

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»  
в г. Петровске

УТВЕРЖДАЮ  
Директор филиала СГТУ  
имени Гагарина Ю.А. в г.Петровске

  
Е.А.Бесшапошникова  
«30» июня 2023 г.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

по дисциплине  
ОП.03 «Материаловедение»

специальности  
15.02.16 «Технология машиностроения»

Методические указания рассмотрены  
на заседании предметной (цикловой) комиссии  
обще профессиональных дисциплин,  
профессиональных модулей специальностей  
технического профиля  
«14» июня 2023 года, протокол № 12

Председатель ПЦК  /Лескина Т.А./

Петровск 2023

Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ разработаны на основе рабочей программы дисциплины ОП.03 Материаловедение в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности 15.02.16 ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ, утвержденного приказом Министерства просвещения РФ № 444 от 14.06.2022г.

Разработчик: Власова Л.И. - преподаватель Филиала СГТУ имени Гагарина Ю.А. в г.Петровке

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Пояснительная записка	4
2. Указания по выполнению практических работ	7
3. Критерии оценки	52
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение практических работ	53

## **1.Пояснительная записка**

Практические занятия как виды учебных занятий, направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений и составляют важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки.

В процессе практического занятия обучающиеся выполняют одно или несколько заданий под руководством преподавателя в соответствии с изучаемым содержанием учебного материала.

Выполнение обучающимися практических занятий проводится с целью:

- формирования практических умений в соответствии с требованиями к уровню подготовки обучающихся, установленными рабочей программой дисциплины по конкретным разделам/ темам дисциплины;
- обобщения, систематизации, углубления, закрепления полученных теоретических знаний;
- совершенствования умений применять полученные знания на практике, реализации единства интеллектуальной и практической деятельности;
- развития интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;
- выработки таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива при решении поставленных задач при освоении общих компетенций.

В результате освоения дисциплины формируются следующие профессиональные (ПК) и общие (ОК) компетенции:

ОК. 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК. 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК. 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях;

ОК. 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК. 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

ПК 1.1. Использовать конструкторскую и технологическую документацию при разработке технологических процессов изготовления деталей машин.

ПК 1.2. Выбирать метод получения заготовок с учетом условий производства.

ПК 1.3. Выбирать методы механической обработки и последовательность технологического процесса обработки деталей машин в машиностроительном производстве.

ПК 1.4. Выбирать схемы базирования заготовок, оборудование, инструмент и оснастку для изготовления деталей машин.

ПК 1.5. Выполнять расчеты параметров механической обработки изготовления деталей машин, в т.ч. с применением систем автоматизированного проектирования.

ПК 1.6. Разрабатывать технологическую документацию по изготовлению деталей машин, в т.ч. с применением систем автоматизированного проектирования.

Наименование темы	Объем часов	Наименование, № практического задания	Виды работ	Формируемые результаты освоения
Тема 1.2. Основные методы определения свойств материалов	6	Практическое занятие: Изучение строения и свойств металлов	Выполнение практической работы	ОК.01 ОК.02 ОК.03 ОК.07 ОК.09 ПК 1.1 ПК 1.2 ПК 1.3 ПК 1.4 ПК 1.5 ПК 1.6
Тема 1.3. Металлические сплавы	4	Практическое занятие: Диаграмма состояния «железо – цементит»	Выполнение практической работы	
Тема 2.2. Термическая обработка металлов и сплавов	6	Практическое занятие: Термическая обработка металлов	Выполнение практической работы	
Тема 2.3. Чугуны	6	Практическое занятие: Стали и чугуны	Выполнение практической работы	
Тема 2.4. Цветные	6	Практическое занятие: Материалы с	Выполнение практической	

металлы и сплавы		особыми электрическими свойствами	работы	
Тема 2.6. Материалы с особыми магнитными и электрическим и свойствами	4	Практическое занятие: Неметаллические конструкционные материалы	Выполнение практической работы	
Всего	32			

## **2. Указания по выполнению практических работ**

Практические занятия должны проводиться в учебных кабинетах или специально оборудованных помещениях (площадках, полигонах и т.п.) - кабинета «Материаловедение».

В соответствии с требованиями ФГОС СПО 15.02.16 Технология машиностроения реализация ППССЗ должна обеспечивать выполнение обучающимися практических занятий, включая как обязательный компонент практические занятия (с использованием персональных компьютеров).

Выполнению практических занятий предшествует проверка знаний обучающихся - их теоретической готовности к выполнению задания.

Практические занятия могут носить репродуктивный, частично-поисковый и поисковый характер.

Работы, носящие репродуктивный характер, отличаются тем, что при их проведении обучающиеся пользуются подробными инструкциями, в которых указаны: цель работы, пояснения (теория, основные характеристики), оборудование, аппаратура, материалы и их характеристики, порядок выполнения работы, таблицы, выводы (без формулировки), контрольные вопросы, учебная и специальная литература.

Работы, носящие частично-поисковый характер, отличаются тем, что при их проведении обучающиеся не пользуются подробными инструкциями, им не дан порядок выполнения необходимых действий, и они требуют от обучающихся самостоятельного подбора оборудования, выбора способов выполнения работы в инструктивной и справочной литературе и др.

Работы, носящие поисковый характер, характеризуются тем, что обучающиеся, опираясь на имеющиеся у них теоретические знания, должны решить новую для них проблему.

При планировании практических занятий необходимо находить оптимальное соотношение репродуктивных, частично-поисковых и поисковых работ, чтобы обеспечить высокий уровень интеллектуальной деятельности.

Формы организации обучающихся при проведении практических занятий - фронтальная, групповая и индивидуальная.

При фронтальной форме организации занятий все обучающиеся выполняют одновременно одну и ту же работу.

При групповой форме организации занятий одна и та же работа выполняется бригадами по 2 - 5 человек.

При индивидуальной форме организации занятий каждый обучающийся выполняет индивидуальное задание.

Для повышения эффективности проведения практических занятий рекомендуется:

- разработка сборников задач, заданий и упражнений;

- разработка контрольно-диагностических материалов для контроля за подготовленностью обучающихся к практическим занятиям, в том числе в форме педагогических тестовых материалов для автоматизированного контроля;

подчинение методики проведения практических занятий ведущим дидактическим целям с соответствующими установками обучающимся;

## Практическое занятие №1.

### Тема: «Изучение строения и свойств металлов».

Цель: Изучить строение и свойства металлов, методы их испытаний.

Студент должен

*знать*: - основные типы кристаллических решеток;

- дефекты кристаллического строения металлов;

- классификацию свойств металлов и методы их испытаний

*уметь*: - проводить исследования и испытания материалов.

### Теоретическое обоснование

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

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

Располагаясь в металлах в строгом порядке, атомы в плоскости образуют атомную сетку, а в пространстве — атомно-кристаллическую решетку. Типы кристаллических решеток у различных металлов различные. Наиболее часто встречаются решетки: кубическая объемно-центрированная (рис.1.1,а), кубическая гранецентрированная (рис.1.1,б) и гексагональная плотноупакованная (рис.1.1,с).

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

медь, свинец и др. В ячейке гексагональной решетки атомы расположены в вершинах шестиугольных оснований призмы, в центре

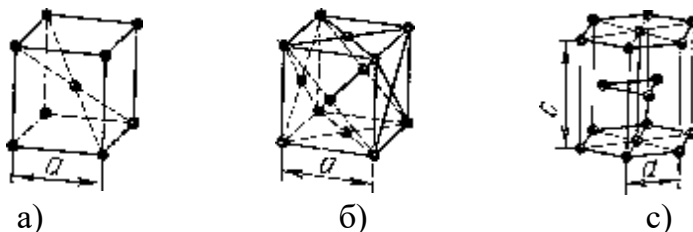


Рис.1. Элементарные ячейки кристаллических решеток.



этих оснований и внутри призмы; гексагональную решетку имеют магний, титан, цинк и др. В реальном металле кристаллическая решетка состоит из огромного количества ячеек. Особенности расположения атомов в кристалле объясняются явлением анизотропии, т.е. неодинаковости свойств кристалла в разных кристаллографических направлениях.

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

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

Рассмотрев атомно-кристаллическое строение металлов, нельзя не отметить, что реальный кристалл имеет структурные несовершенства. Эти нарушения идеальной структуры твердых тел оказывают влияние на их свойства. Дефекты кристаллического строения классифицируются по геометрической форме и размерам на точечные (вакансии, межузельные и примесные атомы), линейные (дислокации), поверхностные (границы зерен) и объемные (поры, трещины).

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

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

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

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

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

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

твёрдость, для рессор и пружин – упругость и т.д. Данная классификация свойств является условной.

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

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

**Т в е р д о с т ь** ю называется сопротивление материала деформации в поверхностном слое при местном силовом контактом воздействии.

Твёрдость металлов дает возможность изготавливать из них режущие инструменты и детали с высокой износостойчивостью.

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

**У п р у г о с т ь** — свойство материала восстанавливать свою форму после прекращения действия внешних сил, вызвавших деформацию.

**В я з к о с т ь** ю материала называют его способность поглощать механическую энергию и при этом проявлять значительную пластичность вплоть до разрушения. Вязкие металлы применяют для деталей, которые при работе подвергаются ударной нагрузке.

**П л а с т и ч н о с т ь** металлов дает возможность обрабатывать их давлением (ковать, прокатывать, волочить).

Механические свойства определяют в процессе различных испытаний.

**С т а т и ч е с к и м и** называют такие испытания, при которых испытуемый материал подвергают воздействию постоянной силы или силы, возрастающей весьма медленно.

**Д и н а м и ч е с к и м и** называют испытания, при которых испытуемый материал подвергают воздействию удара или силы, возрастающей весьма быстро.

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

В теме «Формирование структуры литых материалов» основным объектом изучения является процесс кристаллизации металлов и сплавов.

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

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



Центры кристаллизации

Рис.2. Последовательные этапы процесса кристаллизации.

Рост кристаллов заключается в том, что к их зародышам присоединяются все новые атомы жидкого металла. Сначала кристаллы растут свободно, сохраняя

правильную геометрическую форму, но это происходит только до момента встречи растущих кристаллов. В месте соприкосновения кристаллов рост отдельных их граней прекращается и развиваются не все, а только некоторые грани кристаллов. В результате кристаллы не имеют правильной геометрической формы. Такие кристаллы называют *кристаллитами* или *зернами*.

Величина зерен зависит от числа центров кристаллизации и скорости роста кристаллов. Чем больше центров кристаллизации, тем больше кристаллов образуется в данном объеме и каждый кристалл (зерно) меньше. На образование центров кристаллизации влияет скорость охлаждения. Чем больше скорость охлаждения металла, тем больше возникает в нем центров кристаллизации, и зерна получаются мельче. Это подтверждается на практике — в тонких сечениях литых деталей, охлаждающихся более быстро, металл всегда получается более мелкозернистым, чем в толстых массивных литых деталях, охлаждающихся медленнее. Однако не всегда можно регулировать скорость охлаждения.

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

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

кристаллов носит так называемый *дендритный характер*.

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

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

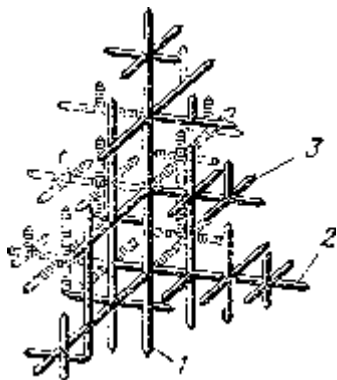


Рис.3. Схема дендритного строения.

Дендритное строение характерно для литого металла.

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

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

химических соединений.

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

### Ход работы

1. Изучить теоретическое обоснование.

2. Распечатать рабочую тетрадь для индивидуального использования (**приложение №1**).
3. Выполнить задания практического занятия **№1** в рабочей тетради.
4. Провести самопроверку выполненного задания.
5. Сдать оформленную работу на проверку преподавателю в установленный срок.

## Практическое занятие №2.

### Тема: «Диаграмма состояния «железо – цементит».

Цель: Изучить диаграмму фазового равновесия железоуглеродистых сплавов.

Студент должен

*знать:* - принципы построения диаграмм состояния;

- основные компоненты, фазы и структурные составляющие системы;
- фазовый состав сплавов на разных участках диаграммы «железо-цементит»;
- классификацию сталей и чугунов по содержанию в них углерода

*уметь:* - проводить исследования и испытания металлов.

### Теоретическое обоснование

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

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

диаграммы состояния сплавов железа—углерод: цементитная и графитная.

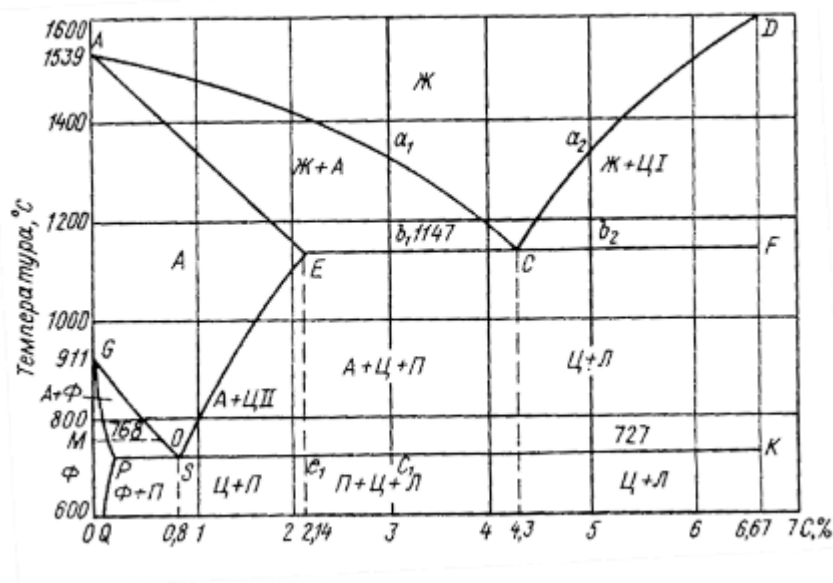


Рис.4. Диаграмма состояния «железо-цементит».

На рис. 4 приведен упрощенный вид цементитной диаграммы. Наибольшее количество углерода по диаграмме (6,67%) соответствует массовому содержанию углерода в химическом соединении — цементите. Следовательно, компонентами, составляющими сплавы этой системы, будут, с одной стороны, чистое железо Fe, с другой — цементит  $\text{Fe}_3\text{C}$ .

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

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

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

В области диаграммы  $AGSE$  находится аустенит (А). При охлаждении сплава аустенит распадается с выделением по линии  $GS$  феррита (Ф) — твердого раствора углерода в  $\alpha$ -железе, а по линии  $SE$  — цементита. Этот цементит, выпадающий из твердого раствора, называется вторичным (ЦII) в отличие от первичного цементита (ЦИ), выпадающего из жидкого раствора. В области диаграммы  $GSP$  находится смесь двух фаз — феррита (Ф) и распадающегося аустенита (А), а в области  $SEe_1$  — смесь вторичного цементита и распадающегося аустенита. В точке S при массовом содержании углерода 0,8 % и при температуре 727 °С весь аустенит распадается и одновременно кристаллизуется тонкая механическая смесь феррита и цементита — эвтектоид (т. е. подобный эвтектике), который в этой системе называется перлитом (П). Сталь, содержащая 0,8 % С, называется эвтектоидной, менее 0,8 % — доэвтектоидной, от 0,8 до 2,14 % С — заэвтектоидной.

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

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

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

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

Ликвация- неоднородность химического состава сплавов, возникающая при кристаллизации.

### **Ход работы**

1. Изучить теоретическое обоснование.
2. Распечатать рабочую тетрадь для индивидуального использования (приложение №1).
3. Выполнить задания практического занятия №2 в рабочей тетради.
4. Провести самопроверку выполненного задания.
5. Сдать оформленную работу на проверку преподавателю в установленный срок.

### **Практическое занятие №3.**

#### **Тема: «Термическая обработка металлов».**

Цель: изучить основные виды термической и химико-термической обработки металлов и сплавов.

Студент должен

знать: - основные виды термической и химико-термической обработки сталей;  
- классификацию сталей и чугунов по содержанию в них углерода

уметь: - назначать оптимальные режимы термической обработки металлов.

### Теоретическое обоснование

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

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

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

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

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

При нормализации сталь после нагрева охлаждается не в печи, а на воздухе в цехе, что экономичнее. Нагрев ведется до полной перекристаллизации (на 30-50 °С выше точек  $A_{с3}$  и  $A_{сг}$ ); в результате нормализации сталь приобретает мелкозернистую и однородную структуру. Твердость и прочность стали после нормализации выше, чем после отжига. Структура низкоуглеродистой стали после нормализации ферритно-перлитная, но более дисперсная, чем после отжига, а у средне- и высокоуглеродистой сталей — сорбитная; нормализация может заменить для первой отжиг, а для вторых — закалку с высоким отпуском. Часто нормализацией улучшают структуру перед закалкой.

Целью закалки и отпуска стали является повышение твердости и прочности. Закалка и отпуск стали необходимы для очень многих деталей и изделий. Закалка основана на перекристаллизации при нагреве и предотвращении перехода аустенита в перлит путем быстрого охлаждения. При закалке применяют различные способы охлаждения в зависимости от марки стали, формы и размеров заготовки. Различают :простую закалку в

одном охладителе (чаще всего в воде или водных растворах), ступенчатую закалку, прерывистую закалку, при которой заготовку охлаждают последовательно в двух средах; изотермическую закалку (закалку в горячих средах), а также поверхностную закалку (закалку токами высокой частоты, закалку при помощи газовой горелки).

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

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

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

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

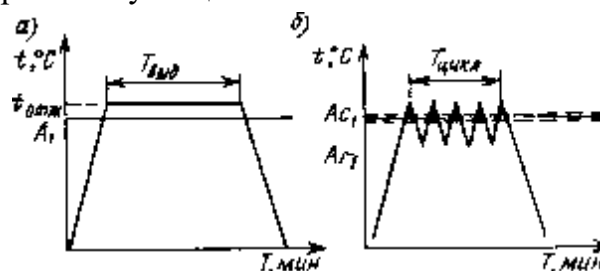


Рис.5.

Схема термоциклической обработки стали и чугуна (рис. 5, б) состоит в нагреве до температуры на 30-50 °С выше точки  $Ac_1$  охлаждении (без выдержки) до температуры на 80-100 °С ниже точки затем 3-7-кратном повторении цикла нагрев—охлаждение ( $T_{цикл}$ ) и последующем полном охлаждении с той или иной скоростью.

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

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

#### *Химико-термическая обработка металлов и сплавов.*

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

Целью химико-термической обработки является получение поверхностного слоя стальных изделий, обладающего повышенными твердостью, износостойчивостью,



жаростойкостью или коррозионной стойкостью. Для этого нагретые заготовки подвергают воздействию среды, из которой путем диффузии в поверхностный слой заготовок переходят нужные для получения заданных свойств элементы: углерод, азот, алюминий, хром, кремний и др.

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

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

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

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

Цементированные заготовки подвергают однократной или двойной закалке и низкому отпуску.

Цель азотирования — придание поверхностному слою деталей высокой твердости, износостойкости и коррозионной стойкости. Азотирование осуществляется при выделении активного азота из диссоциирующего аммиака:  $2\text{NH}_3 \longrightarrow 2\text{N} + 3\text{H}_2$ .

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

Перед азотированием заготовки подвергают закалке и высокому отпуску.

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

Жидкостное цианирование производится в ваннах с расплавами цианистых солей  $[\text{NaCN}, \text{KCN}, \text{Ca}(\text{CN})_2]$  и др. при температуре, достаточной для разложения их с выделением активных атомов С и N.

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

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

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

низкотемпературное, применяют для обработки инструментов из быстрорежущей стали.

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

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

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

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

Диффузионное хромирование производится в порошковых смесях, составленных из феррохрома и шамота, смоченных соляной кислотой, или в газовой среде при разложении паров хлорида хрома  $\text{CrCl}_2$ . Хромированию подвергаются в основном стали с массовым содержанием углерода не более 0,2 %. Хромированный слой низкоуглеродистой стали незначительно повышает твердость, но обладает большой вязкостью, что позволяет подвергать хромированные детали сплющиванию, прокатке и т. п. Хромированные детали имеют высокую коррозионную стойкость в некоторых агрессивных средах (азотной кислоте, морской воде). Это позволяет заменять ими детали из дефицитной высокохромовой стали.

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

### **Ход работы**

1. Изучить теоретическое обоснование.
2. Распечатать рабочую тетрадь для индивидуального использования (**приложение №1**).
3. Выполнить задания практического занятия **№3** в рабочей тетради.
4. Провести самопроверку выполненного задания.
5. Сдать оформленную работу на проверку преподавателю в установленный срок.

## Практическое занятие №4.

### Тема: «Стали и чугуны»

Цель: изучить основные виды железоуглеродистых сплавов.

Студент должен

*знать:* - *постоянные примеси в сталях и чугунах;*

- основные виды сталей и чугунов;
- классификацию сталей и чугунов по содержанию в них углерода и легирующих добавок

*уметь:* - расшифровывать маркировку сталей и чугунов.

### Теоретическое обоснование

Основные железоуглеродистые сплавы: стали и чугуны.

Необходимо обратить внимание на то, что сталь является многокомпонентным сплавом, содержащим углерод и ряд постоянных или технологических примесей: Мп, Si, S, P, O, H, N и др., влияющих на ее свойства.

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

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

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

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

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

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

Присутствие в стали марганца практически исключает явление красноломкости.

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

Фосфор является вредной примесью, и содержание его в зависимости от качества стали допускается не более 0,025—0,045 %. Каждая 0,01% Р повышает порог хладноломкости стали на 20-25<sup>0</sup>С.

Способность фосфора к сегрегации по границам зерен также способствует охрупчиванию стали

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

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

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

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

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

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

У г л е р о д и с т а я с т а л ь о б ы к н о в е н н о г о к а ч е с т в а по ГОСТ 380-94 выпускается горяче- и холоднокатаная, в виде заготовок с установок непрерывной разливки, труб, поволоки и штамповок, ленты, проволоки следующих марок: СтО, Ст1кп, Ст1пс, Ст1сп, Ст2кп, Ст2пс, Ст2сп, Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс, Ст3Гсп, Ст4кп, Ст4пс, Ст4сп, Ст5пс, Ст5сп, Ст6пс, Ст6сп.

Буквы Ст обозначают сталь, цифры — условный номер марки в зависимости от химического состава стали и механических свойств, однако номер в этих сталях не указывает численно массового содержания углерода.

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

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

У г л е р о д и с т а я к а ч е с т в е н н а я с т а л ь выпускается горячекатаная и кованая (ГОСТ 1050-88) марок 05кп, 08кп, 08пс, 08, 10кп, 10пс, 10, 11кп, 15пс, 15, 18кп, 20кп, 20пс, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 58 (55ПП) и 60. Двухзначные цифры в марке означают среднее массовое содержание углерода в сотых долях процента.

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

Кипящие стали имеют небольшую прочность и высокую пластичность, их в основном прокатывают в тонкий лист, из которого методом холодной штамповки получают детали

глубокой вытяжки, например, сталь 08кп применяют для штамповки деталей кузовов автомобилей.

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

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

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

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

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

ГОСТ 1412-85 устанавливает следующие марки СЧПГ в отливках: СЧ10, СЧ15, СЧ18, СЧ20, СЧ21, СЧ24, СЧ25, СЧ30, СЧ35. Число при маркировке указывает временное сопротивление при растяжении (кгс/мм<sup>2</sup>). Механические свойства чугуна обусловлены строением его основы, а также числом, формой и характером расположения включений графита. Наиболее высокой прочностью обладает перлитный чугун, содержащий графит в виде мелких, равномерно рассеянных пластинок.

Высшие марки СЧПГ (СЧ30, СЧ35) получают при модифицировании. Эти чугуны обладают также лучшей стойкостью против трещин, меньшей хрупкостью. В модифицированном чугуне содержится 2,6-3,2 % С и 1,1-1,6 % Si.

Получение отливок из высокопрочного чугуна обеспечивается при модифицировании, дающем структуру глобулярного (шаровидного) графита вместо пластинчатого. Такая форма графита получается при присадках в жидкий чугун магния или лигатурами (например, 20 % Mg + 80 % Ni). У высокопрочного чугуна — ферритная

или перлитная основа (или их сочетание); он имеет повышенную пластичность  $\delta = 2 \text{ н} - 17 \text{ \%}$  (у СЧПГ 0,2-0,5 %), а также ударную вязкость  $KC = 200 + 600 \text{ кДж/м}^2$  (у СЧПГ 20-50 кДж/м<sup>3</sup>).

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

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

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

**К о в к и й ч у г у н** - условное название мягкого и вязкого чугуна, получаемого из белого чугуна отливкой и дальнейшей термической обработкой; его не коуют, но он достаточно пластичен в противоположность серому чугуну, поэтому его называют ковким.

Свойства ковкого чугуна зависят от размера графитовых включений, но прежде всего они определяются структурой его металлической основы. В зависимости от состава и микроструктуры металлической основы ковкий чугун делится на **ф е р р и т н ы й** (Ф) и **п е р л и т н ы й** (П) классы. ГОСТ 1215-79 установлены следующие марки ковкого чугуна в отливках: КЧ30-6, КЧ33-8, КЧ35-10, КЧ37-12 — ферритного класса, характеризующиеся ферритной или ферритно-перлитной ( $\Phi + 3 + 10 \text{ \%}$  перлита) микроструктурой металлической основы; КЧ45-7, КЧ50-5, КЧ55-4, КЧ60-3, КЧ65-3, КЧ70-2, КЧ80-1,5 — перлитного класса, характеризующиеся в основном перлитной микроструктурой металлической основы ( $\Pi + + 0 + 20 \text{ \%}$  феррита). Первая цифра по маркировке указывает минимальный предел прочности (кгс/мм<sup>2</sup>), вторая — минимальное относительное удлинение.

Чугуны для отливок марок КЧ30-6 и КЧ33-8 плавят в вагранке; для отливок других марок применяют двойную плавку: вагранку - электропечь для марок КЧ35-10, КЧ45-7, КЧ50-5, КЧ55-4, КЧ60-3 и электропечь - электропечь для марок КЧ37-12, КЧ65-3, КЧ70-2, КЧ80-1,5.

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

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

углеродистая сталь часто не отвечает повышенным требованиям машиностроения, инструментального производства и строительства.

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

Легированную сталь классифицируют по следующим признакам:

- числу введенных легирующих элементов (тройная и сложнолегированная);
- суммарному массовому содержанию легирующих элементов (низко-, средне-, высоколегированная);
- характеру взаимодействия легирующих элементов с железом и с углеродом;
- структуре в отожженном и нормализованном состояниях;
- качеству на качественную (массовое содержание серы и фосфора не более 0,035 % каждого), высококачественную (не более 0,025 % каждого) и особовысококачественную (не более 0,015 % S и 0,025 % P),
- назначению и применению (конструкционные (общего и специального назначения и с особыми свойствами) и инструментальные).

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

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

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

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

Для стали к о н с т р у к ц и о н н о й легированной принята маркировка, по которой первые две цифры указывают среднее массовое содержание углерода в сотых долях процента, если сталь содержит менее 0,1 % углерода, то первая цифра ноль, например 08, 05. Буквы в маркировке указывают наличие соответствующих легирующих элементов, а цифры, следующие за буквами, — процентное массовое содержание этих элементов в стали. Если за какой-либо буквой отсутствует цифра, то это значит, что сталь содержит данный элемент в количестве до 1,5 %, кроме элементов, присутствующих в малых

количествах (для комплексно-легированных сталей). Например, марка 35Х обозначает хромовую сталь с массовым содержанием С около 0,35 % и Сг до 1,5 %; 45Г2 — марганцевую сталь с массовым содержанием С около 0,45 % и Мп около 2 %; марка 33ХНЗМФА — сталь, содержащую 0,33-0,4 % С, 1,2- 1,6 % Сг, 3,0-3,5 % Ni, 0,35-0,45 % Мо, 0,1-0,18 % V, а также 0,25- 0,5 % Мп, не указанного по маркировке, букву А в конце маркировки используют для обозначения высококачественной стали. Для обозначения особовысококачественной стали в конце маркировки ставят букву Ш (через дефис), например, 30ХГС-Ш.

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

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

### **Ход работы**

1. Изучить теоретическое обоснование.
2. Распечатать рабочую тетрадь для индивидуального использования (**приложение №1**).
3. Выполнить задания практического занятия **№4** в рабочей тетради.
4. Провести самопроверку выполненного задания.
5. Сдать оформленную работу на проверку преподавателю в установленный срок.

### **Практическое занятие №5.**

#### **Тема: «Материалы с особыми электрическими свойствами»**

Цель: изучить основные виды железоуглеродистых сплавов.

Студент должен

*знать:* - *постоянные примеси в сталях и чугунах;*

- основные виды сталей и чугунов;

- классификацию сталей и чугунов по содержанию в них углерода и легирующих добавок

*уметь:* - расшифровывать маркировку сталей и чугунов.

#### **Теоретическое обоснование**

Изучение материалов с особыми электрическими свойствами целесообразно начать с принципа деления материалов на проводники, полупроводники и диэлектрики.

Затем рассмотреть их виды, свойства и применение. При изучении проводников необходимо дать их сравнительную характеристику.

Материалы высокой проводимости - это проводниковые материалы с удельным электросопротивлением при нормальных условиях не более  $0,1 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ . Их применяют в электротехнике, приборостроении для изготовления обмоточных



и монтажных проводов, различных токоведущих частей и др. Эти материалы должны обладать следующими свойствами : малым уд. эл.сопротивлением, высокими механическими свойствами, хорошими технологическими параметрами, стойкостью против коррозии.

Их делят по группам :

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

→ уд. эл. сопротивление от  $0,016 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$  до  $0,120 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$  →

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

Алюминий дешевле меди, менее дефицитен, легче меди и стоек к окислению.

Преимущество алюминия – возможность анодного оксидирования (анодирования).

Алюминий применяют для проводов воздушных линий электропередач, в распределительных устройствах, для кабелей, обмоток трансформаторов, электромагнитов и др.

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

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

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

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

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

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

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

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

### Ход работы

1. Изучить теоретическое обоснование.
2. Распечатать рабочую тетрадь для индивидуального использования (**приложение №1**).
3. Выполнить задания практического занятия **№6** в рабочей тетради.
4. Провести самопроверку выполненного задания.
5. Сдать оформленную работу на проверку преподавателю в установленный срок.

## **Практическое занятие №6.**

### **Тема: «Неметаллические конструкционные материалы»**

Цель: изучить основные виды неметаллических конструкционных материалов, область их применения.

Студент должен

*знать:* - основные виды неметаллических конструкционных материалов;

- классификацию, состав, свойства и область применения пластмасс, резин;

*уметь:* - *распознавать* и классифицировать конструкционные материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;

- определять виды конструкционных материалов;

- выбирать материалы для конструкций по их назначению и условиям

## Теоретическое обоснование

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

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

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

Основой неметаллических материалов являются полимеры, главным образом синтетические.

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

Преимущества пластмасс перед металлическими материалами:

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

удельная механическая прочность, снижение затрат на изготовление.

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

Основой пластмасс являются смолы - высокомолекулярные органические соединения (эпоксидные, кремнийорганические, фенолформальдегидные).

В зависимости от поведения смолы при нагреве пластмассы делят на :

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

В зависимости от наполнителя пластмассы делят на:

композиционные ( порошкообразные и волокнистые) и слоистые.

К порошкообразным относятся :

- пресспорошки (наполнитель – древесная мука)
- графитопласты ( наполнитель – графит)
- аминопласты (наполнит.- целлюлоза.

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

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

**Резина** - это продукт химической переработки каучуков, получаемый в результате вулканизации.

Натуральный каучук НК ( из каучуконосного растения гевея) легко растворяется в эфире, минеральных маслах и не растворяется в воде. При  $90^{\circ}\text{C}$  он размягчается, становится липким, ниже нуля - твердым и хрупким.

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

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

Для повышения механической прочности и износостойчивости в состав резин вводят : наполнитель (сажа,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ , мел, каолин), ускоритель вулканизации, пластификаторы для повышения пластичности и морозостойкости ( стеарин, олеиновая кислота, парафин), мягчители, противостарители – против окисления кислородом воздуха ( парафин, вазелин), красители ( охра, ультрамарин).

Резины общего назначения изготавливают на основе НК, СКБ, СКС, СКИ . Они могут работать в среде воды, воздуха, слабых растворах кислот и щелочей при температурах от  $-35^{\circ}\text{C}$  до  $130^{\circ}\text{C}$ .

Резины специального назначения: маслобензостойкие, теплостойкие, морозостойкие, износостойкие, электротехнические (электроизоляционные и электропроводящие).

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

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

В состав стекла для получения ситаллов входят  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$  и др. В качестве нуклеаторов применяют соли светочувствительных металлов Au, Ag, Cu ; фтористые и фосфатные соединения ;  $\text{TiO}_2$  и др.

Виды ситаллов : фотоситаллы получают из стекол литиевой системы с нуклеаторами, термоситаллы получают из стекол систем  $\text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$  с добавкой  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{FeS}$  и др., шлакоситаллы получают на основе доменных шлаков с добавкой сульфатов, порошков железа. Также вводят Фтор для усиления кристаллизации.

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

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

Применяются также вспомогательные конструкционные материалы: смазочные масла, лаки, краски, клеи, герметики, древесина и др.

### **Ход работы**

1. Изучить теоретическое обоснование.
2. Распечатать рабочую тетрадь для индивидуального использования (**приложение №1**).
3. Выполнить задания практического занятия **№5** в рабочей тетради.
4. Провести самопроверку выполненного задания.
5. Сдать оформленную работу на проверку преподавателю в установленный срок.

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

Саратовский колледж машиностроения и энергетики федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский  
государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

**РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ  
ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ  
по МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЮ**

Студента \_\_\_\_\_ курса, группы \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
профессия (специальность)

\_\_\_\_\_  
ФИО студента

E-mail \_\_\_\_\_

Саратов 2022

**Практическое занятие №1.**  
**Тема: «Строение и свойства металлов».**

**о 1.1. Дайте определение:**

Металлы это \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

➤ **1.2. Приведите примеры по различным признакам классификации металлов:**

1. Приведите примеры:  
чёрных металлов и сплавов \_\_\_\_\_  
цветных металлов и сплавов \_\_\_\_\_  
укажите признаки классификации \_\_\_\_\_  
2. Приведите примеры:  
легкоплавких металлов \_\_\_\_\_  
тугоплавких металлов \_\_\_\_\_  
укажите признаки классификации \_\_\_\_\_  
3. Приведите примеры:  
тяжёлых металлов \_\_\_\_\_  
лёгких металлов \_\_\_\_\_  
укажите признаки классификации \_\_\_\_\_  
4. Приведите примеры:  
чистых металлов \_\_\_\_\_  
сплавов \_\_\_\_\_  
укажите признаки классификации \_\_\_\_\_

➤ **1.3. Укажите латинское и русское название металлов:**

Например: Fe – Ferrum – железо

Cu – _____	Al – _____
Mg – _____	Ti – _____
Fe – _____	Zn – _____
Pb – _____	Sn – _____
Ni – _____	Cr – _____

**о 1.4. Подчеркните правильное утверждение:**

- все металлы имеют аморфное строение;
- все металлы имеют кристаллическое строение;
- все металлы в твёрдом состоянии имеют кристаллическое строение;
- только конструкционные металлы имеют в твёрдом состоянии кристаллическое строение, остальные аморфное.

**о 1.5. Зачеркните неправильные утверждения, кристаллы это**

- прозрачные тела;
- твёрдые тела, имеющие правильную форму;
- твёрдые тела, атомы которых расположены в определённой последовательности.

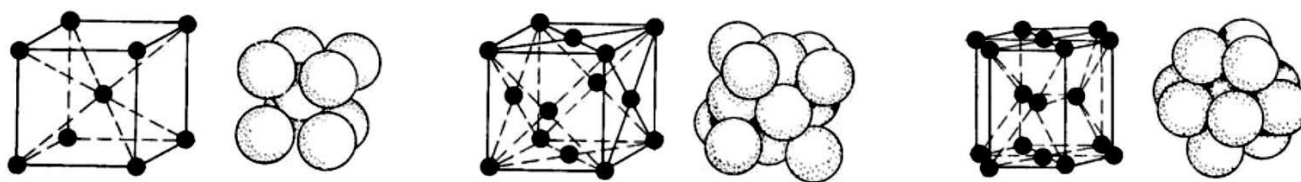
➤ **1.6. Расшифруйте аббревиатуры элементарных ячеек:**

ОЦК \_\_\_\_\_  
ГЦК \_\_\_\_\_  
ГПУ \_\_\_\_\_

**о 1.7. Дайте определение:**

Элементарная кристаллическая ячейка это \_\_\_\_\_

➤ 1.8. Подпишите элементарные кристаллические ячейки:

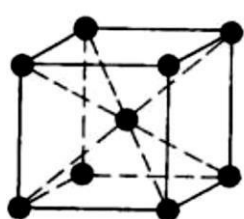


✓ 1.9. Дайте определение:

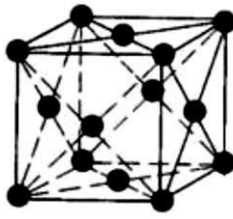
Изотропия - это \_\_\_\_\_

Анизотропия - это \_\_\_\_\_

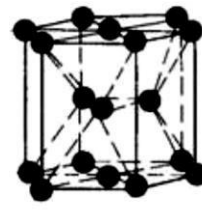
✓ 1.10. Линиями сопоставьте элементарные кристаллические решётки и металлы:



( $\gamma$ -Fe, Ni, Al, Cu, Au, Ag)

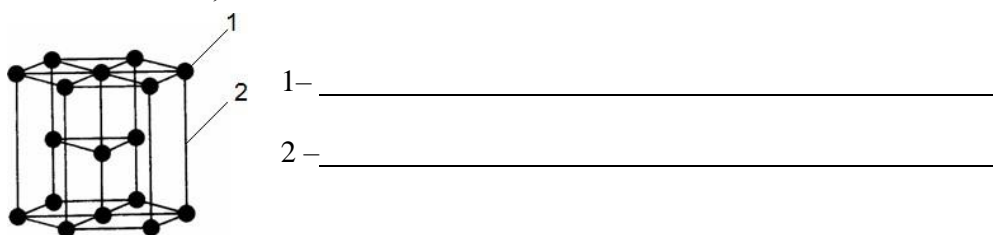


(Mg, Zn, Cd)

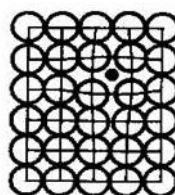
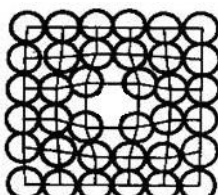
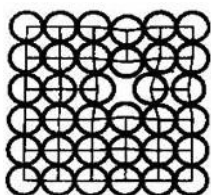


( $\alpha$ -Fe, Cr, V, Mo, W).

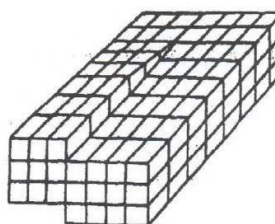
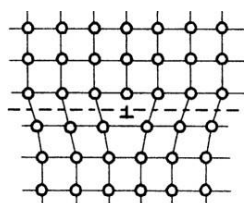
о 1.11. Подпишите, что обозначают элементы ячейки:



о 1.12. Подпишите вид точечного дефекта:



о 1.13. Подпишите вид линейного дефекта:





о 1.14. Дайте определение:

Сплавы это \_\_\_\_\_

о 1.15. Выберите правильный ответ, структурными элементами сплава называют:

1. ингредиенты; 2. компоненты; 3. коэффициенты. 4. элементы.

✓ 1.16. Дайте характеристику фазам сплавов:

Механическая смесь \_\_\_\_\_

Твёрдый раствор \_\_\_\_\_

Химический элемент \_\_\_\_\_

о 1.17. Перечислите сплавы:

на основе железа \_\_\_\_\_

на основе меди \_\_\_\_\_

на основе алюминия \_\_\_\_\_

о 1.18. Подчеркните группы свойств синонимы:

служебные; физические; технологические; эксплуатационные; химические; механические.

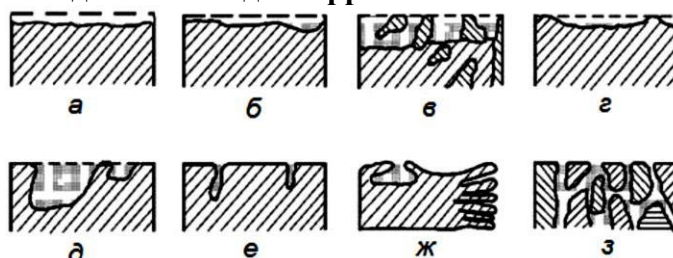
о 1.19. Стрелками сопоставьте металлы и образующиеся на них коррозии:

Медь	ржавчина
Сталь	серый налёт
Алюминий	оксидная плёнка
Свинец	патина

о 1.20. Подчеркните наиболее правильное утверждение:

- коррозия возникает только в результате взаимодействия металлов с жидкостями;
- коррозия возникает только в результате взаимодействия металлов с газами;
- коррозия возникает только в результате взаимодействия металлов с атмосферой;
- коррозия возникает при взаимодействии металлов с окружающей его средой.

❖ 1.21. Определите и подпишите виды коррозии металлов:



а – _____	д – _____
б – _____	е – _____
в – _____	ж – _____
г – _____	з – _____

❖ 1.22. Подпишите и характеризуйте металлические покрытия, как способы защиты металлов от коррозии:

Металлические покрытия	

➤ 1.23. Дайте определение:

Воронение металлов это \_\_\_\_\_

о 1.24. Опишите процесс воронения металла \_\_\_\_\_

➤ 1.25. Вычеркните три свойства, не относящиеся к механическим:

Твёрдость Износостойкость Усталость Прочность Ударная вязкость  
Упругость Плотность Пластичность Хладостойкость

о 1.26. Впишите определяемое понятие

\_\_\_\_\_ – это изменение формы и размеров под действием нагрузок.

➤ 1.27. Запишите, какое механическое свойство определяется методами Бринелля, Роквелла, Виккерса. \_\_\_\_\_

✓ 1.28. Решите ребусы:



-----



-----

✓ 1.28. Задание «СаМый - сАмЫй». Впишите подходящие металлы и их обозначения

самый ... металл	самый ... металл
твёрдый	мягкий
тугоплавкий	лёгкоплавкий
тяжёлый	лёгкий
дорогой	дешёвый

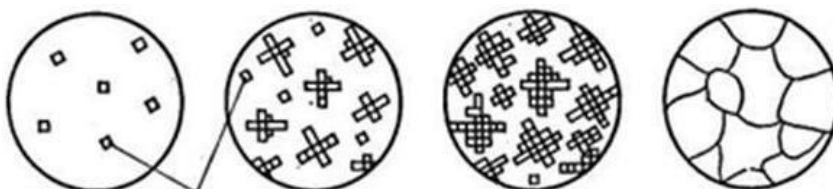
распространённый	редкий
------------------	--------

- о 1.29. Правильное подчеркните. К какой группе свойств, относиться свариваемость металлов?

Механическим; физическим; химическим; технологическим.

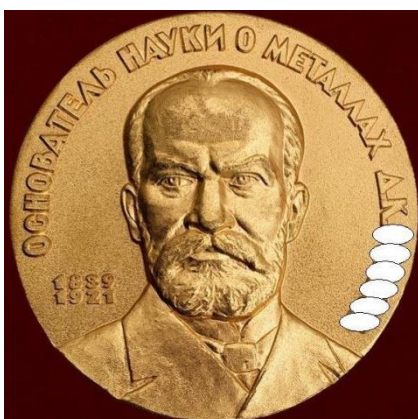
- 1.30. По диаграмме (рис.1), определите и запишите температуру плавления чистого железа. \_\_\_\_\_ °С.

- ❖ 1.31. Определите и подпишите, какой процесс показан на рисунке?



- о 1.32. Его называют дендритным

- 1.33. Запишите в белые овалы золотой медали фамилию отечественного учёного.

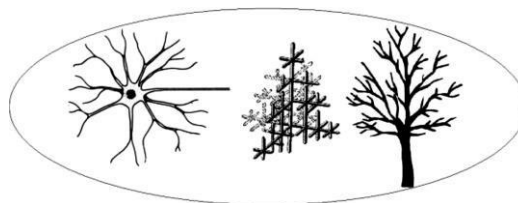


Изучавшего и полностью описавшего процесс кристаллизации сплавов.

Которого по праву называют отцом металловедения.

Данная медаль с оттиском его портрета присуждена ему за заслуги в области науки.

- ✓ 1.34. Напишите греческое слово объединяющее дерево, нервную клетку и кристалл



- ✓ 1.35. Что изображено на рисунке? И кому данная вещь принадлежит?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Практическое занятие №2.

### Тема: «Диаграмма состояния «железо – цементит».

- 2.1. Заштрихуйте на диаграмме участки первичной кристаллизации сплавов.

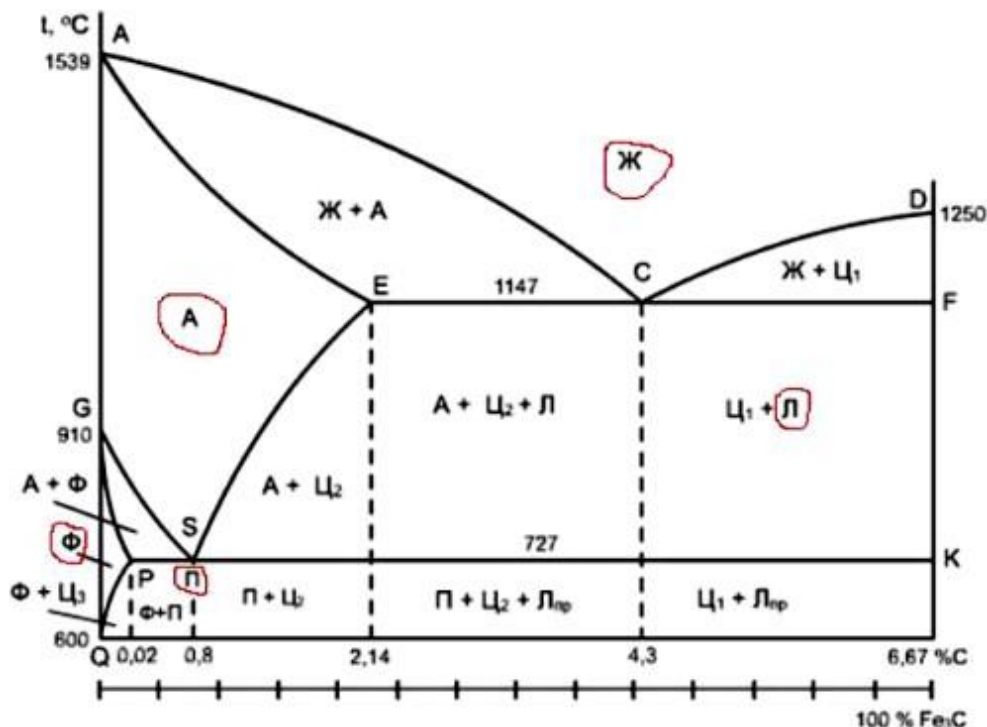


Рис. 1. Диаграмма «Fe-Fe<sub>3</sub>C»

- 2.2. Подпишите название следующих линий диаграммы (рис.1):

ACD- \_\_\_\_\_  
AECF- \_\_\_\_\_

- ❖ 2.3. Подпишите обозначение фаз диаграммы (рис.1):

А- \_\_\_\_\_; Ж- \_\_\_\_\_;  
Ф- \_\_\_\_\_; П- \_\_\_\_\_;  
Л- \_\_\_\_\_; Fe<sub>3</sub>C (Ц) - \_\_\_\_\_.

- ❖ 2.4. Укажите на диаграмме точки эвтектического превращения (\_\_\_\_) и эвтектоидного превращения (\_\_\_\_).

- 2.5. Укажите минимальную температуру существования аустенита: \_\_\_\_\_

- 2.6. На диаграмме продолжите одну из линий 1, 2, 3 (сверху), которая, по вашему мнению, разделяет сталь от чугуна, а также укажите значение концентрации углерода по данной линии разграничения \_\_\_\_\_ %C (рис.2).



## Практическое занятие №3.

### Тема: «Термическая обработка металлов».

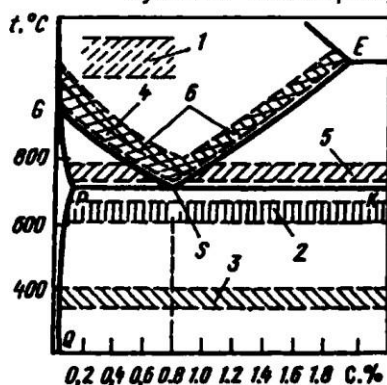
#### ○ 3.1. Дайте определение.

Термическая (тепловая) обработка это \_\_\_\_\_

#### ❖ 3.2. По диаграмме определите и запишите, виды отжига стали:

### Отжиг стали

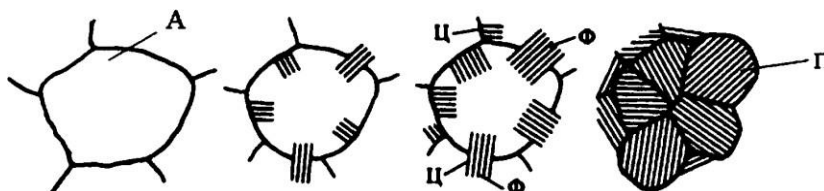
Отжиг стали проводят для получения требуемой равновесной структуры с минимальной твердостью, с целью дальнейшей обработки получаемых деталей резанием. Изделие нагревают до нужной температуры и охлаждают вместе с печью.



Области нагрева стали при отжиге:

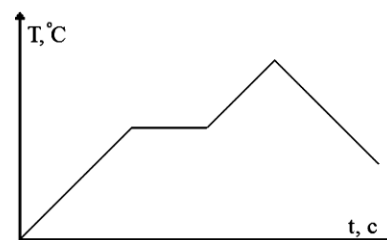
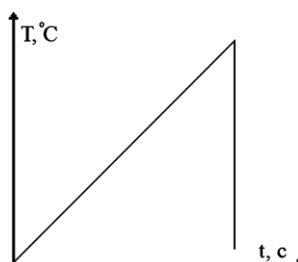
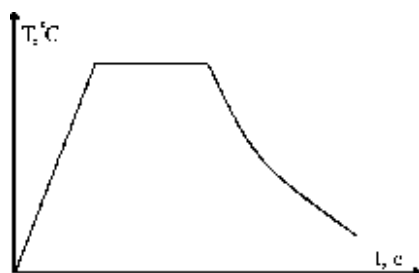
- 1 – \_\_\_\_\_
- 2 – \_\_\_\_\_
- 3 – \_\_\_\_\_
- 4 – \_\_\_\_\_
- 5 – \_\_\_\_\_
- 6 – \_\_\_\_\_

#### ➤ 3.3. На рисунке изображены структурные превращения в эвтектоидной стали при полном отжиге, определите и запишите изображённые фазы стали.



A- \_\_\_\_\_; П- \_\_\_\_\_;  
Ф- \_\_\_\_\_; Ц - \_\_\_\_\_

#### ➤ 3.4. Пометьте, какой из представленных графиков характеризует термообработку металлов.



- 3.5. Запишите, для чего предназначена термическая обработка.

---

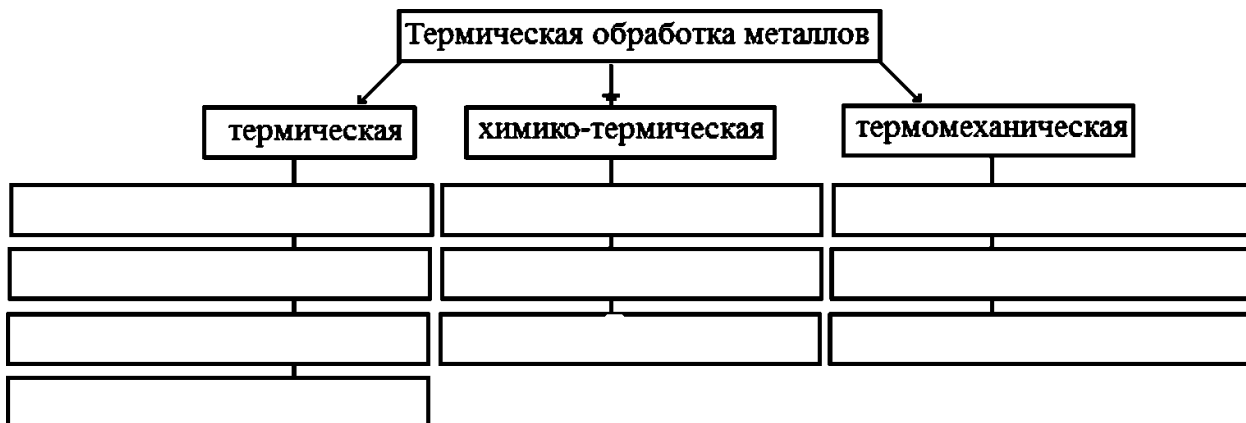


---



---

- 3.6. Заполните схему «Виды термической обработки»:

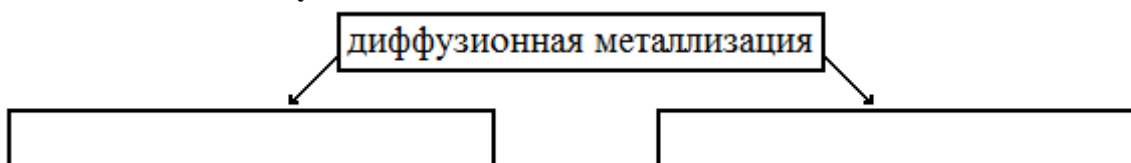


- 3.7. Определите понятие:

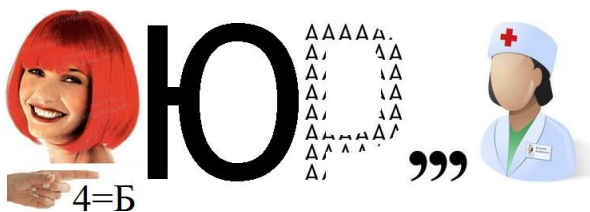
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

обработка – это упрочняющая термическая обработка металлопродукции при сверхнизких температурах (ниже минус 153°C).

- 3.6. Заполните схему:



- ✓ 3.7. Решите ребус.



(!подсказка: отдаёт углерод!)

---

- 3.8. Дайте оценку свариваемости закаленной стали.

---

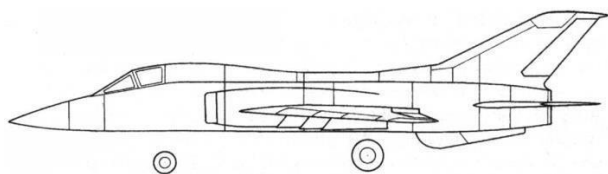


---

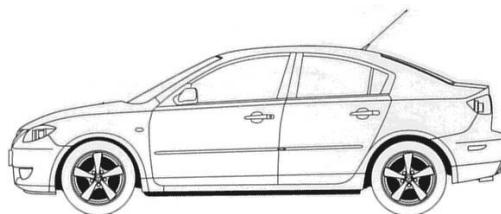
- ❖ 3.9. Запишите, какими веществами происходит насыщение металла при видах диффузионной термообработки и для чего они производятся.

Алитирование \_\_\_\_\_  
 Хромирование \_\_\_\_\_  
 Силицирование \_\_\_\_\_  
 Борирование \_\_\_\_\_  
 Сульфидирование \_\_\_\_\_  
 Сульфоцианирование \_\_\_\_\_

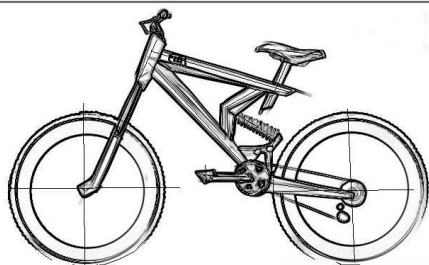
- **3.10. Расставьте по нумерации виды термообработки по скорости охлаждения.**  
 (№1 –наибольшая, №4 наименьшая).



№1



№2



№3

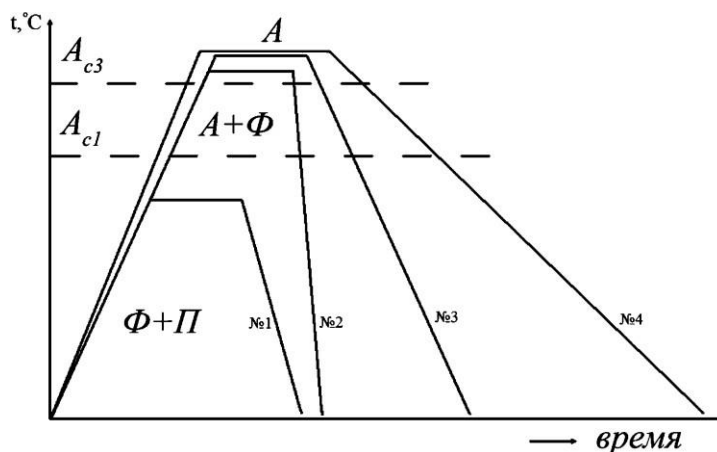


№4

- **3.11. Вставьте пропущенные свойства.**

При закалке стали, её \_\_\_\_\_увеличивается, а \_\_\_\_\_понижается

- ❖ **3.12. Определите по графику и подпишите вид термической обработки**



№1 \_\_\_\_\_; №2 \_\_\_\_\_;  
 №3 \_\_\_\_\_; №4 \_\_\_\_\_.

Что обозначают точки, каково их значение:

Ac1 \_\_\_\_\_,  
 Ac3, \_\_\_\_\_,

- **3.13. Подчеркните, правильный ответ: Старение в термообработке - это**

А) Процесс разрушения металла из-за его усталости.



Б) Поражение металла коррозией, угрожающее работоспособности.

В) Разновидность отпуска.

Г) Механическое свойство

➤ **3.14. Заполните второй столбец таблицы – расставьте значение температур**

Основные превращения в железоуглеродистых сплавах при медленном нагревании и охлаждении

Линия на диаграмме	Температура превращения, °C	Описание превращения	Обозначение критических точек
<b>PSK</b>		Превращение перлита в аустенит. Превращение аустенита в перлит	<b>Ac1, Ar1</b>
<b>MO</b>		Потери магнитных свойств для сталей с содержанием углерода до 0,5%. Возникновение магнитных свойств для тех же сталей.	<b>Ac2, Ar2</b>
<b>GS</b>		Окончание растворения феррита в аустените в доэвтектоидных сталях. Начало выделения феррита из аустенита в доэвтектоидных сталях.	<b>Ac3, Ar3</b>
<b>SE</b>		Окончание растворения цементита в аустените в заэвтектоидных сталях. Начало выделения цементита из аустенита в заэвтектоидных сталях.	<b>Acm, Arm</b>
<b>IE</b>	-	Начало плавления стали при нагреве. Окончание затвердевания стали при охлаждении	-
<b>ECF</b>	-	Начало плавления чугуна при нагреве. Окончание затвердевания чугуна при охлаждении	-

➤ **3.15. Заполните таблицу**

Дефекты при отжиге и нормализации		
Вид дефекта	Причины возникновения	Способы устранения
1		
2		
3		
4		
Дефекты при закалке		
1		
2		
3		
4		

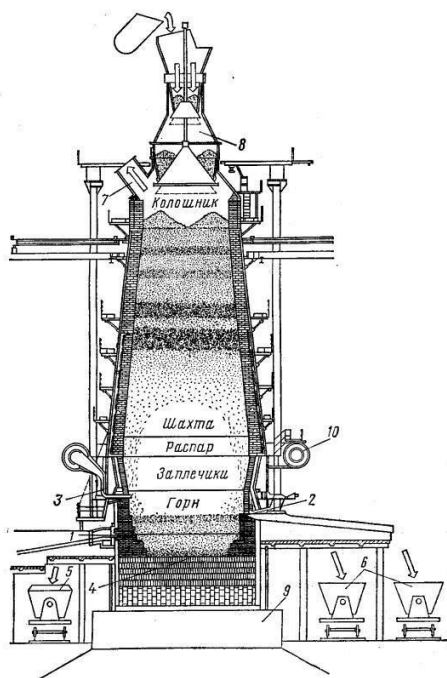
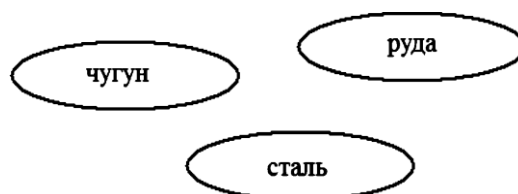
## Практическое занятие №4.

### Тема: «Стали и чугуны»

- ❖ 4.1. Вычеркните, что из перечисленного не является сырьём для выплавки чугуна.



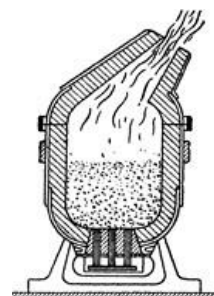
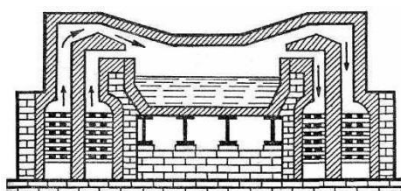
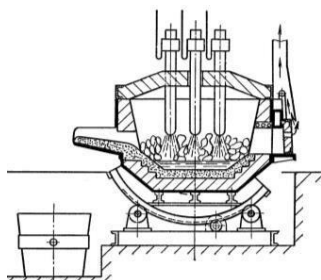
- 4.2. Укажите стрелками, что из чего получают:



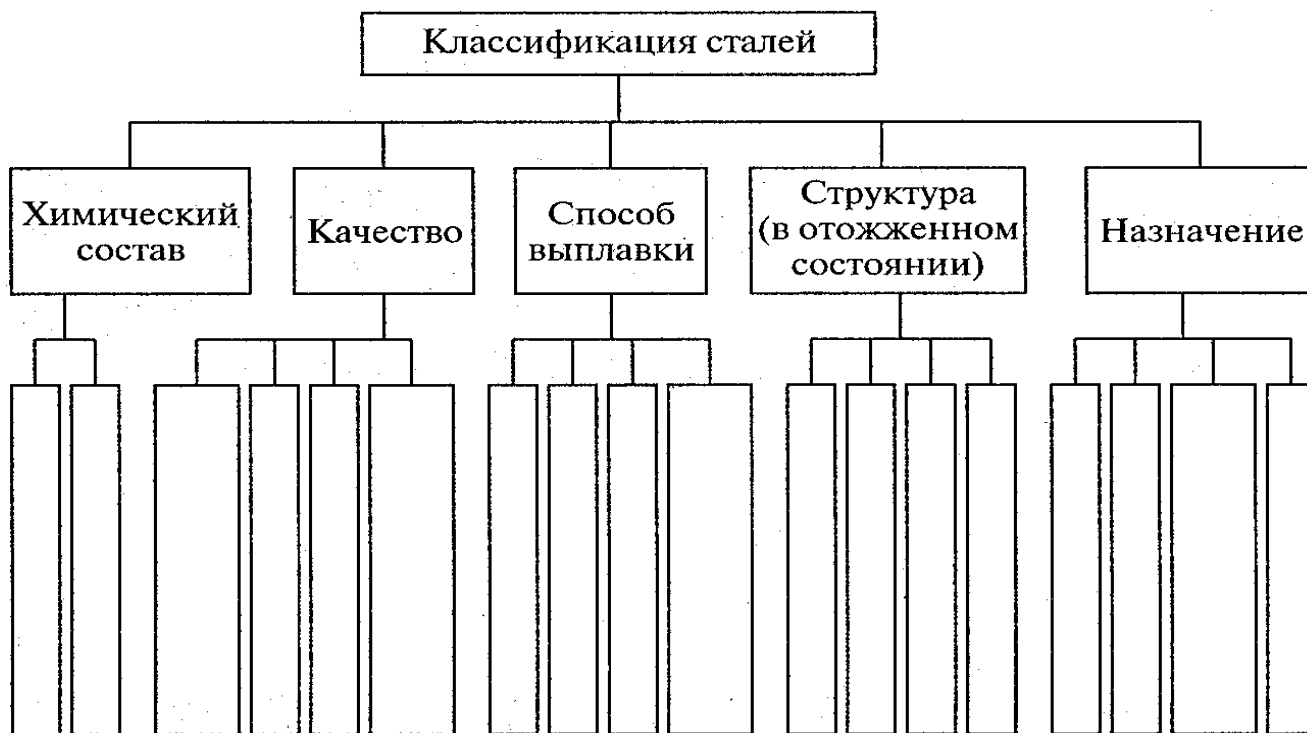
- 4.3. Запишите, как называется данная печь? \_\_\_\_\_

Для выплавки чего она применяется? \_\_\_\_\_

- ❖ 4.4. Подпишите печи для выплавки стали



❖ 4.5. Заполните схему



❖ 4.6. Стрелками сопоставьте микроструктуру и название чугуна.



серый  
чугун



высокопрочный  
чугун



ковкий  
чугун

❖ 4.7. Линиями сопоставьте металлы, вводимые в состав легированных сталей и их значения.

кобальт (Co)		повышает твёрдость и прочность
ниобий (Nb)		обеспечивает коррозионную стойкость и увеличивает прокаливаемость
хром (Cr)		повышает жаропрочность и увеличивает сопротивление удару
никель (Ni)		помогает улучшить кислотостойкость и уменьшает коррозию в сварных конструкциях

❖ 4.8. Расшифруйте маркировку конструкционной стали

СТ 45 \_\_\_\_\_

15XCHД \_\_\_\_\_

38XH3MA \_\_\_\_\_

❖ 4.9. Расшифруйте маркировку инструментальной стали

У10А \_\_\_\_\_

9ХВГ \_\_\_\_\_

Р6М5Ф3 \_\_\_\_\_

❖ 4.10. Расшифруйте маркировку нержавеющей сталей

03ХН28МДТ \_\_\_\_\_

03Х16Н15М3 \_\_\_\_\_

➤ 4.11. Стрелками, сопоставьте таблицы по свариваемости сталей.

С <sub>ЭК</sub> , %	Марки сталей	
	Углеродистые	Легированные
до 0,25	ВСт1; ВСт2; ВСт3; ВСт4; 15; 20; 25	15Г; 20Г; 15Х; 15ХА; 20Х; 15ХМ; 20ХГСА; 10ХСНД; 10ХГСНД; 15ХСНД
от 0,25 до 0,35	ВСт5; 30; 35	12Х2Н; 12ХН3А; 20ХН3А; 20ХН; 20ХГСА; 30Х; 30ХМ; 25ХГСА
от 0,35 до 0,45	ВСт6; 40; 45	35Г; 40Г; 45Г; 40Г2; 35Х; 40Х; 45Х; 40ХМФА; 40ХН; 30ХГС; 30ХГСА
свыше 0,45	50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 85	50Г; 50Г2; 50Х; 50ХН; 5ХН3МФА; ХГС; 6ХС; 7Х3

Группа свариваемости	Условия сварки
IV Плохая	Сварка с предварительным или сопутствующим подогревом и термообработкой по окончании сварки
III Ограниченная	Сварка с предварительным или сопутствующим подогревом до 250 °С, обязательным соблюдением режимов сварки
II Удовлетворительная	Сварка только при температуре окружающей среды не ниже -5 °С, толщине металла менее 20 мм и при отсутствии ветра
I Хорошая	Без ограничений, в широком диапазоне режимов сварки независимо от толщины металла, жесткости конструкций, температуры окружающей среды

❖ 4.12. Расшифруйте маркировку чугунов

ЛР6 \_\_\_\_\_

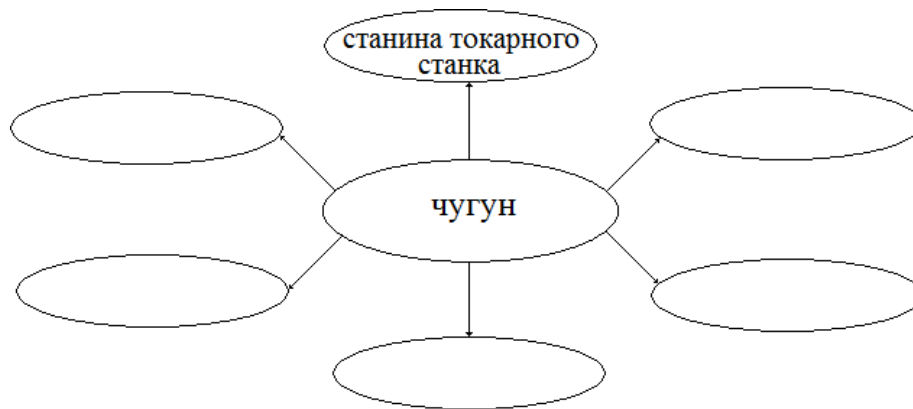
КЧ80-1.5 \_\_\_\_\_

ЧНЗХМДШ \_\_\_\_\_

ЧГ6СЗШ \_\_\_\_\_

АЧС-3 \_\_\_\_\_

✓ 4.13. Назовите пять изделий, изготовленных из чугуна



○ **4.14. Выберите и обведите правильный ответ. Лигатура – это:**

- вид сталей;
- свойство сталей;
- компонент, добавляемый в состав металлов для изменения его свойств;
- катализатор, применяемый при химических реакциях, во время плавки сплавов

➤ **4.15. Может ли железо находиться в природе в чистом виде, если да, то в качестве чего?**

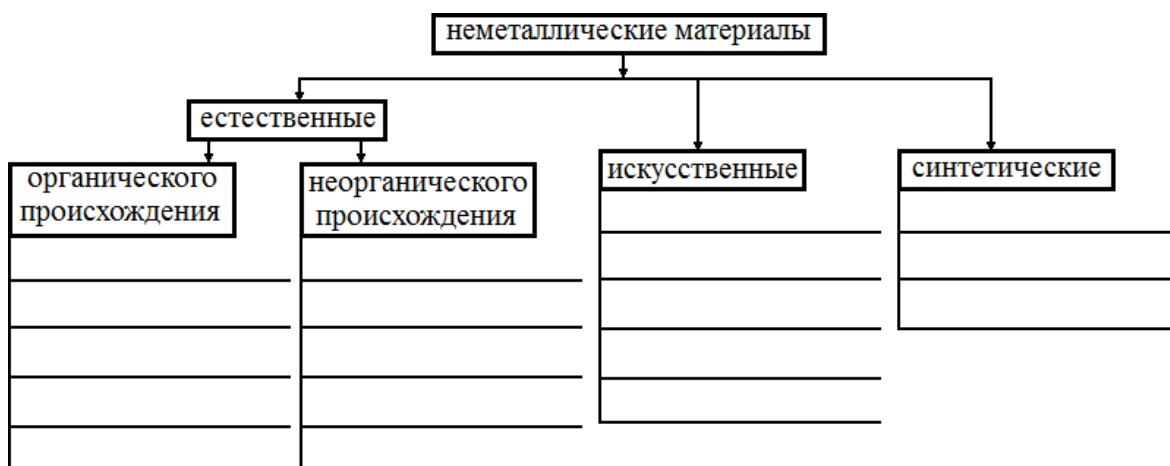
---

---

## Практическое занятие №5.

### Тема: «Неметаллические конструкционные материалы»

#### ➤ 5.1. Заполните схему:



#### ○ 5.2. Дайте определение. Пластмассы (пластические массы) - это \_\_\_\_\_

#### ➤ 5.3. Расставьте вид полимера согласно нумерации.

Линейный полимер			
1	Двухтяжёвый полимер	2	
Разветвленный полимер			
3	4		
5	6	7	
«Сшитый» полимер густо «сшитый»			
8	9	10	

в пространстве (трехмерный)	<input type="checkbox"/>
сверхразветвленный (дендимер)	<input type="checkbox"/>
гребнеобразный	<input type="checkbox"/>
спирополимер	<input type="checkbox"/>
полимерные щетки	<input type="checkbox"/>
в плоскости («паркетный»)	<input type="checkbox"/>
редко «сшитый»	<input type="checkbox"/>
звездообразный	<input type="checkbox"/>
лестничный	<input type="checkbox"/>
умеренно	<input type="checkbox"/>

➤ **5.4. Заполните таблицу**

состав сложных пластмасс		
компонент	назначение	что используют в качестве компонента
смола		
наполнители		
пластификаторы		
смазки		
стабилизаторы		
красители		
катализаторы		

○ **5.5. Охарактеризуйте вид пластмасс:**

Термореактивные \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Термопластические \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

➤ **5.6. Заполните таблицу.**

**Термопластические пластмассы**

пластмасса	сфера применения
полиэтилен	
полистирол	
поливинилхлорид (ПВХ)	
поликарбонат	
поликарбонаты	

**Термореактивные пластмассы**

пластмасса	сфера применения
фенопласты	
аминопласты	
стекловолокниты	
полиэстеры	
эпоксидная смола	

○ **5.7. Дайте определение. Резина это-** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

○ **5.8. Укажите основные свойства резины:** \_\_\_\_\_

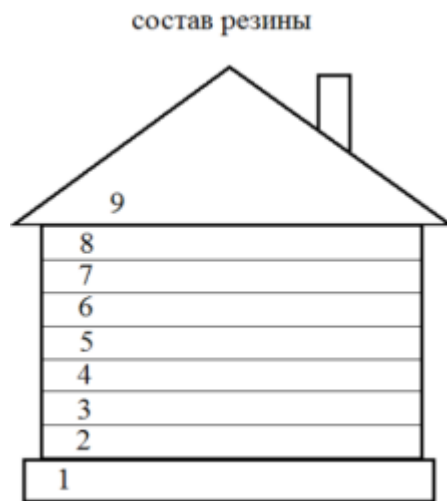
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

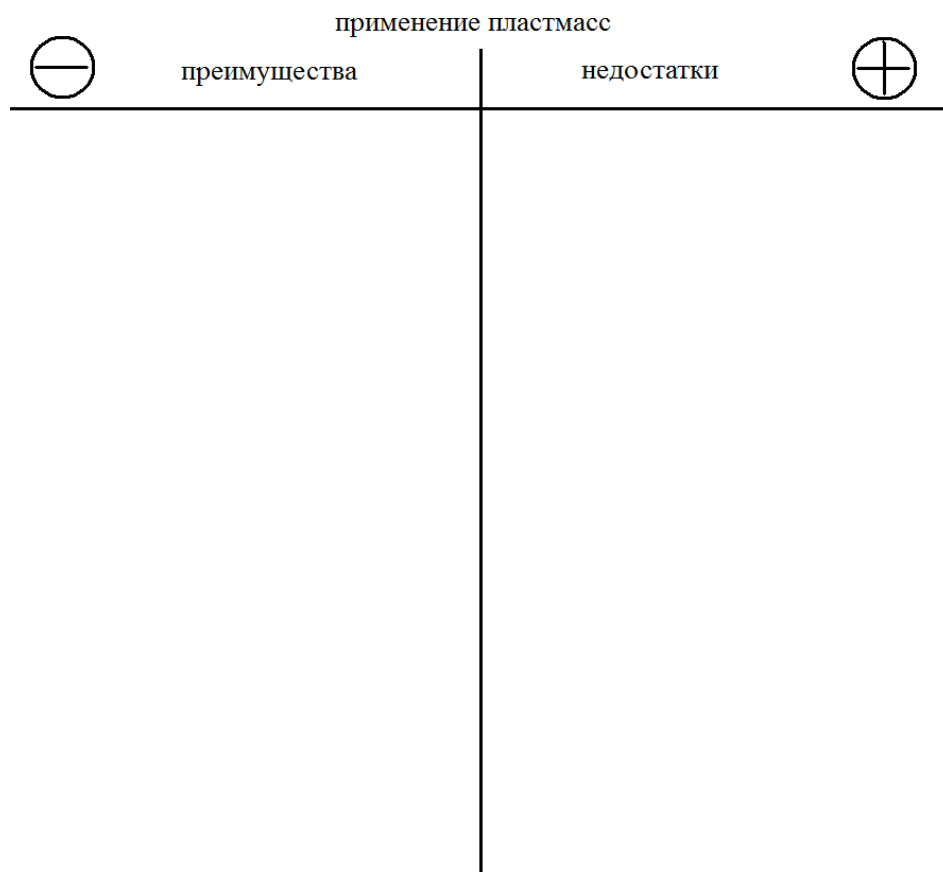
\_\_\_\_\_

○ **5.9. Определите термин:** \_\_\_\_\_ это высоко-вулканизированный каучук с большим содержанием серы, обычно тёмно-бурого цвета, химически инертен, имеет высокие электроизоляционные свойства.

➤ **5.10. Перечислите основные ингредиенты резины.**

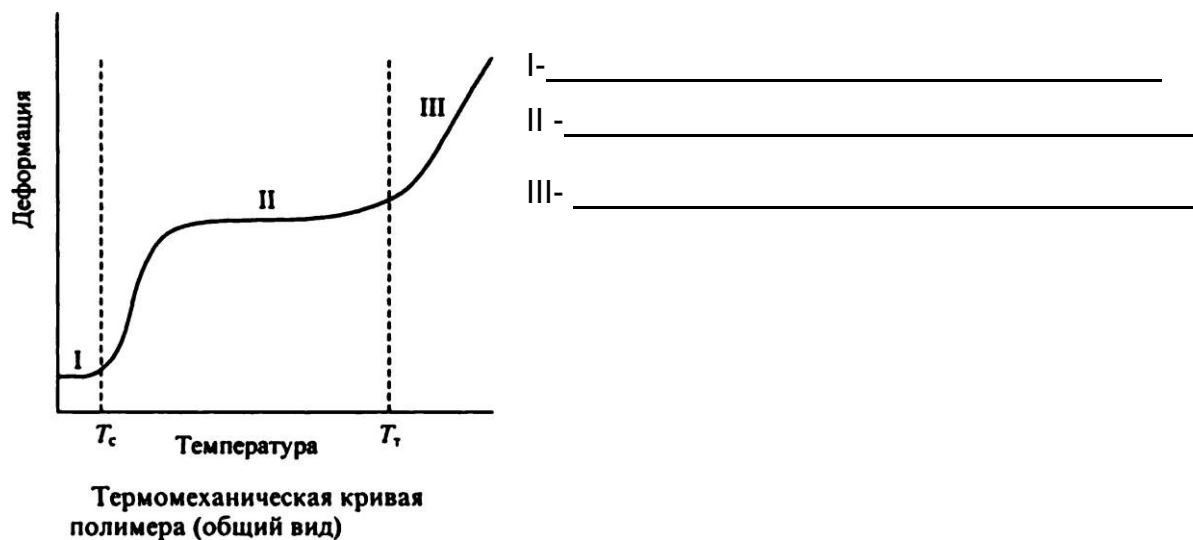


➤ **5.11. Укажите положительные и отрицательные стороны применения пластмасс**

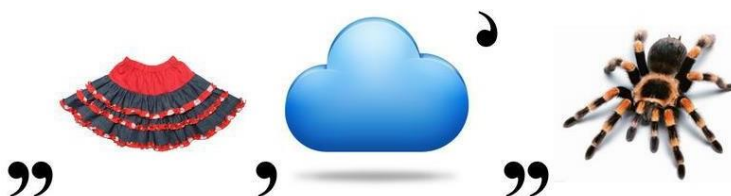




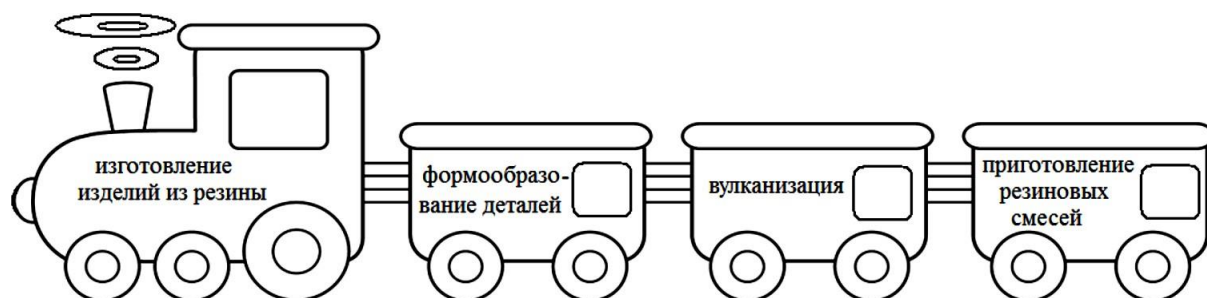
❖ 5.12. На термомеханической прямой, определите состояние полимера в различных участках температуры:



✓ 5.13. Решите ребус.



○ 5.14. Расставьте нумеровку вагонов поезда согласно последовательности этапов изготовления изделий из резины.



➤ 5.15. Перечислите армирующие вещества для изготовления полимерных композитов:

---



---



---

## Практическое занятие №6.

### Тема: «Материалы с особыми электрическими свойствами»

- 6.1. Дайте определение. Материалы высокой проводимости (проводники) - это \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- 6.2. Дать сравнительную характеристику двух проводников (меди и алюминия). Указать их преимущества и недостатки

медь		алюминий	
преимущества	недостатки	преимущества	недостатки

- 6.3. На основе каких металлов изготавливают материалы для электрических контактов? Привести примеры: \_\_\_\_\_

- 6.4. Пронумеровать в таблице металлы по мере возрастания их электросопротивления ( 1 – материал с наименьшим электросопротивлением):

Fe	Ag	Co	Al	W	Cu	Zn	Au	Pt	St

- 6.5. Определите термин: \_\_\_\_\_ - это материалы, основное свойство которых – зависимость их электропроводимости от воздействия внешних факторов (температура, свет, электрическое поле).

- 6.6. Обведите элементы, относящиеся к простым полупроводникам:

Mg Co Fe Si W Mo Ag Ge Be

- 6.7. Дайте определение. Дырочный полупроводник – это \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

○ 6.8. Привести примеры электроизоляционных материалов: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

○ 6.9. Перечислить внешние факторы, от которых зависит электропроводимость диэлектриков:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

➤ 6.10. Заполните таблицу.

Области применения		
проводники	полупроводники	диэлектрики

## Приложение 2.

**Таблица 1. Условные обозначения легирующих элементов в металлах и сплавах**

Элемент	Символ	Обозначение элементов в марках металлов и сплавов		Элемент	Символ	Обозначение элементов в марках металлов и сплавов	
		черные	цветные			черные	цветные
Азот	N	А	-	Неодим	Nd	-	Нм
Алюминий	Al	Ю	А	Никель	Ni	-	Н
Барий	Ba	-	Бр	Ниобий	Nb	Б	Нп
Бериллий	Be	Л	-	Олово	Sn	-	О
Бор	B	р	-	Осмий	Os	-	Ос
Ванадий	V	ф	Вам	Палладий	Pd	-	Пд
висмут	Bi	Ви	Ви	Платина	Pt	-	Пл
Вольфрам	W	В	-	Празеодим	Pr	-	Пр
Гадолиний	Gd	-	Гн	Рений	Re	-	Ре
Галлий	Ga	Ги	Ги	Родий	Rh	-	Rg
Гафний	Hf	-	Гф	Ртуть	Hg	-	Р
Германий	Ge	-	Г	Рутений	Ru	-	Pv
Гольмий	Ho	-	ГОМ	Самарий	Sm	-	Сам
Диспрозий	Dv	-	ДИМ	Свинец	Pb	-	С
Европий	Eu	-	Ев	Селен	Se	К	СТ
Железо	Fe	-	Ж	Серебро	Ag	-	Ср
Золото	Au	-	Зл	Скандий	Sc	-	С км
Индий	In	-	Ин	Сурьма	Sb	-	Сv
Иридий	Ir	-	И	Таллий	Tl	-	Тл
Иттербий	Yb	-	ИТН	Тантал	Ta	-	ТТ
Иттрий	Y	-	ИМ	Теллур	Te	-	Т
Кадмий	Cd	Кд	Кд	Тербий	Tb	-	Том
Кобальт	Co	К	К	Титан	Ti	Т	ТПД
Кремний	Si	С	Кр(К)	Т'лий	Tm	-	ТУМ
Лантан	La	-	Ла	Углерод	C	У	-
Литий	Li	-	Лэ	Фосфор	P	п	Ф
Лютеций	Lu	-	Люн	Хром	Cr	х	X(Xp)
Магний	Mg	Ш	Мг	Церий	Ce	-	Се
Марганец	Mn	Г	Мц(Мр)	Цинк	Zn	-	Ц
Медь	Cu	Д	М	Цирконий	Zr	Ц	ЦЭВ
Молибден	Mo	М	-	Эрбий	Er	-	Эрм

### 3. Критерии оценки

Отметка	Объем выполнения работы в %
«5» (отлично)	90 – 100
«4» (хорошо)	70 – 89
«3» (удовлетворительно)	50 – 69
«2» (неудовлетворительно)	менее 50

#### 4. Учебно-методическое и информационное обеспечение практических работ

1. Завистовский, С. Э. Обработка материалов и инструмент. Практикум : учебное пособие / С. Э. Завистовский. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2021. — 168 с.

2. Ильященко, Д. П. Технология конструкционных материалов : практикум для СПО / Д. П. Ильященко, Е. А. Зернин, С. А. Чернова ; под редакцией С. Б. Сапожкова. — Саратов : Профобразование, 2021. — 169 с. — ISBN 978-5-4488-0929-3. Адаскин А.М. Материаловедение (металлообработка): учебное пособ. для нач. проф. образов./ А.М. Адаскин, В.М. Зуев. – 6-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2018. – 288 с. - (Профессиональное образование).

3. . Кириллова, И. К. Материаловедение : учебное пособие для СПО / И. К. Кириллова, А. Я. Мельникова, В. В. Райский. — Саратов : Профобразование, Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 127 с. — ISBN 978-5-4488-0145-7, 978-5-4486-0739-4.

4. Заплатин В. Н. Справочное пособие по материаловедению (металлообработка): учеб. пособие для нач. проф. образования / В. Н. Заплатин, Ю. И. Сапожников, А. В. Дубов; под ред. В. Н. Заплатина. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 224 с.

5. Материаловедение и технология конструкционных материалов : практикум для СПО / Ю. П. Егоров, А. Г. Багинский, В. П. Безбородов [и др.] ; под редакцией Е. П. Чинкова. — Саратов : Профобразование, 2021. — 121 с. — ISBN 978-5-4488-0930-9.

#### Дополнительные учебные издания

1. Адаскин А.М., Зуев В.М. Материаловедение (металлообработка): учеб. — М.: Академия, 2021. – 288 с.

2. Арзамасов, Б. Н. Материаловедение : учебник / Б. Н. Арзамасов, В. И. Макарова, Г. Г. Мухин. — 8-е изд., стер. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2018. — 648 с.

3. Гоцеридзе Р.М. Процессы формообразования и инструменты. — М.: Академия, 2017. – 384 с.

4. Завистовский, С. Э. Обработка материалов и инструмент : учебное пособие / С. Э. Завистовский. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2019. — 447 с.

5. Заплатин В.Н. и др. Основы материаловедения: учеб. — М.: Академия, 2017 – 272 с.

#### Список интернет ресурсов

1. Федеральный портал «Российское образование» [edu.ru](http://edu.ru)  
Электронно-библиотечная система:  
**ЭБС IPRsmart, ООО Компания «Ай Пи Ар Медиа»:**  
Договор № 9408/22П/1301-22ед 44 от 01.08.2022 – доступ на 1 год, до 29.09.2023  
**ЭБС «Консультант студента», ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА»:**  
Договор № 8КСЛ/06-2022/1302-22ед 44 от 01.08.2022 – доступ на 1 год, до 14.09.2023;  
**ЭБС «ЛАНЬ», ООО «ЭБС ЛАНЬ»:**  
Договор № 1303-22ед 44 от 01.08.2022 – доступ на 1 год до 12.09.2023;  
**ЭБС «ЛАНЬ», ООО «Издательство Лань»:**  
Договор № 1300-22ед 44 от 01.08.2022 – доступ на 1 год до 12.09.2023;

**УБД ИВИС, ООО «ИВИС»**

Договор № 416-22 ед 44 от 18.03.2022;

**БД Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU, ООО «РУНЭБ»:**

Договор № 40-21 ЭА/21 от 13.04.2021.