-0,6 %C; (2Х13, 3Х13) 3. аустенитный:  $\sum$  Л.Э. = 30-35% + 0,1-0,5 %C; (Х18Н10Т) 4. ферритный:  $\sum$  Л.Э. = 15-20% + 0,2-0,4 %C (Х17Г) 5. карбидный:

$\sum$  Л.Э. = 10-25% (карбидообр.) + С = 0,7-1,7%; это и ледебуритные стали. Характерная особенность: главное – не основная структура, которой может быть мартенсит, троостит, сорбит, аустенит, а наличие большого количества карбидов, которые образуются при большом количестве

карбидообразующих элементов.

Легирование позволяет повысить комплекс свойств за счет: 1) упрочнения феррита;

2) повышения прокаливаемости; 3) уменьшения склонности к росту, получение мелкого ДЗ – повышения ударной вязкости; 4) повышения устойчивости аустенита – возможность применения более мягких охладителей при закалке – уменьшение закалочных напряжений; 5) устойчивость против отпуска; 6) замедление диффузионных процессов позволяет проводить отпуск при более высокой температуре – полнее снижаются закалочные напряжения – меньше хрупкость. Перечисленные преимущества появляются в основном в результате т.о. – легированные стали должны, как правило, подчиняться т.о.

20. Коррозия - это процесс разрушения (деструктуризации) и утраты свойств элементами и веществами (сплавами) в результате воздействия факторов окружающей среды. В результате коррозии, которая по сути является окислительно-восстановительной реакцией, металл становится окислом (оксидом) благодаря взаимодействию с окислителем, в том числе с кислородом.

По механизму процесса различают химическую и электрохимическую коррозию металлов.

Химическая коррозия — это процесс взаимодействия металла с коррозионной средой, при котором окисление металла и восстановление окислительного компонента среды протекают одновременно в одном акте. Продукты взаимодействия пространственно не разделены.

Электрохимическая коррозия — это процесс взаимодействия металла с коррозионной средой (раствором электролита), при котором ионизация атомов металла и восстановление окислительного компонента коррозионной среды протекают не в одном акте и их скорости зависят от электродного потенциала.

По виду коррозионной среды и условиям протекания различают несколько видов коррозии.

Газовая коррозия - это химическая коррозия металлов в газовой среде при минимальном содержании влаги (как правило не более 0,1%) или при высоких температурах. В химической и нефтехимической промышленности такой вид коррозии встречается часто. Например, при получении серной кислоты на стадии окисления диоксида серы, при синтезе аммиака, получении азотной кислоты и хлористого водорода, в процессах синтеза органических спиртов, крекинга нефти и т.д.

Атмосферная коррозия — это коррозия металлов в атмосфере воздуха или любого влажного газа.

Подземная коррозия — это коррозия металлов в почвах и грунтах.

Биокоррозия — это коррозия, протекающая под влиянием жизнедеятельности микроорганизмов.

Контактная коррозия — это вид коррозии, вызванный контактом

металлов, имеющих разные стационарные потенциалы в данном электролите.

Радиационная коррозия - это коррозия, обусловленная действием радиоактивного излучения.

Коррозия внешним током и коррозия блуждающим током. В первом случае — это коррозия металла, возникающая под воздействием тока от внешнего источника. Во втором случае — под воздействием блуждающего тока.

Коррозия под напряжением — коррозия, вызванная одновременным воздействием коррозионной среды и механических напряжений. Если это растягивающие напряжения, то может произойти растрескивание металла. Это очень опасный вид коррозии, особенно для конструкций, испытывающих механические нагрузки (оси, рессоры, автоклавы, паровые котлы, турбины и т.д.). Если металлические изделия подвергаются циклическим растягивающим напряжениям, то можно вызвать коррозионную усталость. Происходит понижение предела усталости металла. Такому виду коррозии подвержены рессоры автомобилей, канаты, валки прокатных станов.

Коррозионная кавитация — разрушение металла, обусловленное одновременным коррозионным и ударным воздействием внешней среды.

Фреттинг-коррозия — это коррозия, вызванная одновременно вибрацией и воздействием коррозионной среды. Устранить коррозию при трении или вибрации возможно правильным выбором конструкционного материала, снижением коэффициента трения, применением покрытий и т.д.

Коррозия называется *сплошной*, если она охватывает всю поверхность металла. Сплошная коррозия может быть равномерной, если процесс протекает с одинаковой скоростью по всей поверхности металла, и неравномерной когда скорость процесса неодинакова на различных участках поверхности. Равномерная коррозия наблюдается, например, при коррозии железных труб на воздухе. При *избирательной коррозии* разрушается одна структурная составляющая или один компонент сплава. В качестве примеров можно привести графитизацию чугуна или обесцинкование латуней.

Местная (локальная) коррозия охватывает отдельные участки поверхности металла. Местная коррозия может быть выражена в виде отдельных пятен, не сильно углубленных в толщу металла; язв - разрушений, имеющих вид раковины, сильно углубленной в толщу металла, или точек (питтингов), глубоко проникающих в металл. Первый вид наблюдается, например, при коррозии латуни в морской воде. Язвенная коррозия отмечена у сталей в грунте, а питтинговая — у аустенитной хромоникелевой стали в морской воде.

Подповерхностная коррозия начинается на поверхности, но затем распространяется в глубине металла. Продукты коррозии оказываются сосредоточенными в полостях металла. Этот вид коррозии вызывает вспучивание и расслоение металлических изделий.

Межкристаллитная коррозия характеризуется разрушением металла по

границам зерен. Она особенно опасна тем, что внешний вид металла не меняется, но он быстро теряет прочность и пластичность и легко разрушается. Связано это с образованием между зернами рыхлых малопрочных продуктов коррозии. Этому виду разрушений особенно подвержены хромистые и хромоникелевые стали, никелевые и алюминиевые сплавы.

Щелевая коррозия вызывает разрушение металла под прокладками, в зазорах, резьбовых креплениях и т.д.

21. Жаропрочностью называется способность сталей и сплавов выдерживать механические нагрузки при высоких температурах в течение определенного времени. При температурах до 600°C обычно применяют термин теплоустойчивость.

Жаростойкость характеризует сопротивление металлов и сплавов газовой коррозии при высоких температурах. Стали и сплавы, предназначенные для работы при повышенных и высоких температурах, должны, следовательно, обладать не только требуемой жаропрочностью, но и иметь достаточное сопротивление химическому воздействию газовой среды (жаростойкость) в течение заданного ресурса эксплуатации.

Стали и сплавы, предназначенные для работы при повышенных и высоких температурах, подразделяют на группы:

1. теплоустойчивые стали, работающие в нагруженном состоянии при температурах до 600°C в течение длительного времени;
2. жаропрочные стали и сплавы, работающие в нагруженном состоянии при высоких температурах в течение определенного времени и обладающие при этом достаточной жаростойкостью;
3. жаростойкие (окалиностойкие) стали и сплавы, работающие в ненагруженном или слабонагруженном состоянии при температурах выше 550°C и обладающие стойкостью против химического разрушения поверхности в газовых средах.
4. Ползучестью называется непрерывная деформация металлов под действием постоянно приложенных напряжений.
5. При экспериментальном изучении ползучести определяют зависимость деформации (чаще удлинения) от времени при заданных напряжениях и температурах, получая первичные кривые ползучести.

22. Медь относится к самым распространенным цветным металлам. Она обладает высокими антикоррозийными свойствами как при нормальных атмосферных условиях, так в пресной и морской воде и других агрессивных средах. Однако медь не устойчива в аммиаке и сернистых газах.

Медь легко поддается обработке давлением и пайкой. Обладая невысокими литейными свойствами, медь тяжело режется и плохо сваривается. На практике медь используется в виде прутков, листов, проволоки, шин и труб.

Бескислородная М0 (0,001% O<sub>2</sub>) и раскисленная М1 (0,01% O<sub>2</sub>) медь широко применяется в электронике, электровакуумной технике, в

электротехнической промышленности.

Сплавы, содержащие в своём составе медь, обладают высокими антикоррозийными свойствами, хорошо сопротивляются износу и имеют высокие технические и механические характеристики.

Медь бывает разных марок: М00, М0, М1, М2 и М3. Марки меди определяются чистотой её содержания.

В зависимости от того, как примеси взаимодействуют с медью, они подразделяются на три группы:

- Примеси, которые образуют с медью твёрдые растворы – никель, сурьма, алюминий, цинк, железо, олово и др. Эти примеси оказывают существенное влияние на электропроводность и теплопроводность меди, снижая их. Ввиду этого в качестве проводников тока используют медь М0 и М1, в состав которых входит не более 0,002 As и 0,002 Sb. Горячая обработка давлением затрудняется, если в ней содержится сурьма.

- Примеси, которые практически не растворяются в меди – висмут, свинец и др. Практически не влияют на электропроводность меди, но затрудняют её обработку давлением.

- Хрупкие химические соединения, образующиеся в примеси меди с серой и кислородом. Кислород, входящий в состав меди, в значительной мере снижает её прочность и уменьшает электропроводимость. Сера способствует улучшению обрабатываемости меди резанием.

Бронзой называется сплав меди с алюминием, кремнием, оловом, бериллием и другими элементами, кроме цинка. Бронзы бывают алюминиевыми, кремниевыми, оловянными, бериллиевыми и т.д. – в зависимости от легирующего элемента.

Маркировка бронзы представляет собой определенную последовательность, начинающуюся с буквосочетания «Бр», после которого указываются легирующие элементы. Легирующие элементы перечисляются, начиная с элемента, который находится в максимальном процентном содержании относительно остальных.

Все бронзы подразделяются на оловянные и безоловянные.

Сплав меди с цинком, процентное содержание цинка в котором составляет от 5 до 45%, называется латунью. Латунь, в состав которой входит 2-20% цинка, называется том- пак или красная латунь. Если содержание цинка равно 20-36%, то такая латунь называется жёлтой. Латуни, с более чем 45% цинка в своём составе, применяются крайне редко.

Классификация латуней:

- Простые (двухкомпонентные) – сплавы которые состоят из цинка и меди с незначительными примесями других элементов;

- Специальные (многокомпонентные) латуни в своём составе помимо меди и цинка включают ряд других легирующих элементов.

Двухкомпонентные латуни обозначаются заглавной буквой «Л», за которой следует двузначная цифра, определяющая среднее значение процентного содержания меди в сплаве (Л80-латунь, в состав которой входит

80% меди и 20% цинка).

23. Титан - химический элемент с порядковым номером 22, атомный вес 47,88, легкий серебристо-белый металл. Плотность  $4,51 \text{ г/см}^3$ ,  $T_{\text{пл}}=1668+(-)5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{кип}}=3260 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Данный материал сочетает легкость, прочность, высокую коррозионную стойкость, низкий коэффициент теплового расширения, возможность работы в широком диапазоне температур.

Классификация ведется по достаточно большому количеству признаков.

1. По технологии изготовления подразделяются:

- на деформируемые. Сюда входят сплавы с алюминием (BT5), а также дополнительно легированные оловом или цирконием (BT5-1). Характеризуются повышенной жаропрочностью, высокой термической стабильностью, отсутствием хладноломкости, хорошей свариваемостью;

- литейные. Используют технический титан и сплавы марок BT5Л, BT14Л, BT6Л, BT9Л, BT3-1Л. По химсоставу они практически идентичны предыдущей группе, однако в них допускается большее содержание примесей. Кроме того, механические свойства ниже деформируемых.

2. По уровню механических свойств:

- на сплавы невысокой прочности и повышенной пластичности. В группу входят марки BT1-00, BT1-0 (технический титан) и OT4-0, OT4-1 (система Ti-Al-Mn), AT3 (система Ti-Al с небольшими добавками Cr, Fe, Si, V);

- средней прочности — BT5 и BT5-1; псевдо- $\alpha$ -сплавы OT4, BT20; ( $\alpha + \beta$ )-сплавы ПТЗВ, а также BT6, BT6С, BT14 в отожженном состоянии;

- высокой прочности — достигается в марках BT6, BT14, BT3-1 за счет упрочняющей обработки. BT22 — высоколегированный сплав, который имеет предел прочности  $\sigma_B > 1000 \text{ МПа}$  даже в отожженном состоянии.

3. По условиям применения:

- на хладостойкие — промышленные отечественные модификации BT6кт, BT5-1кт, ПТЗВкт и зарубежные Ti-5Al-2,5Sn ELI, Ti-6Al-4V ELI. Сохраняют достаточную ударную вязкость при криогенных температурах;

- жаропрочные — BT6, BT8-1, BT8М-1, BT25У, BT41 и др. Представляют собой твердые растворы с большим или меньшим количеством химического соединения. Это обеспечивает им повышенную жаропрочность при минимальном снижении пластичности;

- коррозиестойкие. В качестве легирующих присадок часто используют тантал, ниобий, молибден, цирконий.

4. По способности упрочняться термообработкой:

- на упрочняемые — ( $\alpha + \beta$ ) и  $\beta$  сплавы;

- неупрочняемые —  $\alpha$ -сплавы.

24. Алюминий отличается высокой коррозионной стойкостью благодаря оксидной пленке  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , которая образуется на поверхности алюминиевых металлоизделий. Чем чище металл, тем выше его устойчивость к коррозии. Алюминий особой и высокой чистоты востребован при

производстве фольги, электрических проводов и кабелей, других токопроводящих элементов.

Классификация алюминиевых сплавов по назначению и состоянию

Наиболее распространенные элементы, используемые для получения сплавов на основе алюминия: железо, кремний, марганец, цинк, медь, реже – бериллий, титан, литий, цирконий.

По запланированной области применения алюминиевые сплавы разделяют на:

- *Деформируемые.* Они предназначены для получения полуфабрикатов способами горячего и холодного деформирования – прокаткой, прессованием, протяжкой. Это листы, профили, прутки, трубы.

- *Литейные,* используемые для получения фасонного литья. Характеристики литейных сплавов повышают различными способами термической обработки.

- Получаемые по технологии *порошковой металлургии* – САС и САП.

Различают несколько видов состояния алюминия и его сплавов, обозначаемые в маркировке буквами русского алфавита:

- М – мягкий, после отжига;
- Т – после закалки и старения в естественных условиях;
- А – плакированный;
- Н – нагартованный;
- П – полунагартованный.

25. Полимеры — вещества, состоящие из повторяющихся групп атомов (звеньев, мономеров), из которых собираются длинные макромолекулы.

Полимеры – вещества с большой молекулярной массой, состоящие из индивидуальных макромолекул, соединенных в единую систему посредством физических (молекулярная связь) или химических связей. Полимеры характеризуются прочной химической (ковалентной) связью в самих макромолекулах, в основной цепи, а взаимодействие между цепями (межмолекулярное) является более слабым – примерно в 10 – 50 раз, так как имеет физическую природу (молекулярный тип связи).

Линейные полимеры состоят из отдельных макромолекул, соединенных межмолекулярными физическими связями. Поэтому при подборе соответствующего растворителя или при нагревании, разрушающем флуктуационную сетку, линейные макромолекулы могут быть переведены в раствор или расплав. Это свойство линейных полимеров используется при их переработке, причем они могут перерабатываться неоднократно.

Сетчатые полимеры ведут себя различно в зависимости от строения и плотности сетки. Редкосшитые пространственные полимеры только набухают в растворителе, но не могут быть переведены в раствор. Пространственно-сшитые полимеры с частой плотностью сетки не растворяются в органических растворителях и не набухают.

При низкой температуре полимер находится в стеклообразном состоянии и ведет себя как твердое тело.

При повышении температуры полимер переходит в высокоэластичное состояние. В этом состоянии полимер способен к различным обратимым деформациям, что обусловлено подвижностью звеньев и гибкостью молекул. И при дальнейшем повышении температуры вещество переходит в вязкотекучее состояние. Дальнейшее повышение ведет к разрушению (деструкции) полимера. Вязкотекучее состояние характеризуется подвижностью и звеньев и всей макромолекулы. При течении молекулы полимера распрямляются и сближаются, в результате чего усиливается межмолекулярное взаимодействие, и полимер становится жестким. Это явление, характерное только для аморфных полимеров получило название механического стеклования. Его используют при формировании волокон и пленок.

Многие полимеры могут существовать в кристаллическом фазовом состоянии. Так, полиэтилен, полипропилен, натуральный каучук, отдельные эфиры целлюлозы, полиамиды могут образовывать микроскопические кристаллы.

В кристаллическое состояние полимеры переходят из жидкого (расплав, раствор) при понижении температуры. Кристаллизация протекает в результате фиксации положения отдельных сегментов и возникновения элементов дальнего трехмерного порядка в их расположении.

26. Термопластичные полимеры (полиэтилен, полипропилен, полистирол) при нагреве размягчаются, даже плавятся, а при охлаждении затвердевают. Этот процесс обратим. Термореактивные полимеры при нагреве подвергаются необратимому химическому разрушению без плавления.

Полиэтилен — термопластичный полимер этилена. Полиамид — получается в результате химической переработки угля, газа и нефти. Поливинилхлорид (ПВХ) — синтетический термопластик, который состоит из хлора и этилена. Полиметилметакрилат (оргстекло) — полимер, который пропускает свет, и внешне похож на стекло.

Фторопласт - это группа фторсодержащих пластмасс. Свойства полимеров. Ударопрочность. По способности выдерживать механическую нагрузку полимеры ничем не уступают некоторым металлам. Поэтому полимеры используют при создании защитных чехлов и не только. Пластичность и эластичность. Таким свойством обладают, например, природные и синтетические каучуки. Именно поэтому их используют при создании автомобильных шин, шланги, оболочки проводов и кабелей, подошвы для обуви, воздушные шары и не только. Отражательная способность. Благодаря этому свойству из полимеров создают специальные светоотражающие пленки. Обычно их используют для индикации предметов в темное время суток. К примеру, светоотражающие материалы применяют при организации дорожного движения, создании билбордов и баннеров. Электроизоляция. Полимеры — диэлектрики (не пропускают через себя электрический ток). Их можно

использовать не только в качестве изоляционных материалов в электрооборудовании, но и при изготовлении рукояток инструмента для работы с токопроводящими деталями. В зависимости от характера наполнителя отверждающие пластмассы подразделяются на пресс-порошки, волокнистые и слоистые пластики.

*Изделия из пресс-порошков.* Фенолформальдегидные смолы сочетаются с любым порошковым наполнителем. В качестве наполнителей в изделиях общетехнического назначения применяют древесную муку. Для получения изделий, обладающих высокой термостойкостью, применяют асбестовую муку. Повышение водостойкости и диэлектрических свойств достигается кварцевой мукой. Для снижения хрупкости изделий на основе фенолформальдегидной смолы ее смешивают с полиамидами или с синтетическим каучуком.

Из пресс-порошков изготавливают корпуса и крышки приборов, детали, предназначенные для работы при повышенных температурах или в условиях высокой влажности, но сравнительно малонагруженные, особенно динамическими нагрузками.

*Изделия из волокнитов.* Волокниты относятся к классу ПКМ и представляют собой сочетание отверждающейся смолы с каким-либо волокнистым наполнителем (хлопчатобумажные очесы, асбестовые волокна, стекловолокно). Изделия из волокнитов используются для нагруженных деталей, работающих при температурах до 100...120 °С. Волокниты отличаются высокой ударной прочностью. Асбестоволокниты имеют высокие электроизоляционные свойства при повышенных температурах и используются для изготовления электроизоляционных изделий (детали коллекторов и контактных панелей). Вальцованные в виде листов асбестоволокниты применяют в качестве теплозащитного покрытия или кислотоупорного материала для обкладки разных изделий (баки, трубы, реакторы). Замена фенолформальдегидной смолы в асбестоволокнитах на полисилоксаны значительно повышает термостойкость асбестоволокнита и из такого материала изготавливают электроизоляционные изделия, работающие при температурах 200...300 °С.

*Слоистые пластические массы.* На основе фенолформальдегидной смолы изготавливают пластики в виде листов, плит, труб, дисков и т. д. В качестве наполнителя применяются текстильная ткань (текстолит), асбестовая ткань (асботекстолит), бумага (гетинакс), древесный шпон (древеснослоистые пластики— ДСП), стеклянное волокно (стеклотекстолит). Слоистые пластики имеют очень широкое применение; ДСП, например, применяют для изготовления шлюпок, деталей катеров. Из ДСП изготавливают также подшипники, шестерни, опорные рамы.

Изделия из текстолитов — детали машин, шестерни, подшипники — обладают высокой прочностью и износостойкостью. Текстолит используют также как электроизоляционный материал. Гетинакс используется как электроизоляционный материал при температуре от —60 до +70 °С.

Особенно широкое применение имеют стеклотекстолиты.

*Кремнийорганические соединения* — органические соединения, в молекулах которых имеется связь между атомами кремния и углерода.

*Стеклопластик* — вид композиционных материалов (пластические материалы), состоящие из стекловолокнуистого наполнителя (стеклянное волокно, кварцевое волокно и др.) и связующего вещества (термореактивные и термопластичные полимеры).

Газонаполненные полимеры (ГП) представляют собой композиционные материалы, состоящие из полимерной матрицы, наполненной газовыми включениями. Газовая фаза в таких материалах распределена в полостях, называемых ячейками.

27. *Резина* — пластмассы с редкосетчатой структурой, в которых связующим выступает *полимер*, находящейся в высокопластическом состоянии.

В резине связующим являются натуральные (НК) или синтетические (СК) каучуки. Резины, как композиции, обладают уникальными свойствами, не проявляемыми другими материалами: способностью гасить колебания, высокой эластичностью и износостойкостью. Поэтому резины нашли применение в таких изделиях как шины, конвейерные ленты, элементы фундаментов зданий, детали двигателей автомобилей, широкий спектр изделий бытового назначения. Ингредиенты для формирования смесей каучуков могут быть разбиты на 5 категорий:

|                                       |                                                                                  |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Полимеры                           | Натуральный каучук, синтетические каучуки                                        |
| 2. Наполнители                        | Технический углерод, каолин, кремнекислотные наполнители, карбонат кальция и др. |
| 3. Стабилизирующие системы            | Антиоксиданты, антиозонаты, воска и др.                                          |
| 4. Компоненты вулканизационных систем | Сера, ускорители, активаторы                                                     |
| 5. Специальные компоненты             | Вторичные компоненты, такие как пигменты, масла, смолы, короткие волокна         |

Старение полимеров, необратимое изменение свойств полимеров под действием тепла, кислорода, солнечного света, озона, ионизирующих излучений и др. В соответствии с факторами воздействия различают следующие основные виды старения: термическое, термоокислительное, световое, озонное, радиационное.

28. Композиционный материал — конструкционный (металлический или неметаллический) материал, в котором имеются усиливающие его элементы в виде нитей, волокон или хлопьев более прочного материала. Примеры композиционных материалов: пластик, армированный борными, углеродными, стеклянными волокнами, жгутами или тканями на их основе; алюминий, армированный нитями стали, бериллия.

Волокна, используемые в качестве арматуры, должны иметь следующие свойства: высокую температуру плавления, малую плотность, высокую прочность во всем интервале рабочих температур, минимальную растворимость в матрице, высокую химическую стойкость, отсутствие фазовых превращений при рабочих температурах, отсутствие токсичности при изготовлении и эксплуатации. Для армирования алюминиевых сплавов используют стальную, бериллиевую или вольфрамовую проволоку, нитевидные кристаллы оксидов алюминия и магния, карбида кремния и неорганические поликристаллические волокна (углеродные, борные, алюмосиликатные).

Матрица в армированных композициях придает изделию форму и делает материал монолитным. Кроме того, матрица должна обеспечивать прочность и жесткость композиционной системы при действии растягивающей или сжимающей нагрузки.

#### 29. *Композиция алюминий - углеродные волокна.*

Сочетание низкой плотности арматуры и матрицы позволяет создать композиционные материалы с высокой удельной прочностью и жесткостью. Недостатком углеродных волокон является их хрупкость и высокая реакционная способность. Композицию алюминий - углерод получают пропиткой углеродных волокон жидким металлом или методами порошковой металлургии. Технологически наиболее просто осуществимо протягивание пучков углеродных волокон через расплав алюминия.

Композит алюминий-углерод применяют в конструкциях топливных баков современных истребителей. Благодаря высокой удельной прочности и жесткости материала масса топливных баков уменьшается на 30 %. Этот материал используют также для изготовления лопаток турбин авиационных газотурбинных двигателей.

#### *Композиция углерод-углерод.*

Эти жаропрочные композиты выдерживают температуры до 2500°C. В качестве армирующего материала используются волокна углерода, ориентированные в трехмерной ортогональной системе. Такая геометрия расположения волокон повышает ударную вязкость (прочность) материала. Плетение армирующей сетки выполняется с применением трикотажных технологий. Для матрицы используется аморфный углерод. Для получения такой матрицы волокна пропитывают термореактивной смолой, затем нагревают в атмосфере инертного газа.

30. Карбоволокниты (углепласты) представляют собой композиции, состоящие из полимерного связующего (матрицы) и упрочнителей в виде углеродных волокон (карбоволокон).

Высокая энергия связи С-С углеродных волокон позволяет им сохранить прочность при очень высоких температурах (в нейтральной и восстановительной средах до 2200 °C), а также при низких температурах. От окисления поверхности волокна предохраняют защитными покрытиями (пиролитическими). В отличие от стеклянных волокон карбоволокна плохо смачиваются связующим (низкая поверхностная энергия), поэтому их

подвергают травлению. При этом увеличивается степень активирования углеродных волокон по содержанию карбоксильной группы на их поверхности. Межслойная прочность при сдвиге углепластиков увеличивается в 1,6-2,5 раза. Применяется вискеризация нитевидных кристаллов  $\text{TiO}[\text{pic}]$ ,  $\text{AlN}$  и  $\text{Si}[\text{pic}]\text{N}[\text{pic}]$ , что дает увеличение межслойной жесткости в 2 раза и прочности в 2,8 раза. Применяются пространственно-армированные структуры.

Связующими служат синтетические полимеры (полимерные карбоволокониты); синтетические полимеры, подвергнутые пиролизу (коксованные карбоволокониты); пиролитический углерод (пироуглеродные карбоволокониты).

Карбоволокониты отличаются высоким статистическим и динамическим сопротивлением усталости, сохраняют это свойство при нормальной и очень низкой температуре (высокая теплопроводность волокна предотвращает саморазогрев материала за счет внутреннего трения). Они водо- и химически стойкие. После воздействия на воздухе рентгеновского излучения  $[\text{pic}]$  и  $\text{E}$  почти не изменяются.

## **Задание 2.2**

**1. С точки зрения их внутреннего строения, свойства металлов зависят от:**

типа кристаллической решетки

**2. От степени переохлаждения металла при кристаллизации размер зерен зависит от:**

Чем больше степень переохлаждения, тем мельче зерно

**3. Существование одного и того же химического элемента в виде двух и более простых веществ, различных по строению и свойствам**

Аллотропия

**4. Химическое соединение  $\text{Fe}_3\text{C}$**

Цементит

**5. Сплав железа с углеродом, содержащий от 2,14 до 6,67 % C**

Сталь

**6. Чугун, в котором весь углерод находится в виде химического соединения  $\text{Fe}_3\text{C}$**

Белый

**7. Целью легирования является:**

создание сталей с особыми свойствами

**8. Сталь из чугуна можно получить, если:**

уменьшить содержание углерода

**9. В белом чугуне графит имеет форму:**

В белом чугуне графита нет

**10. СЧ15 – одна из марок серого чугуна с пластинчатым графитом. Что обозначает цифра 15?**

предел прочности при растяжении

11. Чему равно в % количество углерода в Стали 20?

0,2%

12. Охлаждение заготовок совершается в машинном масле при...

Закалке

13. Сущностью химико-термической обработки стальных изделий является:

изменение химического состава поверхностного слоя

14. Как называется добавка, которая делает пластмассу эластичным материалом?

Пластификатор

15. Установите соответствие между сплавом и способом получения

Где выплавляют чугуны? - В доменных печах

Где выплавляют сталь? - В конвертерных печах

16. Вредные примеси чугуна

Сера, фосфор

17. Установить соответствие между определениями и маркой

Углеродистые стали обыкновенного качества - БСтЗсп

Качественные стали - 25Г

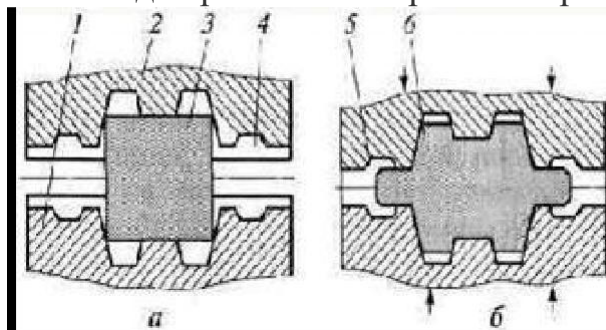
Инструментальные углеродистые стали - У7А

Легированные стали - 25ХГСД

18. Магнитные свойства металлов с увеличением температуры ...

Уменьшаются

19. Какой вид обработки изображен на рисунке?



Штамповка

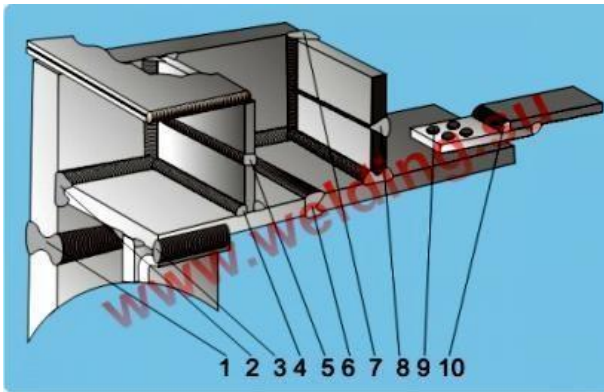
20. Способ обработки металлов давлением, при котором инструмент оказывает многократное прерывистое воздействие на нагретую заготовку, в результате чего она, деформируясь, приобретает заданную форму и размеры

Ковка

21. Процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между деталями при их местном или общем нагреве, пластическом деформировании или совместном действии того и другого

Сварка

22. Назовите вид сварного соединения под цифрой 1



Стыковое

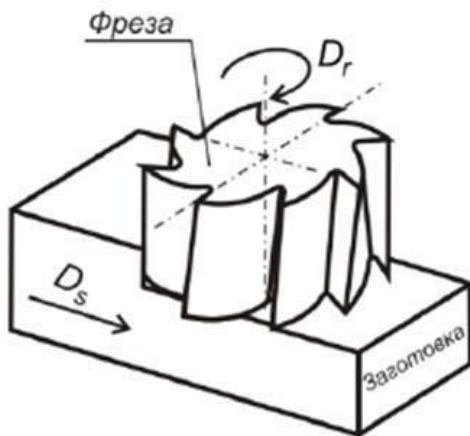
23. От каких факторов зависит закалка стали?

- от температуры нагрева
- от времени (скорости) нагрева
- от продолжительности выдержки при заданной температуре
- от скорости охлаждения

24. Вид механической обработки материалов резанием, при котором с помощью специального вращающегося режущего инструмента получают отверстия различного диаметра и глубины, или многогранные отверстия различного сечения и глубины

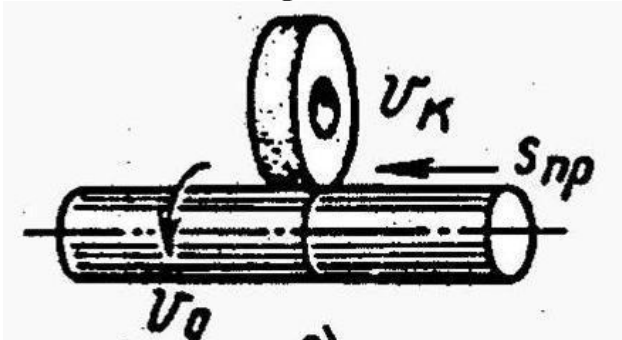
Сверление

25. Назовите вид фрезерования



Торцевое

26. Какой вид обработки металлов изображен на рисунке?



Шлифование

## **27. Свойства неметаллов**

- образуют простые вещества, которые при обычных условиях существуют в разных агрегатных состояниях
- образуют менее плотно упакованную структуру
- окислительные свойства проявляются при их взаимодействии
- образуют как одноатомные, так и двухатомные молекулы
- большее число электронов на внешнем энергетическом уровне их атомов

## **28. Процесс литья по выплавляемым моделям происходит в несколько этапов. Укажите последовательность**

- Создание исходного образца с поправкой на тепловую усадку заготовки
- Изготовление восковых образцов
- создание деревянной модели
- Создание оболочки пресс-формы
- Сушка,удаление воска
- Расплавление и литье

## **29. Какая заготовка для литья изображена на рисунке?**



Кокиль

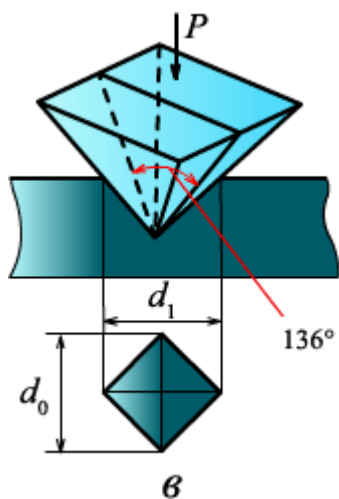
## **30. К прямым потерям от коррозии относят:**

- стоимость конструкций, разрушающихся из-за коррозии
- стоимость коррозионностойких материалов, используемых для изготовления оборудования вместо обычной стали

## **31. Материалы с высокими антифрикционными свойствами, которые наносятся на контактирующие поверхности с целью облегчения их взаимного перемещения и уменьшения износа**

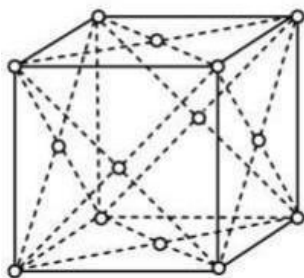
Смазочные

## **32. Какой метод испытания твердости металлов изображен на рисунке?**



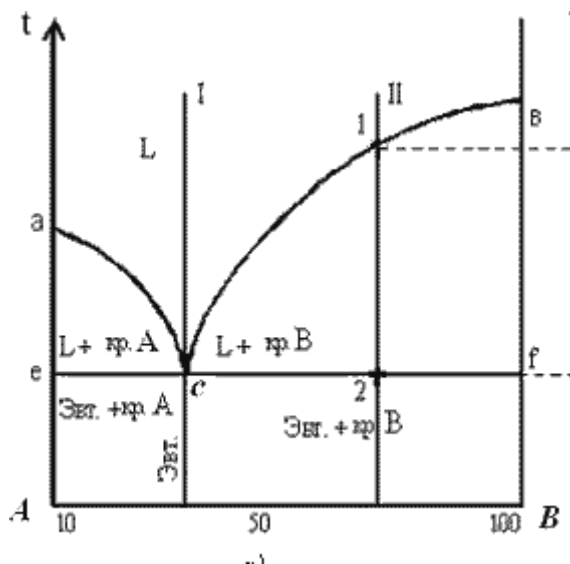
Метод Виккерса

33. Какая кристаллическая решетка изображена на рисунке?



кубическая гранецентрированная

34. Диаграмма состояния. Назовите линию солидуса



Есf

35. Из каких компонентов состоят композиционные материалы?

-из матрицы

-из армирующего элемента

Задание 2.3

#### *По вертикали*

Цементация- Обработка, заключающаяся в обогащении углеродом и позволяет получить деталь с комбинированными характеристиками — мягкая середина, твёрдая поверхность

Борирование- Верхний слой металла насыщают бором, что приводит к повышению износостойкости и стойкости в кислотных и щелочных средах

Алитирование- Обработка заключается в насыщении алюминием и делает детали стойкими к агрессивным газовым средам

#### *По горизонтали*

Азотирование- После обогащения поверхности азотом повышается коррозионная стойкость и усталостная прочность детали

Хромирование- Обработка включает в себя насыщение хромом, что придаёт деталям хорошую твёрдость и стойкость к окалине, коррозии и износу

### **Задание 2.4**

1. Мышьяковистый колчедан-мышьяк
2. Восстановление оксида бора магнием-магний
3. Фракционная перегонка жидкого воздуха-кислород
4. Самородный вид-сера
5. Электролиз-сера
6. Восстановление оксида бора магнием-бор
7. Апатит-виды фосфора
8. Кокс из кремнезема-силиций
9. Каталитический процесс-водород
10. Отходы серной кислоты- селениум.