

МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И МОЛОДЁЖНОЙ
ПОЛИТИКИ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ
«АСБЕСТОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИКУМ»

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ
РАБОТЫ

ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ



АСБЕСТ, 2019

Методические указания для выполнения внеаудиторной самостоятельной контрольной работы по учебной дисциплине **ОП.06 Материаловедение**, для обучающихся заочной формы обучения по специальности **13.02.11 «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)»**.

г. Асбест. 2019 - 75 с.

Организация разработчик:

Государственно автономное профессиональное образовательное учреждение Свердловской области «Асбестовский политехникум»,

Составитель:

Петрова В.В. – преподаватель материаловедения, 1 категория

СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка	Стр. 4
Раздел 1 Основы материаловедения	7
Раздел 2 Железоуглеродистые сплавы	10
Раздел 3 Термическая обработка стали и чугуна	21
Раздел 4 Цветные металлы и сплавы	32
Раздел 5 Полимерные материалы	37
Раздел 6 Неметаллические материалы	39
Раздел 7 Обработка металлов	50
Варианты для контрольной работы	52
Список литературы	64
Приложения	65

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Материаловедение - наука, изучающая строение и свойства материалов и устанавливающая связь между их составом, строением и свойствами и является одной из основных дисциплин, основы, которой широко используются при курсовом и дипломном проектировании, а также в практической деятельности инженера-машиностроителя. На основе знаний механических характеристик материалов производится расчет узлов и деталей любых конструкций, что необходимо при изучении курса технической механики. Знание технологических характеристик материалов позволяет правильно выбрать способы изготовления и ремонта узлов и деталей машин и механизмов.

Цель изучения дисциплины «Материаловедение» — познание природы и свойств материалов, а также методов их упрочнения для наиболее эффективного использования в технике.

Основные задачи дисциплины:

- ✓ Знать физическую сущность явлений, происходящих в материалах при воздействии на них различных факторов в условиях производства и эксплуатации и показать их влияние на свойства материалов.
- ✓ Установить зависимость между составом, строением и свойствами материалов.
- ✓ Изучить теорию и практику различных способов упрочнения материалов, обеспечивающих высокую надежность и долговечность деталей машин, инструмента и других изделий.
- ✓ Изучить основные группы металлических и неметаллических материалов, их свойства и область применения.

Методическое пособие предназначено для обучающихся заочной формы обучения, по специальности **13.02.11 «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)»**.

Цель методического пособия - приобретение новых теоретических и практических знаний и умений основ материаловедения, а также контроль самостоятельно освоенного учебного материала, в соответствии с требованиями ФГОС по специальности.

Методическое пособие представляет собой краткое изложение теоретического материала, задания к самостоятельной контрольной работе, рекомендуемую для самостоятельного изучения литературу по учебной дисциплине «Материаловедение».

С целью контроля освоения учебного материала по данной учебной дисциплине предусматривается выполнение **одной контрольной работы**, для закрепления теоретических знаний и приобретения умений и навыков, а также освоения общих и профессиональных компетенция предусмотренных ФГОС по специальности **13.02.11 «Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)»**.

Общие компетенции:

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

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей;

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 08. Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности;

ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках;

ОК 11. Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере.

и профессиональные компетенции:

ПК 1.1 Выполнять наладку, регулировку и проверку электрического и электромеханического оборудования.

ПК 1.2 Организовывать и выполнять техническое обслуживание и ремонт электрического и электромеханического оборудования.

ПК 1.3 Осуществлять диагностику и технический контроль при эксплуатации электрического и электромеханического оборудования.

ПК 2.1 Организовывать и выполнять работы по эксплуатации, обслуживанию и ремонту бытовой техники.

ПК 2.2 Осуществлять диагностику и контроль технического состояния бытовой техники.

ПК 2.3 Прогнозировать отказы, определять ресурсы, обнаруживать дефекты электробытовой техники.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен ***уметь:***

- определять свойства конструкционных и сырьевых материалов, применяемых в производстве, по маркировке, внешнему виду, происхождению, свойствам, составу, назначению и способу приготовления и классифицировать их;
- определять твёрдость материалов;
- определять режимы отжига, закалки и отпуска стали;
- подбирать конструкционные материалы по их назначению и условиям эксплуатации;
- подбирать способы и режимы обработки металлов (литьём, давлением, сваркой, резанием) для изготовления различных деталей.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен ***знать:***

- виды механической, химической и термической обработки металлов и сплавов;
- виды прокладочных и уплотнительных материалов;
- закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, защиты от коррозии;
- классификацию, основные виды, маркировку область применения и виды обработки конструкционных материалов, основные сведения об их назначении и свойствах, принципы их выбора для применения в производстве;
- методы измерения параметров и определения свойств материалов;
- основные сведения о кристаллизации и структуре расплавов;
- основные сведения о назначении и свойствах металлов и сплавов, о технологии их производства;
- основные свойства полимеров и их использование;
- особенности строения металлов и сплавов;

- свойства смазочных и абразивных материалов;
- способы получения композиционных материалов;
- сущность технологических процессов литья, сварки, обработки металлов давлением и резанием.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Предусматривается выполнение *одной контрольной работы* (номер варианта работы соответствует порядковому номеру в журнале теоретического обучения).
2. Перед выполнением контрольной работы необходимо изучить материал предмета в соответствии с программой и методическим пособием.
3. Контрольную работу следует выполнять на листах формата А4 (рамка, основная надпись форма 2а - 15×185), в рукописном или печатном варианте (шрифт Times New Roman, кегль 14, интервал полуторный).
4. При выполнении работы необходимо полностью переписать текст вопроса, а затем дать ответ на него, ответы на вопросы, поставленные в контрольной работе, должны быть исчерпывающими, но в то же время краткими и по существу вопроса (каждый вопрос оформлять на отдельном листе).
5. Ответы, при необходимости следует иллюстрировать схемами, диаграммами, выполненными в масштабе и в соответствии с действующими требованиями ЕСКД.
6. Контрольную работу следует оформлять аккуратно, писать разборчиво.
7. Контрольную работу обучающийся должен выполнить и предоставить на проверку преподавателю в срок, не позднее установленного учебным графиком. По получении проверенной работы обучающийся должен выполнить замечания преподавателя, исправить все отмеченные ошибки. Замечания и пометки преподавателя стирать запрещается.

Показатели оценивания контрольной работы по учебной дисциплине «Материаловедение»

«5» (отлично) – за глубокое и полное овладение содержанием учебного материала, в котором обучающийся свободно и уверенно ориентируется; за умение практически применять теоретические знания.

«4» (хорошо) – если обучающийся полно освоил учебный материал, владеет научно-понятийным аппаратом, ориентируется в изученном материале, осознанно применяет теоретические знания на практике, грамотно излагает ответ, но содержание и форма ответа имеют отдельные неточности.

«3» (удовлетворительно) – если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений учебного материала, но излагает его неполно, непоследовательно, допускает неточности, в применении теоретических знаний при ответе на практико-ориентированные вопросы.

«2» (неудовлетворительно) – если обучающийся имеет разрозненные, бессистемные знания, допускает ошибки в определении базовых понятий, искажает их смысл; не может практически применять теоретические знания.

Если работа выполнена неудовлетворительно, то обучающийся выполняет ее вторично и предоставляет в учебную часть на повторную проверку.

КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1 Основы материаловедения

Тема 1.1 Строение и свойства металлов и сплавов

Данная тема основывается на знаниях физики и химии школьного курса.

Знание свойств металлов необходимо для дальнейшего изучения металлов и сплавов, и их выборе для изготовления из них изделий. Особое внимание нужно уделить изучению механических и технологических свойств материалов. Знание этих свойств и способов их определения поможет в дальнейшем при расчетах деталей машин на прочность.

Каждый металл отличается от других строением и свойствами.

Физические и химические свойства металлов обусловлены их электронным строением.

Физические свойства металлов (плотность, теплоемкость, магнитные характеристики, тепло-, электропроводимость и другие) определяют поведение металлов, например, в тепловых и электромагнитных полях.

Химические свойства определяют способность сопротивляться окислению, проникновению газов и взаимодействию с другими веществами.

Все металлы делятся на две большие группы – черные и цветные. Каждую из них можно разделить по некоторым признакам еще на группы.

Способность металла сопротивляться воздействию внешних сил характеризуется **механическими свойствами**. Поэтому при выборе металлов для изготовления деталей машин необходимо знать его механические свойства, такие как прочность, вязкость, твердость, пластичность и другие. Эти свойства определяют по результатам механических испытаний.

Знание механических свойств необходимо в дальнейшем, при расчетах деталей машин на прочность в разделе сопротивления материалов при изучении технической механики.

К **технологическим свойствам** металлов и сплавов относятся литейные свойства, деформируемость, свариваемость, обрабатываемость режущим инструментом и другие. Эти свойства позволяют производить формообразование для получения заготовок и деталей машин.

Металлы и сплавы могут находиться в трёх агрегатных состояниях – твёрдом, жидком, газообразном. Переход металла из жидкого состояния в твёрдое (кристаллическое) называется кристаллизацией.

Металлы и сплавы имеют кристаллическое строение. Это означает, что атомы в занимаемом ими пространстве расположены строго упорядоченно, находясь в определенных местах на вполне определенных расстояниях друг от друга.

В пределах одного кристалла наблюдается повторяющаяся картина расположения атомов. Если соединить атомы воображаемыми линиями в трех взаимно перпендикулярных направлениях, то получится пространственная кристаллическая решетка. Ее наименьшим структурным образованием является элементарная ячейка, контур которой представляет какое-нибудь составленное из атомов геометрическое тело, например куб или шестигранную призму.

Элементарные ячейки, примыкая друг к другу и многократно повторяясь, образуют более крупные твердые тела правильной геометрической формы — *кристаллы*. Кристаллы, формирующиеся в процессе роста под воздействием окружающих кристаллов и имеющие поэтому неправильную геометрическую форму, называют *кристаллитами*.

Кристаллиты в поликристаллическом теле, отделенные от других кристаллитов большеугловыми границами и обладающие определенной кристаллографической ориентировкой, называют *зернами*.

Наиболее простой геометрической формой кристаллической решетки металлов является кубическая. Эта форма решетки имеет две разновидности: *объемно-центрированную*

кубическую (ОЦК) и *гранецентрированную кубическую* (ГЦК). На рисунке 1(а, б), показаны схемы этих решеток. У обоих типов рассматриваемых решеток основу ячеек составляют восемь атомов, образующих куб и находящихся в его вершинах. Остальные атомы находятся или в центре куба (один атом на пересечении диагоналей в решетке ОЦК), или в центре каждой из его граней (шесть атомов в решетке ГЦК).

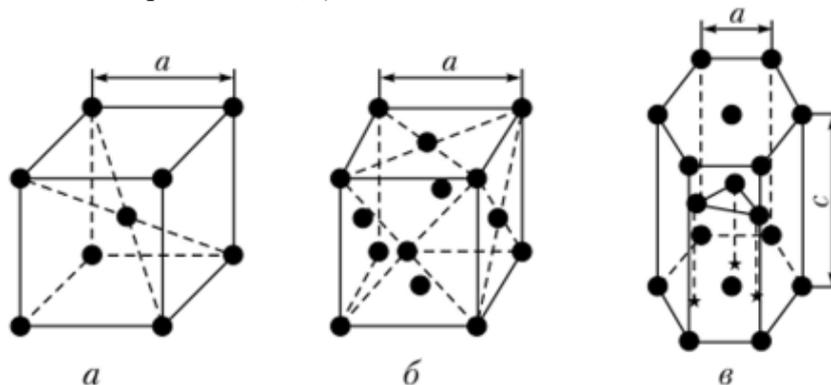


Рисунок 1 - Основные типы кристаллических решеток

Кристаллические ОЦК-решетки в числе прочих металлов имеют хром, ванадий, молибден. А ГЦК-решетки имеют алюминий, медь, никель и другие металлы.

Характерными признаками кристаллической решетки являются параметр решетки, координационное число и плотность упаковки атомов. *Параметром* (или периодом) кристаллической решетки a считают межатомное расстояние в ячейке (см. рис. 1).

Однако наиболее плотной из рассматриваемых кристаллических решеток является *гексагональная плотноупакованная решетка* (ГПУ). Схема этой решетки представлена на рисунке 1 (в). Ячейка этой решетки представляет собой шестигранную призму с центрированными основаниями, между которыми на некотором расстоянии от центров трех граней расположены еще три атома. Решетку ГПУ имеют магний, цинк, бериллий и другие металлы.

В ячейках кристаллических решеток атомы касаются друг друга внешними слоями электронных оболочек. Межатомные силы сцепления, обеспечивающие целостность кристаллической решетки, создаются электромагнитным взаимодействием, обусловленным наличием у атомов валентных электронов. У металлов, находящихся в твердом состоянии, валентные электроны, освобождаясь от своих атомов, движутся между атомами, которые становятся положительно заряженными ионами. Это объясняется тем, что внешние электроны металлов, в отличие от внешних электронов неметаллов, слабо связаны с ядром. Поэтому атомы металлов легко теряют внешние электроны, превращаясь в ионы. Освободившиеся электроны образуют так называемый электронный газ. Принадлежащие всему зерну свободные электроны, взаимодействуя с положительными ионами, обеспечивают целостность кристаллической решетки. Такая межатомная связь в кристаллической решетке получила название *металлической*. Металлическая связь может существовать как между одноименными атомами в чистых металлах, так и между разнородными — в сплавах. Металлическая межатомная связь не имеет направленного характера. Электроны электронного газа не связаны с отдельными ионами, а в одинаковой степени принадлежат всем ионам металла.

Благодаря наличию электронного газа металлы обладают высокими электро- и теплопроводностью, а также металлическим блеском. Под действием электрического поля свободные электроны приобретают направленное движение, обеспечивающее протекание тока. Высокая теплопроводность металла обусловлена также участием свободных электронов

(наряду с ионами) в передаче тепла. А характерный металлический блеск металлов обусловлен взаимодействием свободных электронов с электромагнитными световыми волнами.

Чистые металлы во многих случаях не обеспечивают требуемых свойств, поэтому они применяются сравнительно редко. Более широко используются **металлические сплавы**, их получают сплавлением или спеканием двух или более металлов (бронза) или металлов с неметаллами (сталь, чугун).

Химические элементы или их соединения, образующие сплав, принято называть компонентами. Сплав может состоять из двух и более компонентов и образовывать одну или несколько фаз. В большинстве случаев входящие в сплав компоненты в жидком состоянии полностью растворимы друг в друге и представляют собой жидкий раствор (одна фаза – жидкость).

В твердом состоянии сплавы образуют:

твердые растворы - сплавы (из двух и более компонентов), в которых атомы растворимого компонента располагаются в кристаллической решетке компонента растворителя. При образовании твёрдого раствора растворителем называют тот металл, кристаллическая решетка которого сохраняется как основа (по расположению атомов в кристаллической решетке различают твердые растворы замещения и твердые растворы внедрения);

химические соединения образуются при строго определённом количественном соотношении компонентов сплава и характеризуются кристаллической решеткой, отличающейся от решеток исходных компонентов. Химические соединения в сплавах образуются между металлами, а также между металлами и неметаллами. Химические соединения обладают характерными физико-механическими свойствами: высокой твёрдостью, повышенной хрупкостью, высоким электросопротивлением.

механические смеси (сплав-смесь) формируется при одновременном выпадении из жидкого расплава при его охлаждении кристаллов составляющих его компоненты. В кристаллах, которые входят в состав механической смеси, сохраняются кристаллические решетки исходных компонентов сплава. Механические смеси могут состоять из чистых компонентов, твёрдых растворов, химических соединений и т.д.

Раздел 2 Железоуглеродистые сплавы

Тема 2.1 Диаграмма состояния сплавов

Железоуглеродистые сплавы – стали и чугуны – важнейшие металлические сплавы современной техники. Производство чугуна и стали по объему превосходит производство всех других металлов вместе взятых более чем в десять раз.

Железо – переходный металл серебристо-светлого цвета. Имеет высокую температуру плавления – $1539^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

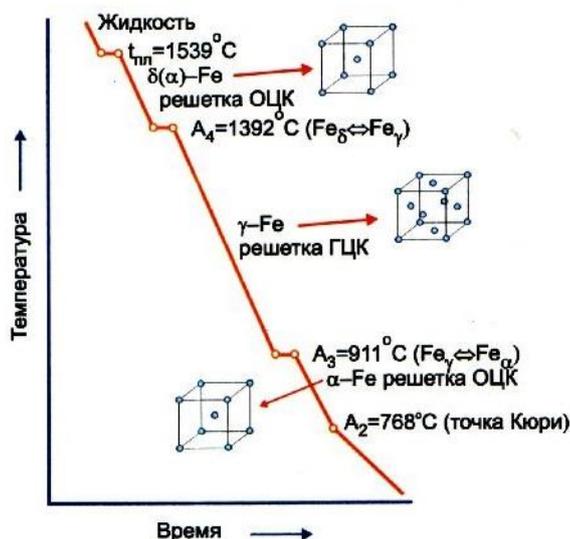
В твердом состоянии железо может находиться в двух модификациях. Полиморфные превращения происходят при температурах 911°C и 1392°C (см. рис. 2).

Ниже 911°C железо имеет кубическую объемноцентрированную ячейку (ОЦК) и модификацию – Fe (Fe_{α}). При 911°C решетка перестраивается в кубическую гранецентрированную (ГЦК) и модификацию -Fe (Fe_{γ}).

При 1392°C решетка вновь перестраивается в ОЦК и модификацию -Fe (Fe_{δ}). При 768°C (точка Кюри) на кривой охлаждения имеется площадка, связанная не с перестройкой решетки, а с изменением магнитных свойств железа.

Ниже 768°C железо магнитно, выше — немагнитно.

Температурный полиморфизм железа



Железо имеет две модификации: α (ОЦК) и γ (ГЦК).

Рисунок 2 — Кривая охлаждения железа

Железо характеризуется высоким модулем упругости, наличие которого проявляется и в сплавах на его основе, обеспечивая высокую жесткость деталей из этих сплавов. Железо со многими элементами образует растворы: с металлами – растворы замещения, с углеродом, азотом и водородом – растворы внедрения.

Углерод относится к неметаллам. Обладает полиморфным превращением, в зависимости от условий образования существует в форме графита с гексагональной кристаллической решеткой (температура плавления – 3500°C , плотность – $2,5 \text{ г/см}^3$) или в форме алмаза со сложной кубической решеткой с координационным числом равным четырем (температура плавления – 5000°C).

В сплавах железа с углеродом углерод находится в состоянии твердого раствора с железом и в виде химического соединения – цементита (Fe_3C), а также в свободном состоянии в виде графита (в серых чугунах).

Диаграмма состояния железа – углерод дает основное представление о строении железоуглеродистых сплавов – сталей и чугунов.

Начало изучению диаграммы железо – углерод положил Чернов Д.К. в 1868 году. Чернов впервые указал на существование в стали критических точек и на зависимость их положения от содержания углерода.

Диаграмма железо – углерод должна распространяться от железа до углерода. Железо образует с углеродом химическое соединение: *цементит* – Fe_3C . Каждое устойчивое химическое соединение можно рассматривать как компонент, а диаграмму – по частям. Так как на практике применяют металлические сплавы с содержанием углерода до 6%, то рассматриваем часть диаграммы состояния от железа до химического соединения цементита, содержащего углерода.

Диаграмма состояния железо – цементит представлена на рисунке 3.

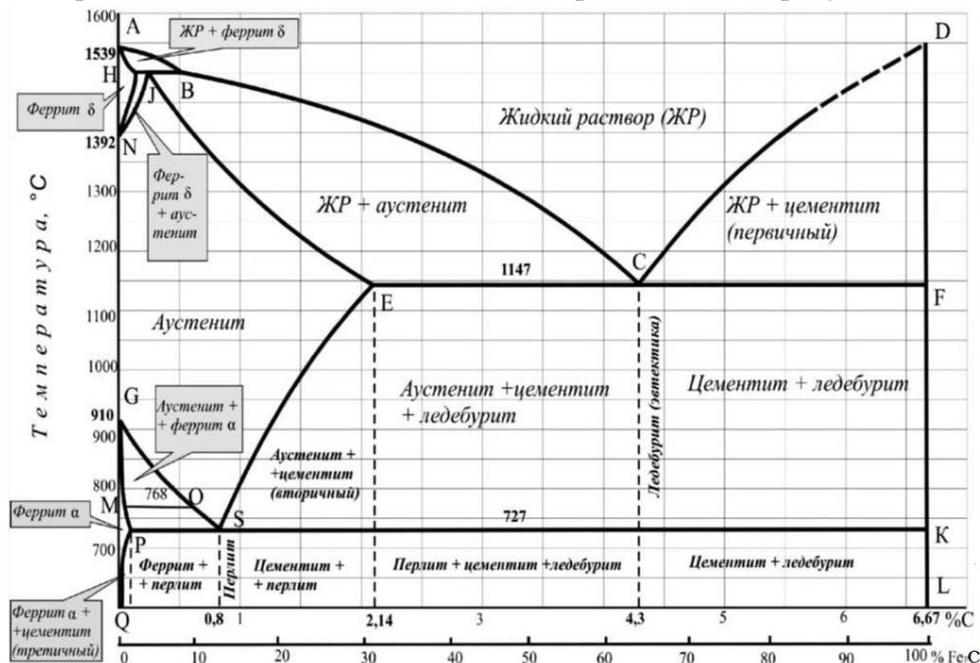


Рисунок 3 - Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов

Компоненты и фазы железоуглеродистых сплавов. Компонентами железоуглеродистых сплавов являются железо, углерод и цементит.

Под структурой понимают форму, размеры и характер взаимного расположения фаз в сплавах. Знание структуры сплавов и их изменения в связи с нагревом или охлаждением сплава позволяет установить закономерность в изменении механических свойств сплавов, при различных видах термической и химико-термической обработки.

Диаграмма состояния представляет собой графическое изображение фазового состояния сплавов данной системы в зависимости от температуры и концентрации компонентов. Диаграммы состояния строят при условии равновесия системы. Такое состояние может быть достигнуто при малых скоростях охлаждения или нагрева. Поэтому с помощью диаграмм состояния можно исследовать фазовые и структурные превращения, происходящие в сплавах при медленном нагреве или охлаждении.

Наиболее широко применяются сплавы системы железо-углерод, содержащие до 6,67% углерода, что соответствует его концентрации в цементите.

Диаграмма состояния «железо-цементит» (рис.3) имеет важное значение для обоснованного выбора железоуглеродистых сплавов (сталей и чугунов) при изготовлении изделий различного назначения, для теории и практики их термической обработки.

Для изучения железоуглеродистых сплавов необходимо:

- ❖ научиться анализировать диаграмму состояний «железо – цементит»;
- ❖ знать состав, строение и условия образования различных фаз и структурных составляющих; понимать, в чем структурное различие между техническим железом, сталью и чугуном;
- ❖ разобраться, как влияет углерод и нормальные (постоянные) примеси – кремний, марганец, сера и фосфор – на свойства сталей, в чем состоит вредное влияние фосфора и серы, определяющие явления хладно- и красноломкости стали.

В системе железо — углерод существуют следующие фазы: жидкая фаза, феррит, аустенит, цементит, графит.

Жидкая фаза. В жидком состоянии железо хорошо растворяет углерод в любых пропорциях образованием однородной жидкой фазы.

Феррит — твёрдый раствор внедрения углерода в α -железе с объёмно-центрированной кубической решёткой.

Феррит имеет переменную, зависящую от температуры предельную растворимость углерода: минимальную — 0,006 % при комнатной температуре (точка Q), максимальную — 0,02 % при температуре 700⁰C (точка P). Атомы углерода располагаются в центре грани или (что кристаллогеометрически эквивалентно) на середине рёбер куба, а также в дефектах решетки.

При температуре выше 1392⁰C существует высокотемпературный феррит с предельной растворимостью углерода около 0,1 % при температуре около 1500⁰C (точка H). Свойства феррита близки к свойствам чистого железа. Он мягок (твёрдость по Бринеллю — 130 НВ) и пластичен, ферромагнитен (при отсутствии углерода) до точки Кюри — 770⁰C.

Аустенит (γ) — твёрдый раствор внедрения углерода в γ -железе с гранецентрированной кубической решёткой.

Атомы углерода занимают место в центре гранецентрированной кубической ячейки. Предельная растворимость углерода в аустените — 2,14 % при температуре 1147⁰C (точка E). Аустенит имеет твёрдость 200—250 НВ, пластичен, парамагнитен. При растворении других элементов в аустените или в феррите изменяются свойства и температурные границы их существования.

Цементит (Fe_3C) — химическое соединение железа с углеродом (карбид железа), со сложной ромбической решёткой, содержит 6,67 % углерода. Он твёрдый (свыше 1000 НВ), и очень хрупкий. Цементит — метастабильная фаза и при длительном нагреве самопроизвольно разлагается с выделением графита.

В железоуглеродистых сплавах цементит как фаза может выделяться при различных условиях:

- цементит первичный (выделяется из жидкости),
- цементит вторичный (выделяется из аустенита),
- цементит третичный (из феррита),
- цементит эвтектический,
- цементит эвтектоидный.

Цементит первичный выделяется из жидкой фазы в виде крупных пластинчатых кристаллов.

Цементит вторичный выделяется из аустенита и располагается в виде сетки вокруг зёрен аустенита (после эвтектоидного превращения они станут зёрнами перлита).

Цементит третичный выделяется из феррита и в виде мелких включений располагается у границ ферритных зёрен.

Цементит эвтектический наблюдается лишь в белых чугунах.

Цементит эвтектоидный имеет пластинчатую форму и является составной частью перлита.

Цементит может при специальном сфероидизирующем отжиге или закалке с высоким отпуском выделяться в виде мелких сфер. Влияние на механические свойства сплавов оказывает форма, размер, количество и расположение включений цементита, что позволяет на практике для каждого конкретного применения сплава добиваться оптимального сочетания твёрдости, прочности, стойкости к хрупкому разрушению и т. п.

Графит — фаза состоящая только из углерода со слоистой гексагональной решёткой. Плотность графита ($2,3 \text{ г/см}^3$) много меньше плотности всех остальных фаз (около $7,5\text{—}7,8 \text{ г/см}^3$) и это затрудняет и замедляет его образование, что и приводит к выделению цементита при более быстром охлаждении. Образование графита уменьшает усадку при кристаллизации, графит выполняет роль смазки при трении, уменьшая износ, способствует рассеянию энергии вибраций.

Графит имеет форму крупных крабовидных (изогнутых пластинчатых) включений (обычный серый чугун) или сфер (высокопрочный чугун). Графит обязательно присутствует в серых чугунах и их разновидности — высокопрочных чугунах. Графит присутствует также и в некоторых марках стали — в так называемых графитизированных сталях.

Фазовые переходы:

Линия ACD — это *линия ликвидуса*, показывающая температуры начала затвердевания (конца плавления) сталей и белых чугунов. При температурах выше линии ACD — жидкий сплав.

Линия AECF — это *линия солидуса*, показывающая температуры конца затвердевания (начала плавления).

По линии ликвидуса AC (при температурах, отвечающих линии AC) из жидкого сплава кристаллизуется **аустенит**, а по линии ликвидуса CD — **цементит**, называемый первичным цементитом.

В точке C при 1147°C и содержании 4,3 % углерода из жидкого сплава одновременно кристаллизуется аустенит и цементит первичный, образуя эвтектику, называемую **ледебуритом**.

При температурах, соответствующих линии солидуса AE, сплавы с содержанием углерода до 2,14 % окончательно затвердевают с образованием структуры аустенита. На линии солидуса EC (1147°C) сплавы с содержанием углерода от 2,14 до 4,3 % окончательно затвердевают с образованием эвтектики ледебурита. Так как при более высоких температурах из жидкого сплава выделялся аустенит, следовательно, такие сплавы после затвердевания будут иметь структуру **аустенит + ледебурит**.

На линии солидуса CF (1147°C) сплавы с содержанием углерода от 4,3 до 6,67 % окончательно затвердевают также с образованием эвтектики ледебурита. Так как при более высоких температурах из жидкого сплава выделялся цементит (первичный), следовательно, такие сплавы после затвердевания будут иметь структуру — **первичный цементит + ледебурит**.

В области ACEA, между линией ликвидуса AC и солидуса AEC, будет **жидкий сплав + кристаллы аустенита**. В области CDF, между линией ликвидуса CD и солидуса CF, будет **жидкий сплав + кристаллы цементита (первичного)**. Превращения, протекающие при затвердевании сплавов, называют первичной кристаллизацией. В результате первичной кристаллизации во всех сплавах с содержанием углерода до 2,14 % образуется однофазная структура — **аустенит**.

Сплавы железа с углеродом, в которых в результате первичной кристаллизации в равновесных условиях получается аустенитная структура, называют **сталями**.

Сплавы с содержанием углерода более 2,14 %, в которых при кристаллизации образуется эвтектика ледебурит, называют **чугунами**. В рассматриваемой системе практически весь углерод находится в связанном состоянии, в виде цементита. Излом таких чугунов светлый, блестящий (белый излом), поэтому такие чугуны называют белыми.

В железоуглеродистых сплавах превращения происходят также и в твердом состоянии, называемые вторичной кристаллизацией и характеризующиеся **линиями GSE, PSK, PQ**.

Линия GS показывает начало превращения аустенита в феррит (при охлаждении). Следовательно, в области GSP будет структура аустенит + феррит.

Линия SE показывает, что с понижением температуры растворимость углерода в аустените уменьшается. Так, при 1147⁰С в аустените может раствориться углерода 2,14 %, а при 727⁰С — 0,8 %. С понижением температуры в сталях с содержанием углерода от 0,8 до 2,14 % из аустенита выделяется избыточный углерод в виде цементита, называемого вторичным. Следовательно, ниже линии SE (до температуры 727⁰С) сталь имеет структуру: *аустенит + цементит (вторичный)*. В чугунах с содержанием углерода от 2,14 до 4,3 % при 1147⁰С, кроме ледебурита, есть аустенит, из которого при понижении температуры тоже будет выделяться вторичный цементит. Следовательно, ниже линии SE (до температуры 727⁰С) белый чугун имеет структуру: *ледебурит + аустенит + цементит вторичный*.

Линия PSK (727° С) — это линия *эвтектоидного превращения*. На этой линии во всех железоуглеродистых сплавах аустенит распадается, образуя структуру, представляющую собой механическую смесь феррита и цементита и называемую перлитом. Ниже 727⁰С железоуглеродистые сплавы имеют следующие структуры.

- Стали, содержащие углерода менее 0,8 %, имеют структуру феррит + перлит и называются **доэвтектоидными сталями**.
- Сталь с содержанием углерода 0,8 % имеет структуру перлита и называется **эвтектоидной сталью**.
- Стали с содержанием углерода от 0,8 до 2,14 % имеют структуру цементит + перлит и называются **заэвтектоидными сталями**.
- Белые чугуны с содержанием углерода от 2,14 до 4,3 % имеют структуру перлит + вторичный цементит + ледебурит и называются **доэвтектическими чугунами**.
- Белый чугун с содержанием углерода 4,3 % имеет структуру ледебурита и называется **эвтектическим чугуном**.
- Белые чугуны с содержанием углерода от 4,3 до 6,67 % имеют структуру цементит первичный + ледебурит и называются **заэвтектическими чугунами**.

Линия PQ показывает, что с понижением температуры растворимость углерода в феррите уменьшается от 0,02 % при 727⁰С до 0,006 % при комнатной температуре. При охлаждении ниже температуры 727⁰С из феррита выделяется избыточный углерод в виде цементита, называемого третичным. В большинстве сплавов железа с углеродом третичный цементит в структуре можно не учитывать из-за весьма малых его количеств. Однако в низкоуглеродистых сталях в условиях медленного охлаждения третичный цементит выделяется по границам зерен феррита. Эти выделения уменьшают пластические свойства стали, особенно способность к холодной штамповке.

Тема 2.2 Железоуглеродистые и легированные сплавы

От правильного выбора материала деталей зависят надежность, прочность и долговечность конструкции. При изучении данной темы необходимо уяснить виды сталей, чугунов и цветных сплавов, их свойства и применение на железнодорожном транспорте.

Знание свойств, маркировки сплавов помогает специалисту умело пользоваться техническими справочниками и технической литературой при выборе материалов для изготовления и ремонта единиц подвижного состава.

Наибольшее применение на практике при изготовлении деталей машин и различных металлических конструкций имеют сплавы железа с углеродом. К таким сплавам относятся **стали и чугуны**.

Стали классифицируют по химическому составу, качеству, структуре в равновесном состоянии и назначению. По химическому составу все стали делятся на углеродистые и легированные.

На долю углеродистых сталей приходится около 80% общего объема выпуска сталей. Углеродистые стали более дешевые и имеют удовлетворительные механические свойства с хорошей обрабатываемостью резанием и давлением.

Существенным недостатком углеродистых сталей является небольшая прокаливаемость, что значительно ограничивает размер деталей, упрочняемых термической обработкой.

Углеродистые стали различают:

- ❖ по диаграмме состояний;
- ❖ по структуре;
- ❖ по способу выплавки;
- ❖ по содержанию углерода;
- ❖ по степени раскисления;
- ❖ по качеству;
- ❖ по назначению.

Свойства углеродистых сталей зависят от содержания основного элемента – **углерода**, а также от содержания постоянных и случайных примесей. Углеродистые стали, за исключением сталей обыкновенного качества, маркируются по содержанию углерода.

Углеродистые стали широко применяются в машиностроении (изготовления колесных пар вагонов и локомотивов, для изготовления рельсов и др.).

2.2.1 УГЛЕРОДИСТЫЕ СТАЛИ

Углеродистые стали подразделяются на группы: **углеродистые обыкновенного качества, углеродистые качественные, углеродистые инструментальные и углеродистые стали специального назначения (автоматная сталь)**.

СТАЛИ УГЛЕРОДИСТЫЕ ОБЫКНОВЕННОГО КАЧЕСТВА (ГОСТ 380 – 94)

Обозначают буквами **Ст.** и цифрами **от 0 до 6**. Цифры – это условный номер марки. Чем больше число, тем больше содержание углерода, выше прочность и ниже пластичность. Информацию о количественном химическом составе сплава марка не содержит.

В зависимости от назначения и гарантируемых свойств, углеродистые стали обыкновенного качества поставляют трех групп: **А, Б, В**.

Стали группа А только с гарантированными механическими свойствами; поставляют в отожженном состоянии без горячей обработки. Их химический состав не регламентируется.

Стали группа Б только с гарантированным химическим составом; используются для изготовления изделий с применением горячей обработки (штамповка,ковка).

Стали группа В имеют гарантированные механические свойства и химический состав. Их применяют при производстве сварных и других конструкций.

В обозначениях марок слева от букв «**Ст**» указаны группы (группы Б и В, группа А не указывается). Индексы, стоящие справа от номера марки означают: **кп** – кипящая, **пс** –

полуспокойная, *сп* – спокойная. Между индексом и номером марки может стоять буква «Г», что обозначает повышенное содержание марганца.

Примерное содержание углерода в сталях обыкновенного качества:

Марка	Примерное содержание углерода
<i>Ст0</i>	до 0,23% С
<i>Ст1</i>	от 0,06 до 0,12% С
<i>Ст2</i>	от 0,09 до 0,15% С
<i>Ст3</i>	от 0,14 до 0,22%С
<i>Ст4</i>	от 0,18 до 0,27% С
<i>Ст5</i>	от 0,28 до 0,37% С
<i>Ст6</i>	от 0,38 до 0,49% С

Пример расшифровки:

Ст6 сп – углеродистая обыкновенного качества сталь спокойная номером 6 (содержание углерода – от 0,38 до 0,49%), группы А.

СТАЛИ УГЛЕРОДИСТЫЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ (ГОСТ 1050 – 88)

Сталь маркируется двузначными числами, которые обозначают содержание углерода в сотых долях процента. По степени раскисления сталь подразделяется на кипящую (*кп*), полуспокойную (*пс*), спокойную (*без указания индекса*). Буква «Г» в марке сталей указывает на повышенное содержание марганца (до 1%).

Пример расшифровки:

сталь 30 – углеродистая конструкционная качественная сталь, содержит 0,30% углерода;

сталь 08кп - углеродистая конструкционная качественная кипящая сталь, содержит 0,08% углерода;

сталь 60Г - углеродистая конструкционная качественная сталь, содержит 0,60% углерода, с повышенным содержанием марганца.

СТАЛИ УГЛЕРОДИСТЫЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ (ГОСТ 1435 – 99)

Стали маркируют буквой «У» (углеродистая) и числом, соответствующим содержанию углерода, выраженному в десятых долях процента. Выпускают марки *обыкновенного качества* – У7, У8, У9, У10, У11, У12, У13 и *высококачественные* - У7А, У8А, У9А, У10А, У11А, У12А, У13А (буква «А» показывает, что сталь высококачественная).

Пример расшифровки:

У8 – углеродистая обыкновенного качества инструментальная сталь, содержит 0,8% углерода;

У8А – углеродистая высококачественная инструментальная сталь, содержит 0,8% углерода.

СТАЛИ УГЛЕРОДИСТЫЕ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ (ГОСТ 1414 – 75)

К ним относят, стали с хорошей и повышенной обрабатываемостью резанием (автоматные стали).

Такие стали имеют повышенное содержание серы и фосфора (*S и P от 0.08 до 0,15%*).

Автоматные стали маркируют буквой «А», в начале марки и цифрами, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента. Применяют, следующие марки автоматной стали: *A12, A20, A30, A40Г*.

Автоматные стали легируют: марганцем, свинцом, никелем.

Пример расшифровки:

A20 – углеродистая автоматная сталь, содержит 0,20% углерода.

2.2.2 ЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ

Для улучшения физических, химических, механических и технологических свойств стали легируют, т.е. вводят в её состав дополнительные элементы (хром, никель, марганец, титан и др.). Стали могут содержать один или несколько легирующих элементов, которые придают им специальные свойства. Легирующие элементы имеют следующее обозначение (ГОСТ 4547 – 71): *хром (Х), никель (Н), марганец (Г), кремний (С), молибден (М), вольфрам (В), титан (Т), алюминий (Ю), ванадий (Ф), медь (Д), кобальт (К)*, см. таблица 1.

Таблица 1 - Список используемых легирующих добавок

Маркировка легированной стали состоит из сочетания букв легирующих элементов и

Обозначение	Хим. элемент	Наименование	Обозначение	Хим. элемент	Наименование
Х	Cr	Хром	А	N	Азот
С	Si	Кремний	Н	Ni	Никель
Т	Ti	Титан	К	Co	Кобальт
Д	Cu	Медь	М	Mo	Молибден
В	W	Вольфрам	Б	Nb	Ниобий
Г	Mn	Марганец	Е	Se	Селен
Ф	W	Ванадий	Ц	Zr	Цирконий
Р	V	Бор	Ю	Al	Алюминий

цифр, обозначающих ее химический состав. Цифра, стоящая после буквы, указывает на содержание легирующего элемента в процентах. Если цифра не указана, то легирующего элемента содержится до 1,5%.

В качественных конструкционных легированных сталях (ГОСТ 5632-72) две первые цифры марки показывают содержание углерода в сотых долях процента. В качественных инструментальных легированных сталях (ГОСТ 5950-73) одна первая цифра показывает содержание углерода в десятых долях процента. Отсутствие перед буквами цифры, означает, что углерода содержится до 1% и такая сталь относится так же к инструментальной. Высококачественные легированные стали имеют в конце марки букву «А», а особо высококачественные – «Ш».

Пример расшифровки:

30ХГСН2А – высококачественная конструкционная легированная сталь содержит: 0,30% углерода, по 1% хрома, марганца, кремния и до 2% никеля;

9ХС – качественная инструментальная легированная сталь содержит: 0,9% углерода, по 1% хрома и кремния;

ХВГ – качественная инструментальная легированная сталь содержит: 1% углерода, по 1% хрома, вольфрама и марганца.

ЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ БЫСТРОРЕЖУЩАЯ СТАЛЬ (ГОСТ 19265 – 73)

Данную сталь широко применяют для изготовления разнообразного режущего инструмента, работающего на высоких скоростях резания, в тяжелых условиях. Эти стали

являются сложнелегированными. Быстрорежущие стали обозначают буквой «Р», следующая за ней цифра указывает содержание основного легирующего элемента – вольфрам (до 18%).

В некоторые, быстрорежущие стали, дополнительно вводят молибден, кобальт и большое количество ванадия. Марки таких сталей содержат соответственно буквы «М, К, Ф» и цифры, указывающие их количество в процентах.

Пример расшифровки:

Р6М5 – быстрорежущая сталь содержит: до 1% углерода, до 6% вольфрама, до 5% молибдена.

ШАРИКОПОДШИПНИКОВАЯ СТАЛЬ (ГОСТ 801 – 78)

Применяется для изготовления деталей машин работающих в условиях трения (шарики и ролики подшипников). Данная сталь по химическому составу и структуре относится к классу инструментальных. Маркируется буквами «ШХ», содержит около 1% углерода и 0,6 – 1,5% хрома. Для увеличения прокаливаемости в состав стали вводят легирующие элементы: кремний, марганец.

Пример расшифровки:

ШХ6 – шарикоподшипниковая инструментальная качественная сталь содержит: до 1% углерода, до 0,6% хрома.

ЖАРОПРОЧНЫЕ И ЖАРОСТОЙКИЕ СТАЛИ (ГОСТ 5632-72)

Для изготовления деталей, работающих в условиях повышенной температуры (400-900°С) и окисления в газовой среде, применяют специальные *жаростойкие стали*. К жаростойким относят стали, содержащие алюминий, хром, кремний. Они не образуют окалины. Стойкость таких материалов при высоких температурах объясняется образованием на их поверхности плотных защитных плёнок, состоящих из оксидов легирующих элементов (хрома, алюминия, кремния). Область применения жаропрочных сталей: изготовление различных деталей нагревательных установок; изготовление энергетических установок.

Пример расшифровки:

40Х9С2 – хромкремневая конструкционная качественная сталь, содержит 0,40% углерода (С), 9% хрома (Cr), 2% кремния (Si).

Для изготовления деталей машин, длительное время работающих при больших нагрузках, и высоких температурах (500-1000°С), применяют *жаропрочные стали*. К числу жаропрочных относят стали, содержащие хром, кремний, молибден, никель и др. Они сохраняют свои прочностные свойства при нагреве до 650°С и более. Из таких сталей

изготавливают греющие элементы теплообменной аппаратуры, детали котлов, впускные и выпускные клапаны автомобильных и тракторных двигателей.

Пример расшифровки:

45Х14Н14В2М – хромоникелевая конструкционная качественная сталь с содержанием вольфрама и молибдена, где 0,45% углерода (С), по 14% хрома (Cr) и никеля (Ni), 2% вольфрама (W) и до 1,5 % молибдена (Mo).

СТАЛИ, УСТОЙЧИВЫЕ ПРОТИВ КОРРОЗИИ (ГОСТ 5632-72)

Коррозионностойкие стали – это нержавеющие стали, обладающие стойкостью против электрохимической и химической коррозии (атмосферной, кислотной, солевой), межкристаллитной коррозии и коррозии под напряжением. Наиболее стойкими против коррозии являются такие элементы, как хром и никель, поэтому эти химические элементы являются постоянными легирующими элементами при получении коррозионно-стойких (нержавеющих) сталей. Практика показывает, устойчивая коррозионная стойкость у сталей обрывается при массовой доле хрома 12,5% и выше.

Наиболее широкое применение получили коррозионно-стойкие стали, следующих марок: **20Х13, 08Х13, 25Х13Н2, 2Х14Н2.**

Пример расшифровки:

20Х13 – хромистая конструкционная качественная сталь, содержит 0,20% углерода (С) и 13% хрома (Cr).

Алгоритм для расшифровки марок стали приведен в Приложениях А, А.1, Б, Б.1, Б.2

2.2.3 КЛАССИФИКАЦИЯ И МАРКИРОВКА ЧУГУНОВ

Чугуном называют сплав железа с углеродом и другими элементами, содержащими более 2,14% углерода. Он не способен в обычных условиях обрабатываться давлением и дешевле стали. Кроме того, чугуны хорошо заполняют литейную форму по сравнению со сталями. В машиностроении их применяют для изготовления деталей машин, не испытывающих значительных растягивающих и ударных нагрузок.

Характерной особенностью чугунов является то, что углерод в сплаве может находиться не только в растворенном и связанном состоянии (*в виде химического соединения – цементита Fe_3C*), но также в свободном состоянии – *в виде графита*.

Классификация чугуна осуществляется по следующим признакам:

По состоянию углерода в чугуне классифицируют на:

- *свободный углерод;*
- *связанный углерод.*

По форме включений графита в чугуне классифицируют на:

- *пластинчатый;*
- *шаровидный;*
- *хлопьевидный.*

По химическому составу чугуны классифицируются на:

- *нелегированные чугуны (общего назначения)*
- *легированные чугуны (специального назначения).*

СЕРЫЙ ЧУГУН (ГОСТ 1412 – 85)

Серым называют чугун, излом которого имеет серый цвет, структуры таких чугунов имеют металлическую основу и графитовые включения в форме пластин. Содержание углерода в серых чугунах колеблется *от 2,8 до 3,8%*.

Маркируется серый чугун буквами **«СЧ»** с добавлением числа, обозначающего минимальную величину временного сопротивления при растяжении (σ_b) МПа.

Пример расшифровки:

СЧ35 – серый чугун имеет временное сопротивление при растяжении не ниже 350 МПа.

ВЫСОКОПРОЧНЫЙ ЧУГУН (ГОСТ 26358 – 84)

Высокопрочным называют чугун, в котором графит имеет шаровидную форму. Содержание углерода в высокопрочных чугунах - *3,6%*. Получение шаровидной формы графита достигается модифицированием присадками, содержащими **Mg, Ca, Ce**.

Модифицирование – введение в жидкий сплав сотых или десятых долей процента добавок – модификаторов.

Маркируется высокопрочный чугун буквами **«ВЧ»** с добавлением числа, обозначающего минимальную величину временного сопротивления при растяжении (σ_b) МПа.

Пример расшифровки:

***ВЧ80** – высокопрочный чугун имеет временное сопротивление при растяжении не ниже 800 МПа.*

КОВКИЙ ЧУГУН (ГОСТ 1215 – 79)

***Ковким** называют чугун, в котором графит имеет округлую хлопьевидную форму, содержание углерода колеблется от 2,4 до 2,9 %. Условное название мягкого и вязкого чугуна, получают в процессе отжига отливок, изготовленных из белых чугунов.*

Маркируется ковкий чугун буквами «**КЧ**» и двумя группами чисел. Первое число указывает минимальную величину временного сопротивления при растяжении (σ_b) МПа, второе – относительное удлинение (%).

Пример расшифровки:

***КЧ50 - 5** – высокопрочный чугун имеет временное сопротивление при растяжении не ниже 500 МПа и относительное удлинение 5%.*

АНТИФРИКЦИОННЫЙ ЧУГУН (ГОСТ 1585 – 85)

***Антифрикционным** называют чугун, полученный на основе серых чугунов с пластинчатым графитом и высокопрочных чугунов с шаровидным графитом.*

Основные требования, предъявляемые к антифрикционным сплавам, определяются условиями работы вкладыша подшипника.

Эти сплавы должны иметь:

- ❖ достаточную твердость, но не очень высокую, чтобы не вызвать сильного износа вала;
- ❖ сравнительно легко деформироваться под влиянием местных напряжений, т.е. быть пластичными;
- ❖ удерживать смазку на поверхности;
- ❖ иметь малый коэффициент трения между валом и подшипником.

Маркируется антифрикционный чугун буквами «**АСЧ**» или «**АВЧ**», цифра в обозначении указывает на номер марки (химический состав определяется по стандарту)

ПРИМЕР:

***АСЧ – 5** - антифрикционный серый чугун*

***АВЧ – 1** - антифрикционный высокопрочный чугун.*

Алгоритм для расшифровки марок чугуна приведен в Приложениях Б.3, Б.4

Раздел 3 Термическая обработка стали и чугуна

Тема 3.1 Термическая обработка

Свойства сплава зависят от его структуры. Основным способом, позволяющим изменять структуру, а следовательно, и свойства, является *термическая обработка*. Цель любого процесса термической обработки состоит в том, чтобы нагревом до определенной температуры и последующим охлаждением вызвать желаемое изменение строения сплава.

Главная задача термической обработки изделия из стали — придать ему требуемое эксплуатационное качество или совокупность таких качеств.

При термообработке режущего инструмента из инструментальных и легированных сталей достигается твердость 63 HRC и повышенная износостойкость. А ударный инструмент после нее должен иметь твердый поверхностный слой и пластичную ударопрочную сердцевину.

Термическими способами производят упрочнение поверхностных слоев стальных изделий, насыщая их при высокой температуре углеродом, азотом или другими соединениями, а также укрепляя закалкой нагартовку после горячей обработки давлением.

Другое назначение термической обработки — это восстановление изначальных свойств металла, которое достигается их отжигом. Термическая обработка кардинально изменяет эксплуатационные свойства металлов, используя при этом только внутреннее перестроение их кристаллических решеток. С помощью чередования циклов нагрева и охлаждения можно в разы увеличить твердость, износостойкость, пластичность и ударную вязкость изделия.

Помимо этого, термическая обработка дает возможность производить структурные изменения только в поверхностном слое на заданную глубину или воздействовать только на часть заготовки. Сочетание термообработки с горячей обработкой давлением приводит к значительному увеличению твердости металла, превышающему результаты, полученные отдельно при нагартовке или закалке.

При химико-термической обработке поверхностный слой металла диффузионным способом насыщается химическими элементами, значительно повышающими его износостойкость и твердость. При этом основная часть изделия сохраняет вязкость и пластичность.

С производственной точки зрения оборудование для термической обработки гораздо проще и дешевле, чем станки и установки механообрабатывающих и литейных производств. Термическая обработка металлов основана на фазовых изменениях внутренней структуры, происходящих при их нагреве или охлаждении. В общем виде процесс термообработки состоит из следующих этапов: нагрева, изменяющего структуру кристаллической решетки металла; охлаждения, фиксирующего достигнутые при нагреве изменения; отпуска, снимающего механические напряжения и упорядочивающего полученную структуру.

Особенностью технологии термической обработки стали является то, что при нагреве до 727°C она переходит в состояние твердого расплава — аустенита, в котором атомы углерода проникают внутрь элементарных ячеек железа, создавая равномерную структуру. При медленном охлаждении сталь возвращается в исходное состояние, а при быстром — фиксируется в виде аустенита или других структур.

От способа охлаждения и дальнейшего отпуска зависят свойства закаленной стали. Здесь соблюдается принцип: чем быстрее охлаждение и ниже температура, тем выше ее хрупкость и твердость. Термообработка является одним из ключевых технологических процессов для всех сплавов железа с углеродом.

Например, получить ковкий чугун можно только путем термической обработки белого чугуна

Виды термообработки стали.

Основными факторами любого вида термической обработки являются температура, время, скорость нагрева и охлаждения. Режим термообработки обычно представляется графиком в координатах температура - время ($t - \tau$) (рисунок 4). Скорость нагрева и охлаждения характеризуется углом наклона линий на графике.

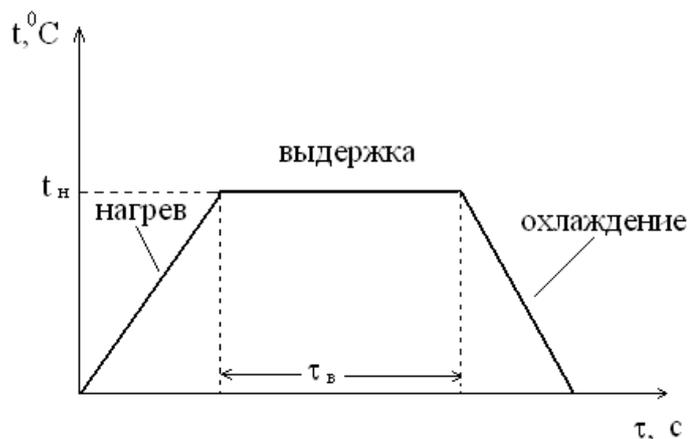


Рисунок 4 - График термической обработки

Различают три основных вида термической обработки металлов:

- **собственно термическая обработка**, которая предусматривает только температурное воздействие на металл;
- **химико-термическая обработка**, при которой в результате взаимодействия с окружающей средой при нагреве меняется состав поверхностного слоя металла и происходит его насыщение различными химическими элементами;
- **термомеханическая обработка**, при которой структура металла изменяется за счет термического и деформационного воздействия.

Основные виды собственно термической обработки стали:

- *отжиг первого рода* - нагрев, выдержка и охлаждение стального изделия с целью снятия остаточных напряжений и искажений кристаллической решетки после предшествующей обработки;
- *отжиг второго рода* - нагрев выше температуры фазового превращения и медленное охлаждение, для получения равновесного фазового состава стали;
- *закалка* - нагрев выше температур фазового превращения с последующим быстрым охлаждением для получения структурно неравновесного состояния;
- *отпуск* - нагрев закаленной стали ниже температур фазовых превращений и охлаждение для снятия остаточных напряжений после закалки. Если отпуск проводится при комнатной температуре или несколько ее превышающей, он называется *старением*.

Влияние термической обработки на механические свойства стали

Термическая обработка проводится для изменения механических свойств стали (прочности, твердости, пластичности, вязкости). Эти свойства зависят от структуры стали после термической обработки.

После отжига, отпуска, нормализации (отпуск с охлаждением на воздухе) структура стали состоит из пластичного феррита и цементита, обладающего высокой твердостью и хрупкостью.

Включения карбидов оказывают упрочняющее действие на стали. При малом числе цементитных включений стали пластичны и имеют невысокую твердость.

Измельчение частиц цементита при термической обработке приводит к упрочнению стали. При укрупнении частиц цементита увеличивается способность стали к пластической деформации.

После закалки структура стали состоит из мартенсита и остаточного аустенита. Твердость определяется твердостью мартенсита и его количеством. Пластичность закаленной стали зависит не только от содержания мартенсита, но и от его дисперсности (размера игл). Для обеспечения высокого комплекса механических свойств стремятся получить после закалки мелкоигльчатую структуру, что достигается при мелкозернистой структуре аустенита до превращения.

Твердость стали зависит от температуры изотермического распада аустенита. Чем ниже температура изотермического распада аустенита, тем выше дисперсность перлитных фаз и вследствие этого выше твердость стали.

Заключительной операцией термической обработки является отпуск. При отпуске стальное изделие приобретает свои окончательные свойства. Чем выше температура отпуска, тем ниже прочность и выше пластичность стали. Наибольшая пластичность соответствует при температуре 600-650⁰С.

Механические свойства стали после закалки и высокого отпуска оказываются выше по сравнению с отожженной или нормализованной сталью. Двойная термическая обработка, состоящая в закалке с последующим высоким отпуском, ведущая к существенному улучшению общего комплекса механических свойств, называется улучшением и является основным видом термической обработки конструкционных сталей.

Технология термической обработки стали

Отжиг и нормализация

Отжиг - термическая обработка, при которой сталь нагревается до определенной температуры, выдерживается при ней и затем медленно охлаждается в печи для получения равновесной, менее твердой структуры, свободной от остаточных напряжений. На рисунке 5 представлена схема различных видов отжига.

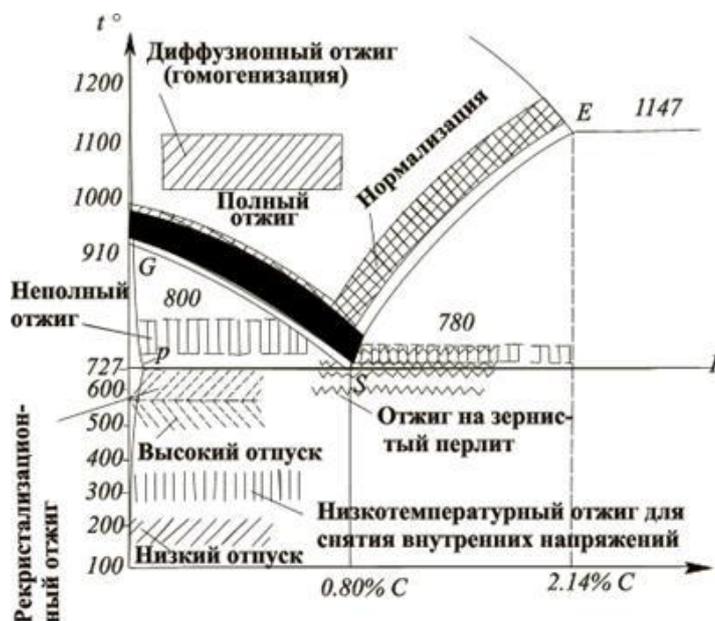


Рисунок 5 - Схема различных видов отжига.

К отжигу I рода, не связанному с фазовыми превращениями в твердом состоянии, относятся:

- *диффузионный отжиг (или гомогенизация)* - нагрев до 1000-1100⁰С для устранения химической неоднородности, образовавшейся при кристаллизации металла. Получается крупнозернистая структура, которая измельчается при последующем полном отжиге или нормализации;

- *рекристаллизационный отжиг*, который применяется для снятия наклепа после холодной пластической деформации. Температура нагрева чаще всего находится в пределах 650 - 700⁰С;

- *отжиг для снятия внутренних напряжений*. Применяют с целью уменьшения напряжений, образовавшихся в металле при литье, сварке, обработке резанием и т.д. Температура отжига находится в пределах 200 - 700⁰С, чаще 350 - 600⁰С.

Отжиг II рода (или фазовая перекристаллизация) может быть полным или неполным:

- *полный отжиг* - нагрев стали на 30 - 50⁰ выше верхней критической точки (линия GS) с последующим медленным охлаждением.

Полному отжигу подвергают отливки, поковки, прокат для измельчения зерна, снятия внутренних напряжений. При этом повышаются пластичность и вязкость.

- *неполный отжиг* отличается от полного тем, что сталь нагревают до более низкой температуры (на 30 - 50⁰ выше температуры 727⁰С. Это более экономичная операция, чем полный отжиг, так как нагрев производится до более низких температур.

При неполном отжиге улучшается обрабатываемость резанием в результате снижения твердости и повышения пластичности стали.

Изотермический отжиг заключается в нагреве и выдержке при температуре на 30-50⁰ выше верхней критической точки, охлаждении до 600-700⁰С, выдержке при этой температуре и последующем охлаждении на воздухе. При таком отжиге уменьшается время охлаждения, улучшается обрабатываемость резанием. Применяется для легированных сталей.

Нормализация - разновидность отжига; при нормализации охлаждение проводится на спокойном воздухе. Скорость охлаждения несколько больше, чем при обычном отжиге, что определяет некоторое отличие свойств отожженной и нормализованной стали.

Устраняется крупнозернистая структура, полученная при литье, прокатке или ковке. Охлаждение на воздухе, вне печи, снижает затраты на термообработку. Нормализацию применяют для низкоуглеродистых сталей вместо отжига, а для среднеуглеродистых сталей вместо улучшения (закалка + высокий отпуск).

Закалка

Закалка – это, термическая обработка, которая заключается в нагреве стали до температур, превышающих температуру фазовых превращений, выдержке при этой температуре и последующем охлаждении со скоростью, превышающей критическую минимальную скорость охлаждения. Основной целью закалки является получение высокой твердости, упрочнение. Оптимальный интервал закалочных температур углеродистой стали представлен на рисунке 6.

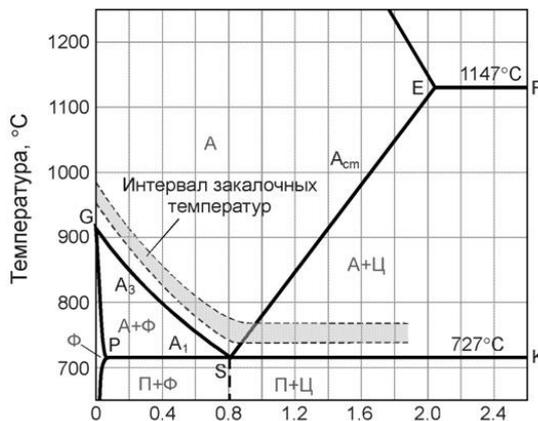


Рисунок 6 - Оптимальный интервал закалочных температур углеродистой стали

В зависимости от температуры нагрева различают:

- *полную закалку*, при которой нагрев осуществляется в однофазную аустенитную область (на 30-50° выше линии GSE). При быстром охлаждении происходит полное превращение аустенита в мартенсит;
- *неполную закалку*, при которой нагрев осуществляется в двухфазную область (на 30-50° выше линии PSK, но ниже линии GSE) и при охлаждении формируется в доэвтектоидных сталях феррито-мартенситная, а в заэвтектоидных сталях - мартенсито-цементитная структура.

На практике полную закалку применяют для доэвтектоидных сталей, неполную для заэвтектоидных сталей.

Температура нагрева под закалку легированных сталей обычно выше, чем для углеродистых. Диффузионные процессы в легированных сталях протекают медленнее, поэтому для них требуется более длительная выдержка. Нагрев легированных сталей до более высокой температуры и более длительная выдержка не сопровождается ростом зерна, так как легирующие элементы снижают склонность к росту зерна при нагреве.

После закалки структура состоит из легированного мартенсита. Для достижения максимальной твердости при закалке стремятся получать мартенситную структуру. Минимальная скорость охлаждения, необходимая для переохлаждения аустенита до мартенситного превращения, называется *критической скоростью закалки*. Скорость охлаждения определяется видом охлаждающей среды.

Обычно для закалки используют кипящие жидкости: воду, водные растворы солей и щелочей, масла.

Выбор конкретной закалочной среды определяется видом изделия. Например, воду с температурой 18-25°С используют в основном при закалке деталей простой формы и небольших размеров, выполненных из углеродистой стали. Детали более сложной формы из углеродистых и легированных сталей закаляют в маслах. Для закалки легированных сталей часто используют водные растворы NaCl и NaOH с наиболее высокой охлаждающей способностью. Для некоторых легированных сталей достаточная скорость охлаждения обеспечивается применением спокойного или сжатого воздуха.

Из-за пониженной теплопроводности легированных сталей их нагревают и охлаждают медленнее. Важными характеристиками стали, необходимыми для назначения технологических режимов закалки, являются закаливаемость и прокаливаемость.

Закаливаемость характеризует способность стали к повышению твердости при закалке и зависит главным образом от содержания углерода в стали.

Прокаливаемость характеризует способность стали закаливаться на требуемую глубину. Зависит прокаливаемость от критической скорости охлаждения: чем меньше критическая

скорость закалки, тем выше прокаливаемость. На прокаливаемость оказывают влияние химический состав стали, характер закалочной среды, размер и форма изделия и многие другие факторы. Легирование стали способствует увеличению ее прокаливаемости. Прокаливаемость деталей из среднеуглеродистой стали при закалке в масле ниже, чем при закалке в воде. Прокаливаемость резко уменьшается с увеличением размеров заготовки.

При сквозной прокаливаемости по сечению изделия механические свойства одинаковы, при несквозной прокаливаемости в сердцевине наблюдается снижение прочности, пластичности и вязкости металла. Прокаливаемость является важной характеристикой стали и при выборе марки стали рассматривается наряду с ее механическими свойствами, технологичностью и себестоимостью.

Способы закалки стали:

- **закалка в одном охладителе**, при которой нагретая деталь погружается в охлаждающую жидкость и остается там до полного охлаждения. Наиболее простой способ. Недостаток -- возникновение значительных внутренних напряжений. Закалочная среда -- вода для углеродистых сталей сечением более 5 мм, масло -- для деталей меньших размеров и легированных сталей;

- **закалка в двух средах**, при которой деталь до 300-- 400°C охлаждают в воде, а затем переносят в масло. Применяют для уменьшения внутренних напряжений при термообработке изделий из инструментальных высокоуглеродистых сталей. Недостаток -- трудность регулирования выдержки деталей в первой среде;

- **ступенчатая закалка**, при которой деталь быстро охлаждается погружением в соляную ванну с температурой, немного превышающей температуру мартенситного превращения, выдерживается до достижения одинаковой температуры по всему сечению, а затем охлаждается на воздухе. Медленное охлаждение на воздухе снижает внутренние напряжения и возможность коробления. Недостаток -- ограничение размера деталей;

- **изотермическая закалка**, при которой деталь выдерживается в соляной ванне до окончания изотермического превращения аустенита. Применяют для конструкционных легированных сталей. При такой закалке обеспечивается достаточно высокая твердость при сохранении повышенной пластичности и вязкости;

- **закалка с самоотпуском**, при которой в закалочной среде охлаждают только часть изделия, а теплота, сохранившаяся в остальной части детали после извлечения из среды, вызывает отпуск охлажденной части. Применяют для термообработки ударного инструмента типа зубил, молотков, которые должны сочетать высокую твердость и вязкость;

- **обработка холодом** состоит в продолжении охлаждения закаленной стали ниже 0°C до температур конца мартенситного превращения (обычно не ниже -75°C). В результате обработки холодом повышается твердость и стабилизируются размеры деталей. Наиболее распространенной является охлаждающая среда смеси ацетона с углекислотой.

Отпуск и искусственное старение

Отпуск -- это, заключительная операция термической обработки стали, которая заключается в нагреве ниже температуры перлитного превращения (727°C), выдержке и последующем охлаждении. При отпуске формируется окончательная структура стали. Цель отпуска -- получение заданного комплекса механических свойств стали, а также полное или частичное устранение закалочных напряжений.

Различают следующие виды отпуска:

- **низкий отпуск** проводят при 150-200°C для снижения внутренних напряжений и некоторого уменьшения хрупкости мартенсита. Закаленная сталь после низкого отпуска имеет структуру отпущенного мартенсита, твердость ее почти не снижается, а прочность и вязкость повышаются. Низкий отпуск применяют для углеродистых и низколегированных сталей, из

которых изготавливается режущий и измерительный инструмент, а также для машиностроительных деталей, которые должны обладать высокой твердостью и износостойкостью.

- **средний отпуск** проводят при 350-450⁰С для некоторого снижения твердости при значительном увеличении предела упругости. Структура стали представляет троостит отпуска, обеспечивающий высокие пределы прочности, упругости и выносливости, а также улучшение сопротивляемости действию ударных нагрузок. Этот отпуск применяют для пружин, рессор и для инструмента, который должен иметь значительную прочность и упругость при достаточной вязкости.

- **высокий отпуск** проводят при 440-650⁰С для достижения оптимального сочетания прочностных, пластических и вязких свойств. Структура стали представляет собой однородный сорбит отпуска с зернистым строением цементита. Высокий отпуск применяется для конструкционных сталей, детали из которых подвергаются действию высоких напряжений и ударным нагрузкам. Термическая обработка, состоящая из закалки с высоким отпуском (улучшение), является основным видом термической обработки конструкционных сталей.

Искусственное старение – это, отпуск при невысоком нагреве. При искусственном старении детали нагревают до температуры 120-150⁰С и выдерживают при ней в течение 10-35 часов. Длительная выдержка позволяет, не снижая твердости закаленной стали, стабилизировать размеры деталей.

Искусственное старение значительно ускоряет процессы, которые происходят при естественном старении. Естественное старение заключается в выдержке деталей и инструмента при комнатной температуре и длится три и более месяцев.

Термомеханическая и механотермическая обработка

Повысить комплекс механических свойств стали по сравнению с обычной термической обработкой позволяют методы, сочетающие термическую обработку с пластическим деформированием.

Термомеханическая обработка (ТМО) заключается в сочетании пластической деформации стали в аустенитном состоянии с закалкой. После закалки проводят низкотемпературный отпуск (рисунок 7).

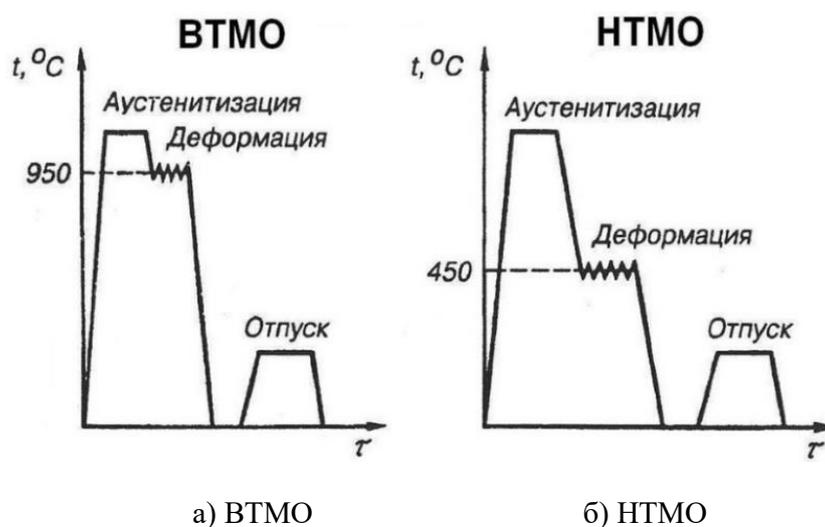


Рисунок 7 - Схема термомеханической обработки стали

В зависимости от температуры, при которой сталь подвергают пластической деформации, различают два основных способа термомеханической обработки:

- *высокотемпературную* термомеханическую обработку (ВТМО), при которой деформируют сталь, нагретую до однофазного аустенитного состояния (выше линии GS на диаграмме железо-цементит). Степень деформации составляет 20-30 %. После деформации следует немедленная закалка (рис. 7а);

- *низкотемпературную* термомеханическую обработку (НТМО), при которой сталь деформируют в области устойчивости переохлажденного аустенита (400-600⁰С). Степень деформации составляет 75--95 %. Сразу после деформации проводят закалку (рис. 7б). В обоих случаях после закалки следует низкотемпературный отпуск (100-300⁰С).

Термомеханическая обработка позволяет получить очень высокую прочность при хорошей пластичности и вязкости. Наибольшее упрочнение достигается при НТМО, но проведение ее более сложно по сравнению с ВТМО, так как требуются более высокие усилия деформации. ВТМО более технологична, она обеспечивает большой запас пластичности и лучшую конструктивную прочность.

Механотермическая обработка, так же как и термомеханическая, сочетает закалку и деформирование, но имеет обратный порядок этих процессов: сначала сталь подвергают термической обработке, а затем деформируют. Одним из видов механотермической обработки является *патентирование*. Патентирование заключается в термической обработке с последующей деформацией на 90-95%. Такая обработка позволяет достичь высокого предела прочности тонкой проволоки из высокоуглеродистой стали.

Поверхностная закалка

Поверхностная закалка – это, термическая обработка, при которой закаливается только поверхностный слой изделия на заданную глубину, тогда как сердцевина изделия остается незакаленной. В результате поверхностный слой обладает высокой прочностью, а сердцевина изделия остается пластичной и вязкой, что обеспечивает высокую износостойкость и одновременно стойкость к динамическим нагрузкам.

В промышленности применяют следующие методы поверхностной закалки:

- *закалку с индукционным нагревом токами высокой частоты* при массовой обработке стальных изделий;
- *газопламенную поверхностную закалку* пламенем газовых или кислород-ацетиленовых горелок (температура пламени 2400-3000⁰С) для единичных крупных изделий;
- *закалку в электролите* для небольших деталей в массовом производстве;
- *лазерную закалку*, позволяющую существенно увеличить износостойкость, предел выносливости при изгибе и предел контактной выносливости.

Закалка с индукционным нагревом (нагрев ТВЧ) - наиболее распространенный способ поверхностной закалки.

Схема устройства для закалки с нагревом токами высокой частоты представлена на рисунке 8.

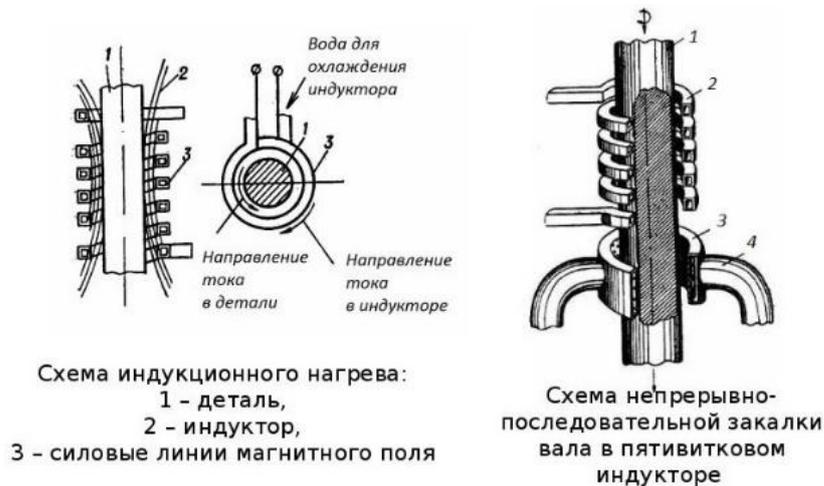


Рисунок 8 - Схема устройства для закалки с нагревом токами высокой частоты

Химико-термическая обработка стали

Химико-термической обработкой называется тепловая обработка металлических изделий в химически активных средах для изменения химического состава, структуры и свойств поверхностных слоев. Химико-термическая обработка основана на диффузии атомов различных химических элементов в кристаллическую решетку железа при нагреве в среде, содержащей эти элементы.

Любой вид химико-термической обработки состоит из следующих процессов:

- *диссоциация* -- распад молекул и образование активных атомов насыщенного элемента, протекает во внешней среде;
- *адсорбция* -- поглощение (растворение) поверхностью металла свободных атомов, происходит на границе газ-металл;
- *диффузия* -- перемещение атомов насыщающего элемента с поверхности вглубь металла.

Насыщающий элемент должен взаимодействовать с основным металлом, образуя твердые растворы или химические соединения, иначе процессы адсорбции и диффузии невозможны. Глубина проникновения диффундирующих атомов (толщина диффузионного слоя) зависит от состава стали, температуры и продолжительности насыщения.

Дефекты и брак при термической обработке

При термической обработке могут возникнуть дефекты, связанные как с режимом и технологией ее проведения, так и с особенностями конструкции изделия. Одни виды дефектов неисправимы (трещины, пережог), другие можно устранить последующими операциями механической или термической обработки.

При отжиге и нормализации могут появиться следующие дефекты:

коррозия - окисление металла при взаимодействии поверхности стальных деталей с печными газами. При этом образуется окалина, повреждается поверхность детали, что затрудняет обработку металла режущим инструментом. Окалину удаляют травлением в растворе серной кислоты, очисткой в дробеструйных установках или галтовочных барабанах;

обезуглероживание - выгорание углерода с поверхности детали, происходит при окислении стали. Приводит к резкому снижению прочности, может вызвать образование закалочных трещин и коробление. Для предохранения деталей от окисления и обезуглероживания при отжиге, нормализации и закалке в рабочее пространство печи вводят безокислительные (защитные) газы;

перегрев - образование крупнозернистой структуры стали при нагреве выше определенных температур и длительной выдержке. Перегрев ведет к понижению пластичности, образованию трещин при закалке. Исправляется повторным отжигом или нормализацией;

пережог - может возникнуть в результате нагрева при еще более высоких температурах и длительной выдержке металла при высокой температуре в окислительной атмосфере печи.

Пережог сопровождается окислением и частичным оплавлением границ зерен. Металл становится хрупким. Пережог является неисправимым браком.

В процессе закалки могут возникнуть следующие дефекты:

закалочные трещины (наружные или внутренние) образуются вследствие высоких внутренних напряжений и являются неисправимым браком. Трещины возникают при неправильном нагреве (перегреве) и большой скорости охлаждения деталей, а также если в изделии имеются резкие переходы от тонких сечений к толстым, выступы, заостренные углы и т. п.;

деформация - изменение формы и размеров изделия, происходит в результате внутренних напряжений, вызванных неравномерным охлаждением;

коробление - несимметричная деформация изделий. Коробление может происходить вследствие причин, вызывающих деформацию, а также при неправильном положении детали при погружении ее в закалочную среду;

мягкие пятна - участки на поверхности изделия с пониженной твердостью. Образуются в местах, где имелись окалина, загрязнения, участки с обезуглероженной поверхностью, а также при недостаточно быстром движении деталей в закалочной среде;

низкая твердость изделия является следствием недогрева, недостаточной выдержки или недостаточно быстрого охлаждения в закалочной среде. Для исправления такого дефекта деталь подвергают высокому отпуску и повторной закалке;

перегрев и недогрев под закалку приводят к снижению механических свойств. Исправляют эти дефекты отжигом, после которого снова проводят закалку;

окисление и обезуглероживание поверхности изделия предупреждается строгим соблюдением режима термической обработки и нагревом в среде нейтральных газов (азот, аргон).

Тема 3. 2 Термическая обработка чугуна

Серые, белые и ковкие чугуны подвергают термической обработке с целью изменения их структуры и свойств.

Технология термической обработки чугуна (отжиг, нормализация, закалка, отпуск и химико-термическая обработка) сходна с технологией термической обработки стали.

В отличие от структурных превращений, наблюдаемых в стали, в чугунах при некоторых видах термической обработки происходит разложение цементита. Цементит является неустойчивым химическим соединением, способным при нагреве до температур свыше 550⁰ разлагаться с образованием графита или углерода. Этим свойством цементита пользуются при получении ковкого чугуна и при устранении отбеленной корки на деталях из серых чугунов, образующейся в процессе отливки на поверхности деталей, соприкасающейся с формой.

Кроме процесса разложения цементита и выделения углерода, может идти иной процесс - частичное растворение структурно свободного углерода в твердом растворе. Это явление используют при необходимости повысить твердость чугунного изделия.

В зависимости от структуры различают следующие классы чугунов: ферритный, феррито-перлитный, перлитный и перлитно-цементитный. В промышленности применяются чугуны ферритно-перлитного и перлитного классов.

Для повышения механических свойств чугуна применяются следующие виды термической обработки: *отжиг, нормализация, закалка и отпуск*. Термической обработке подвергаются практически все виды чугунов, особенно серый, ковкий и высокопрочный.

Низкотемпературный отжиг выполняют при температуре 500-550⁰С с выдержкой от 2 до 8 ч. Охлаждение производится со скоростью 20-30⁰С в час до температуры 150-200⁰С, затем на воздухе. Применяется для снятия внутренних напряжений, заменяет естественное старение.

Высокотемпературный отжиг проводят при температуре 950-1000⁰С с выдержкой в течение до 4-х часов и охлаждением в печи. Применяется для повышения обрабатываемости чугуна, понижения его твердости, а при длительной выдержке - для получения ковкого чугуна.

Нормализация (нагрев до температуры 820-900⁰С с последующим охлаждением на воздухе) применяется для повышения износостойкости и прочности чугуна.

Закалка чугуна может быть обычной, изотермической с нагревом в печах или токами высокой частоты. Нагревают до 830-900⁰С.

При изотермической закалке охлаждение производится в ванне с расплавленной солью, нагретой до 200-400⁰С. При закалке в масле изделия нагревают до 830-870⁰С, при закалке в воде - до 800-820⁰С. Закалка применяется для повышения твердости, износостойкости, предела прочности и упругости.

Закаленный чугун подвергается низкотемпературному (180-250⁰С) или высокотемпературному (400-600⁰С) отпуску для снятия внутренних напряжений, повышения пластичности и прочности.

Легированным называют чугун, содержащий специальные добавки, такие как никель, молибден, кремний, хром и ванадий. Легированные чугуны с целью закаливания нагреваются до температуры 850-880⁰С, а затем охлаждаются в масле. Температура отпуска 200-250⁰С.

Модифицированный чугун – это, чугун, в который в жидком состоянии перед разливкой введены модификаторы: ферросилиций, силикокальций и алюминий, церий, магний. Модификаторы способствуют получению высоких прочностных и других механических свойств чугуна.

Раздел 4 Цветные металлы и сплавы

Тема 4.1 Классификация и маркировка цветных металлов и сплавов

Цветные металлы и их сплавы обладают рядом ценных свойств: хорошей пластичностью, вязкостью, высокой электро – и теплопроводностью, коррозионной стойкостью и другими достоинствами. Из цветных металлов в машиностроении в чистом виде и в виде сплавов широко используются *алюминий, медь, свинец, олово, магний, цинк, титан*.

МЕДЬ И ЕЁ СПЛАВЫ.

Медь – цветной металл, обладающий высокой тепло – и электропроводностью, хорошо обрабатывается давлением в холодном и горячем состоянии, у неё повышенная коррозионная стойкость. В чистом виде имеет красный цвет; чем больше примесей, тем грубее и темнее излом. Температура плавления меди 1083°C , плотность – $8,92\text{г/см}^3$. По содержанию примесей различают марки меди (*ГОСТ 859 – 2001*): *M00 (99,99%Cu), M0 (99,95%Cu), M1 (99,9%Cu), M2 (99,7%Cu), M3 (99,50%Cu)*.

Легирование меди осуществляется с целью придания сплаву требуемых механических, технологических, антифрикционных и других свойств. Химические элементы, используемые при легировании, обозначают в марках медных сплавов следующими индексами: *A – алюминий, Ж – железо, К – кобальт, Mg – магний, Mn – марганец, Ni – никель, O – олово, С – свинец, Ц – цинк* и др. Условные обозначения основных элементов в марках металлов и сплавов, приведены в Приложении В.

Классификация меди осуществляется по признакам:

По химическому составу меди классифицируют на:

- *латуни;*
- *бронзы;*
- *медно - никелевые сплавы.*

По технологическому назначению меди классифицируют на:

- *деформируемые;*
- *литейные.*

По изменению прочности после термической обработки меди классифицируют на:

- *упрочняемые термической обработкой;*
- *неупрочняемые термической обработкой.*

Латуни - медные сплавы, в которых главным легирующим элементом является цинк (*до 45%*). В зависимости от содержания легирующих элементов различают:

- *простые латуни (двойные);*
- *многокомпонентные латуни (легированные).*

Простые латуни маркируют буквой «*L*» и цифрами, показывающими среднее содержание меди в сплаве.

Пример расшифровки:

L90 – латунь, содержит 90% меди (Cu), остальное содержание до ста процентов цинка (Zn) – 10%.

Многокомпонентные латуни по технологическому признаку подразделяются на:

- *литейные;*
- *деформируемые.*

ДЕФОРМИРУЕМЫЕ ЛАТУНИ (ГОСТ 15527 – 2004)

Деформируемые латуни маркируются буквой «*L*» и следующими за ней обозначениями легирующих элементов. Затем следует группа цифр, первая из них указывает на концентрацию меди, а каждая из последующих цифр – на содержание соответствующего легирующего элемента.

Пример расшифровки:

ЛЖМц 59 – 1 – 1 – латунь деформируемая, содержащая: 59% меди (Cu), 1% железа (Fe), 1% марганца (Mn), остальное – 39% цинка (Zn).

ЛИТЕЙНЫЕ ЛАТУНИ (ГОСТ 17711 – 93)

В марках литейных латуней в явной форме указывается содержание цинка, а содержание меди определяют по разности. Числа, соответствующие процентной концентрации цинка и легирующих элементов, следуют непосредственно за буквенными символами.

Пример расшифровки:

ЛЦ40Мц3А – латунь литейная, содержит: 40% цинка (Zn), 3% марганца (Mn), 1% алюминия (Al) и остальное – 56% меди (Cu).

БРОНЗЫ (ГОСТ 613 – 79 и ГОСТ 493 – 79)

Бронзы – это сплавы меди с оловом и другими элементами (алюминий, кремний, марганец, свинец).

Классификация бронзы осуществляется по признакам:

По содержанию основных компонентов, бронзы классифицируют на:

- **оловянные** (главный легирующим элементом, которых является олово);
- **безоловянные** (не содержат олово).

По технологическому назначению бронзы классифицируют на:

- **деформируемые;**
- **литейные.**

Принципы маркировки бронз в общем близки с маркировкой латуней. Различие состоит в том, что на первом месте в марке пишут «**Бр**», кроме того, ни в деформируемых, ни в литейных сплавах не указывают в явной форме концентрацию меди, имея в виду, что она является основой сплава.

Пример расшифровки:

БрОЦС 4 – 4 - 17 – деформируемая бронза, содержащая: 4% олово (Sn); 4% цинк (Zn); 17% свинец (Pb), основа медь (Cu) – 75%.

БрОЗЦ12С5 – литейная бронза, содержащая: 3% олово (Sn); 12% цинк (Zn); 5% свинец (Pb), основа медь (Cu) – 80%.

МЕДНО-НИКЕЛЕВЫЕ СПЛАВЫ (ГОСТ 492 – 73)

Медно – никелевые сплавы – это сплавы на основе меди, в которых основным легирующим элементом является никель.

Медно – никелевые сплавы маркируются буквами «**МН**», и следующими за ними обозначениями легирующих элементов. Затем следует группа цифр, первая из них указывает на концентрацию никеля, а каждая из последующих цифр – на содержание соответствующего легирующего элемента.

Пример расшифровки:

МНМц 3 – 12 – медно – никелевый сплав, содержит: 3% никеля (Ni); 12% марганца (Mn), остальное медь (Cu) – 85%.

Тема 4.2 Алюминий и его сплавы

Алюминий – легкий металл (плотность $2,7г/см^3$) белого цвета, температура плавления $660^{\circ}C$. Обладает высокой электро – и теплопроводностью, высокой химической активностью и одновременно исключительной коррозионной стойкостью.

Алюминий (**ГОСТ 1106-01**) в зависимости от содержания примесей выпускают трёх видов: особой чистоты (99,999% Al), высокой чистоты (от 99,995 – 99,95% Al) и технической чистоты (от 99,85 – 99,0% Al).

Чистый алюминий, имеющий малую прочность и твердость, применяется мало. В основном он идет для получения алюминиевых сплавов.

Классификация алюминиевых сплавов осуществляется по признакам:

По технологии изготовления алюминиевые сплавы классифицируют на:

- деформируемые;
- литейные.

По степени упрочения после термической обработки алюминиевые сплавы классифицируют на:

- упрочняемые термической обработкой;
- неупрочняемые термической обработкой.

ДЕФОРМИРУЕМЫЕ АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ (ГОСТ 21488 – 76)

Алюминиевые сплавы неупрочняемые термической обработкой, к ним относят сплавы:

- алюминий с марганцем марки «АМц»;
- Алюминий с магнием марки «АМг».

Алюминиевые сплавы упрочняемые термической обработкой, к ним относят сплавы:

- алюминий с медью и магнием марки «Д» (дюралюмины);
- алюминий с медью, цинком и магнием марки «В»;
- алюминий с медью, магнием и добавкой кремния марки «АК»;
- алюминий с магнием и кремнием марки «АД» (авиали);
- сложный химический состав, легированы железом, никелем, медью и другими элементами.

ЛИТЕЙНЫЕ АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ (ГОСТ 2685 – 75)

Применяют алюминиевые сплавы систем:

- алюминий с кремнием (силумин);
- алюминий с медью;
- алюминий с магнием (магналин).

Маркируются литейные алюминиевые сплавы буквами «АЛ», цифра за буквами – химический состав по ГОСТу.

ТИТАН И ЕГО СПЛАВЫ (ГОСТ 19807 – 91)

Титан – серебристо – белый металл низкой плотности – $4.52/см^3$ с высокой прочностью, коррозионной и химической стойкостью. Температура плавления титана $1660^{\circ}C$, с углеродом он образует очень твердые карбиды. Титан обладает высокой коррозионной стойкостью в атмосфере, пренной иморской воде, ряде кислот. Титан хорошо куётся и сваривается.

Классификация титановых сплавов осуществляется по признакам:

По технологическому назначению титановые сплавы классифицируют на:

- деформируемые;
- литейные.

По механическим свойствам титановые сплавы классифицируют на:

- низкой прочности (до 700 МПа);
- средней прочности (700 – 1000 МПа);
- высокой прочности (более 1000 МПа).

По эксплуатационным характеристикам титановые сплавы классифицируют на:

- жаропрочные;
- химически стойкие.

По отношению к термической обработке титановые сплавы классифицируют на:

- упрочняемые термической обработкой;
- неупрочняемые термической обработкой.

Деформируемые титановые сплавы по механической прочности выпускают под марками:

- *низкой прочности* – **BT1**;
- *средней прочности* – **BT3, BT4, BT5**;
- *высокой прочности* – **BT6, BT14, BT15**.

Для литья применяются сплавы, аналогичные по составу деформируемым сплавам (**BT5Л, BT14Л**), а также специальные литые сплавы.

Тема 4.3 Магний и его сплавы (ГОСТ 2581 – 78)

Магний – самый легкий, плотность $1,74\text{г/см}^3$ из технических цветных металлов, серебристого цвета, температура плавления 650°C .

Главным достоинством магния как машиностроительного материала являются низкая плотность, технологичность. Однако его коррозионная стойкость во влажных средах (кислотах, растворах солей) крайне низка. Чистый магний практически не используется в качестве конструкционного материала из-за его недостаточной коррозионной стойкости. Он применяется в качестве легирующей добавки к сталям и чугунам.

Классификация магниевых сплавов осуществляется по признакам:

По технологии переработки магниевые сплавы классифицируют на:

- *деформируемые*;
- *литейные*.

По механическим свойствам магниевые сплавы классифицируют на:

- *невысокой прочности*;
- *средней прочности*;
- *высокой прочности*.

По отношению к термической обработке магниевые сплавы классифицируют на:

- *упрочняемые термической обработкой*;
- *неупрочняемые термической обработкой*.

Маркировка магниевых сплавов состоит из буквы «**М**», обозначающей соответственно сплав, и буквы, указывающей способ технологической переработки (**А** – для деформируемых, **Л** – для литейных). А также цифры, обозначающей порядковый номер сплава.

Деформируемые магниевые сплавы выпускают марки – **МА1, МА2, МА3, МА5, МА8**.

Литейные магниевые сплавы выпускают – **МЛ1, МЛ2, МЛ3, МЛ4, МЛ5, МЛ6**.

Баббиты (ГОСТ 1320-74)

Для изготовления деталей, эксплуатируемых в условиях трения, скольжении, используют сплавы с характеризующиеся низким коэффициентом трения, прирабатываемостью, износостойкостью, малой склонностью к заеданию.

Баббиты – это антифрикционные сплавы на основе легкоплавких металлов олова, свинца и цинка. В состав баббитов вводят легирующие элементы, придающие им специфические свойства: медь увеличивает твёрдость и ударную вязкость; никель – вязкость, твёрдость, износоустойчивость; кадмий – прочность и коррозионную стойкость; сурьма – прочность сплава. По антифрикционным свойствам баббиты являются незаменимыми материалами. Их недостатком является низкая сопротивляемость усталости.

По химическому составу баббиты классифицируются на группы:

- *оловянные* – **Б83, Б88**;
- *оловянно-свинцовые* – **БС6, БС16**;
- *свинцовые* – **БК2, БКА**.

Тема 4.4 Твёрдые сплавы (ГОСТ 3882 – 74)

Твёрдые сплавы – материалы, состоящие из высокотвердых и тугоплавких карбидов ванадия, титана, тантала с металлической связующей (кобальтовая связка). Получают методом

порошковой металлургии. Главными недостатками твердых сплавов является их хрупкость и трудность механической обработки. Твердые сплавы в виде пластин механическим способом или латунным припоем крепят на режущем инструменте. Инструменты с твердосплавными пластинами применяют в наиболее тяжелых условиях резания с максимальными скоростями.

В зависимости от состава карбидной основы твердые сплавы подразделяются:

- **вольфрамовые;**
- **титановольфрамовые;**
- **титанотанталовольфрамовые.**

Маркируются твердые сплавы буквами и цифрами.

ВОЛЬФРАМОВЫЙ СПЛАВ маркируется – «**ВК**», число стоящее в марке после буквы «**К**», указывает на процентное содержание кобальта, остальное – карбид вольфрама.

Пример расшифровки:

***ВК8** – вольфрамовый твердый сплав, содержит: 8% кобальта (Co) и остальное – 82% карбида вольфрама (WC).*

ТИТАНОВОЛЬФРАМОВЫЙ СПЛАВ маркируется буквами «**ТК**», число стоящее после буквы «**Т**», указывает на процентное содержание карбида титана; число после «**К**» - содержание кобальта, остальное – карбид вольфрама.

Пример расшифровки:

***Т5К10** – титановольфрамовый твердый сплав, содержит: 5% карбида титана (TiC), 10% кобальта (Co) и 85% карбида вольфрама (WC).*

ТИТАНОТАНТАЛОВОЛЬФРАМОВЫЙ СПЛАВ маркируется буквами «**ТТК**», число стоящее после букв «**ТТ**», указывает суммарное содержание карбидов титана и тантала, число после «**К**» - содержание кобальта, остальное – карбид вольфрама.

Пример расшифровки:

***ТТ7К12**– титанотанталовольфрамовый твердый сплав, содержит: 7% карбидов титана (TiC) и тантала (TaC), 12% кобальта (Co) и 81% карбида вольфрама (WC).*

Алгоритм для расшифровки марок цветных металлов приведен в Приложениях Б.5- Б.9.

Раздел 5 Полимерные материалы

Тема 5.1 Полимерные материалы и резина

Материалы на основе полимеров обладают широким комплексом свойств, позволяющих использовать их на транспорте в качестве конструкционных, электро-, тепло-, звукоизоляционных и антифрикционных материалов. Применение на транспорте материалов на основе полимеров позволяет, в первую очередь, получить экономию дорогих цветных металлов и высоколегированных сталей, снизить нагрузку на ось колесной пары, обеспечить комфорт пассажирам.

Полимерные материалы широко используют в ремонтном производстве при восстановлении деталей. Эти материалы обеспечивают необходимую износостойкость и прочность восстановленных изделий, а технология их восстановления отличается простотой выполнения операций без применения сложного оборудования. Восстанавливают детали путем нанесения на изношенные или поврежденные поверхности тем или иным способом слоя пластмассы, склеивания или заделки трещин и разрывов. В ремонтном производстве наиболее часто применяют полиамидные смолы, полиэтилен, волокнит, стекловолокнит, составы на основе эпоксидных смол, синтетические клеи, фторопласты, термопласты и другие.

К техническим требованиям, предъявляемым к полимерам относятся: высокая термостойкость, прочность в условиях вибрационных и переменных нагрузок, стойкость к воздействию воды, топлива, масел. Отрицательным свойством многих полимеров является их склонность к старению. В результате они становятся хрупкими, изменяется их прочность и другие свойства. Интенсивность старения определяется условиями эксплуатации узлов и деталей и структурой материала. Для замедления старения в полимерные материалы добавляют стабилизаторы.

Достоинствами синтетических полимеров являются малый вес изготовленных из них деталей, большая прочность, малая трудоемкость изготовления. При изучении видов и свойств полимеров необходимо вспомнить из курса химии, какие материалы относятся к органическим, а какие к неорганическим в зависимости от элементов, входящих в их состав; какими достоинствами и недостатками они обладают.

Способами получения полимеров служат *реакции полимеризации* (сополимеризации) и поликонденсации.

Процесс, при котором происходит многократное соединение мономеров одного состава, называется *полимеризацией*.

Реакции соединения мономеров неодинакового состава по цепной схеме называется *сополимеризацией*.

Поликонденсация – это реакция между химически активными группами, приводящая к образованию нового вещества, состав которого отличается от исходных мономеров.

Пластические массы (пластмассы) – это синтетические материалы, получаемые на основе органических и элементоорганических полимеров. Свойства пластмасс определяются свойствами полимеров, составляющих их основу. Пластмассы состоят из нескольких компонентов: *связующего вещества, наполнителя, пластификатора и других*. Пластмассы, также как и полимеры делятся на *термопластичные и терморезистивные*. Пластмассы различают по наполнителям, по способу применения. Кроме того, существуют газонаполненные пластмассы, отличающиеся высокими тепло- и звукоизоляционными качествами.

Резина широко применяется для защиты от коррозии, герметизации соединений, амортизации оборудования и инструмента, а также в качестве электроизоляционного материала для изготовления силовых кабелей шнуров, проводов и т.п.

Резина – продукт переработки при повышенной температуре смеси, состоящей из каучука, серы и специальных добавок. Основой резины являются каучуки – натуральный или синтетические, которые и определяют основные свойства резины. Резина имеет высокие эластичные свойства, высокую упругость и сопротивляемость разрыву. Резина является хорошим тепло- и звукоизоляционным материалом. Кроме того, резина обладает малой плотностью, высокой стойкостью против истирания, химической стойкостью, хорошими электроизоляционными свойствами.

Основной операцией превращения каучука в резину является вулканизация (нагрев в парах серы), когда линейная структура каучука превращается в пространственную за счёт того, что сера, вступает в реакцию с атомами углерода, имеющими до вулканизации двойные связи, соединяет макромолекулы.

Помимо каучука и вулканизатора в состав резины входят:

- ❖ противостарители – вещества, препятствующие окислению резины;
- ❖ пластификаторы - вещества, облегчающие переработку резиновой смеси (парафин, вазелин и др.);
- ❖ наполнители – активные вещества (сажа, оксиды кремния и цинка), участвующие в образовании трехмерной структуры и повышающие качественные свойства,

В зависимости от условий эксплуатации различают резины общего и специального назначения.

Раздел 6 Неметаллические материалы

Тема 6.1 Абразивные и смазочные материалы

Абразивные материалы— вещества, обладающие высокой твердостью и используемые в свободном (материалы) или связанном (инструменты) состоянии для механической обработки поверхности различных изделий. В современном представлении абразивные материалы (абразивы) — это, как правило, сыпучие материалы, полученные путем дробления и отсева природных кристаллических минералов или искусственных (синтетических) материалов. Их называют еще шлифовальные материалы, шлифзерно, абразивное зерно и т. п. Принцип их действия заключается в удалении части обрабатываемой поверхности острыми выступами абразива. При этом от абразивных частиц, имеющих, как правило, кристаллическую структуру, откалываются микроскопические крупинки, образуя новые рабочие кромки.

Абразивные материалы и инструменты по способу применения подразделяются на три группы:

- *свободные абразивы*, используемые в свободном состоянии в виде зерен, порошков для пескоструйной или ручной обработки поверхности и в составе абразивных паст, суспензий и гелей;
- *абразивы в связке*, используемые в виде зерен, скрепленных связкой в различные по форме и назначению абразивные инструменты на жесткой основе (могут быть в виде дисков, кругов, брусков и т. п.);
- *абразивные покрытия* получают нанесением на гибкую основу (ткань, бумагу и др.) абразивных зерен, закрепленных на ее поверхности с помощью клеев и смол.

Связка должна исключать преждевременное выкрашивание отдельных зерен, их залипание и не должна захватывать частицы срезанного материала. Связки могут быть металлическими и неметаллическими.

Металлические связки применяют только для инструментов, в которых абразивом служит природный или синтетический алмаз. Рабочие элементы абразивного инструмента в этом случае получают методом порошковой металлургии или вплавляя зерна в поверхность металла.

Неметаллические связки могут быть органического (вулканическая или бакелитовая) или неорганического (керамическая) происхождения. Инструменты на основе органической связки имеют тепловые ограничения, что требует осторожного использования охлаждающих жидкостей, и подвержены воздействию щелочей. Но эластичность органики делает незаменимым такой инструмент для операций по снятию больших припусков (например, при обдирке). Бакелитовая связка обозначается на инструментах русской буквой Б или латинской В, вулканическая связка — русской буквой В или латинской R.

Керамическую связку получают из глиняных масс, которые в процессе обжига превращаются в стекло или фарфор. Она обладает высокой огнеупорностью, химической стойкостью и водостойкостью. К недостаткам следует отнести хрупкость и, как следствие, непригодность для работ с высокой ударной нагрузкой. Однако керамическая связка хорошо «держит» форму, что важно при высокоточном шлифовании, имеет высокую износостойкость и выдерживает высокие температуры. На отечественном инструменте керамическая связка обозначается буквой К, а на импортном - буквой V.

Точность размеров и геометрической формы абразивного инструмента характеризуется тремя классами — АА, А и Б. Для менее ответственных операций абразивной обработки применяют абразивный инструмент класса Б. Более точным и качественным является абразивный инструмент класса А. Для работы в автоматических линиях, на высокопрецизионных и многокруговых станках применяют прецизионный абразивный

инструмент класса АА, отличающийся наибольшей точностью геометрических параметров, однородностью зернового состава, уравниваемостью абразивной массы и изготавливающийся из лучших сортов шлифовальных материалов.

Абразивные материалы используются в процессах шлифования, полирования, хонингования, суперфиниширования, разрезания материалов и широко применяются в заготовительном производстве и окончательной обработке различных металлических и неметаллических материалов.

Разновидности абразивных материалов.

Абразивные материалы могут быть природными и синтетическими. К природным абразивным материалам относятся:

- **алмаз природный** — кристаллическая модификация углерода, т. е. состоит из одного химического элемента. В природе встречается в виде небольших кристаллов различной формы от 0,005 до нескольких карат (карат равен 0,2 г). Алмаз обладает наибольшей твердостью из всех известных в природе материалов. Твердость по минералогической шкале Мооса — 10. На мировом рынке различают два вида алмазов — ювелирные и технические. Последние применяются в виде порошков, а также отдельных кристаллов, которым путем огранки придают нужную форму (резцы, фильеры);

- **корунд** — горная порода, состоящая из кристаллического безводного глинозема (оксида алюминия) с примесями других металлов. Он более вязкий и менее хрупкий, чем алмаз, и обладает меньшей твердостью. Твердость корунда по минералогической шкале Мооса — 9. Применяется для изготовления шлифовальных и полировальных порошков, резки металла, твердых камней и стекла;

- **наждак** — мелко- и тонкозернистая горная порода, в которой корунд находится в тесном сростании с другими минералами (магнетитом, сульфидами металлов). По абразивной способности незначительно уступает корунду. Твердость по шкале Мооса — 7...8. Наждак, содержащий до 60% корунда, используется в качестве природного абразивного материала. Легко измельчается и используется для изготовления абразивно-доводочных материалов, отделки лестничных ступеней, полов, тротуаров и самой дешевой наждачной бумаги;

- **кварц** - природный минерал (кристаллический диоксид кремния SiO_2) и один из наиболее доступных абразивных материалов. Твердость по минералогической шкале Мооса — 7. На основе кварца изготавливают так называемую стеклянную шкурку;

- **пемза** — тонкопористый и поэтому очень легкий (не тонет в воде) природный материал вулканического происхождения. Легко измельчается при сравнительно высокой твердости (по шкале Мооса — 6).

Синтетические абразивные материалы:

- **алмазы синтетические** получают синтезом из графита при высоких давлениях и высокой температуре. Варьирование условий синтеза позволяет получать кристаллы разных размеров (до 4 мм), степени совершенства, чистоты, а следовательно, и с заданными физико-механическими характеристиками. Практически они имеют те же физические и химические свойства, что и природные алмазы. Выпускаются обыкновенной, повышенной и высокой прочности. Используются для обработки твердых сплавов, камня, стекла и цветных металлов;

- **нитрид бора** (в США — *боразон*, в СНГ — *эльбор* и *кубонит*) получают путем синтеза при высоких значениях давления и температуры. Кристаллическая решетка нитрида бора является алмазоподобной, т. е. она имеет такое же строение, как и решетка алмаза, но содержит атомы бора (44,3%) и азота (56,4%) и имеет несколько большие параметры. Нитрид бора по сравнению с алмазом имеет меньшую твердость, но более высокую теплостойкость (до 1200⁰С) и нейтрален к железу, т. е. не вступает с ним в химическое взаимодействие. Из нитрида бора

получают шлифпорошки и микропорошки, из которых затем изготавливают абразивно-доводочные и полировальные пасты («Эльбора», «Кубонита» и др.);

- **карбид бора** представляет собой соединение бора с углеродом. Твердость и абразивная способность зерен карбида бора ниже, чем алмазов и зерен из нитрида бора, но выше, чем зерен из электрокорунда и карбида кремния. Карбид бора используется в порошках и пастах для доводки изделий из твердых материалов;

- **карбид кремния** (карборунд) представляет собой химическое соединение углерода с кремнием. Имеет исключительно высокую твердость, уступая только алмазу и карбиду бора. Устойчив в различных химических средах, в том числе при высоких температурах. Кристаллы карборунда бесцветные и имеют алмазный блеск. Но технический карборунд в зависимости от содержания примесей бывает двух марок: зеленый (содержащий не менее 97% карбида кремния) и черный (95-97% карбида кремния). Зеленый карбид кремния по сравнению с черным более хрупкий, однако абразивная способность его примерно на 20% выше. Как абразивный материал карбид кремния применяется при шлифовании, для резания твердых материалов и заточки инструментов. Из карбида кремния производятся шкурки на бумажной и тканевой основах, шлифовальные круги и бруски на керамической, синтетической и органической основах;

- **электрокорунды** (белый, нормальный, хромистый, титанистый, монокорунд и др.) представляют собой искусственно синтезированные корунды в результате термической обработки различного высокоглиноземистого сырья (бокситов). Используют для приготовления абразивно-доводочных материалов.

- **нитрид углерода** — соединение азота с углеродом. Считается высококачественным абразивным материалом.

Свойства. Основными качественными характеристиками абразивных материалов являются форма и крупность абразивных зерен, их прочность, твердость, вязкость, хрупкость, абразивная способность, минеральный и гранулометрический (зернистость) составы.

Абразивное зерно представляет собой кристаллический осколок (кристаллит), состоящий из множества мелких кристаллов, режущей кромкой у которого является ребро. Абразивное зерно может иметь как приблизительно равные размеры по высоте, ширине и толщине (изометрическая форма), так и обладать пластинчатой, мечевидной и другими формами. Рациональной является изометрическая или близкая к ней форма зерна, так как каждое зерно является режущим. Наименее выгодная форма — игольчатая.

Зернистость характеризует размер и однородность абразивных материалов основной (преобладающей) фракции и выражается в метрической и дюймовой системах. В зависимости от величины зерен абразивные материалы подразделяют на группы и номера зернистости. При этом в разных странах маркировка осуществляется по-разному. В метрической системе крупность зерен порошка абразива характеризуется его номером. За номер порошка принимают размер ячейки сита в десятках микрон, на котором задерживается порошок. Если порошок проходит через сито с ячейками со стороной 500 мкм и задерживается на сите с ячейками в 400 мкм, то зернистость считается равной 400 мкм, хотя на самом деле это частицы с размерами в диапазоне от 400 до 500 мкм.

Согласно ГОСТ 3647 и 9206 шлифовальные материалы в метрической системе делятся на четыре группы:

- шлифзерно от № 200 до № 16;
- шлифпорошки от № 12 до № 4;
- микрошлифпорошки от М63 до М14;
- тонкие микрошлифпорошки от М10 до М5.

Буква М в обозначении номера означает, что крупность зерен указывается в микронах (мкм), а отсутствие буквы — что крупность указывается в десятках микрон. Еще одно из отличий этих обозначений состоит в том, что номер с буквой М означает максимальный размер частиц порошка абразива, а для номеров без буквы — наоборот, наименьший размер зерна, в то время как максимальный соответствует предыдущему номеру. Условное обозначение зернистости дополняют еще буквенным индексом, соответствующим процентному содержанию основной фракции (В — высокое, П — повышенное, Н — номинальное и Д — допустимое).

Твердость абразивных материалов устанавливается методом вдавливания алмазной пирамиды в поверхность испытываемого материала (МПа) либо по различным шкалам, в том числе минералогической шкале твердости Мооса. По твердости абразивные материалы подразделяются на сверхтвердые, твердые и мягкие и делятся на 10 классов, причем твердость десятого (наивысшего класса) соответствует твердости алмаза.

Твердость абразивных инструментов по смыслу не совпадает с аналогичным понятием, определяющим свойства абразивных материалов и других твердых тел. Твердость абразивного инструмента характеризует прочность связи в нем абразивных зерен между собой. Поэтому из зерен самого твердого абразивного материала можно изготовить мягкие абразивные инструменты и, наоборот, из абразивного материала малой твердости можно изготовить достаточно твердые абразивные инструменты. Мягкими абразивными инструментами (в отличие от твердых) называют такие, из которых абразивные зерна легко выкрашиваются.

Твердость абразивных инструментов оказывает влияние на режущие свойства и кромкостойкость абразивного инструмента, а также на характер его изнашивания в процессе резания. Если прочность закрепления зерен в абразивном инструменте ниже прочности самого абразивного зерна (мягкий абразивный инструмент), то изнашивание происходит вследствие выкрашивания зерен и абразивный инструмент работает в режиме самозатачивания. Если же прочность абразивного зерна окажется ниже прочности его закрепления в инструменте (твердый абразивный инструмент), то изнашивание будет протекать частично за счет хрупкого разрушения, скалывания зерен и частично за счет их стирания с образованием площадок износа на зерне.

Получение абразивных инструментов требуемой твердости достигается соответствующей технологией их изготовления, устанавливающей соотношение абразивного зерна и связки: давлением при прессовании, температурой и длительностью термической обработки (обжига).

Абразивная способность характеризуется массой снимаемого при шлифовании материала до затупления зерен. По абразивной способности абразивные материалы располагаются в следующем порядке: алмаз, нитрид бора, карбид кремния, монокорунд, электрокорунд, наждак, кремь и др.

Разновидности абразивных инструментов. Диски получают путем нанесения абразивного материала на сетчатую основу и используются для полирования и зачистки поверхностей. Жесткие сетчатые диски, изготовленные на основе стекловолокна и лавсана, пригодны для резки небольших деталей из дорогостоящих материалов. Если нанести абразивный материал на фибровую основу (целлюлоза, пропитанная хлористым цинком), то получится фибровый диск для зачистки и полирования.

Отрезные и шлифовальные круги изготовляют на бакелитовых, металлических и керамических связках (см. рис. 9). В качестве основы бакелитовой связки используется порошкообразная фенолформальдегидная смола и неорганические наполнители (криолит или пирит). Высокая прочность бакелитовой связки позволяет абразивному инструменту работать при высоких нагрузках и скоростях. В качестве абразива обычно используют белый и

нормальный электрокорунд, их смеси, карбид кремния черный и зеленый, реже — карбид кремния.

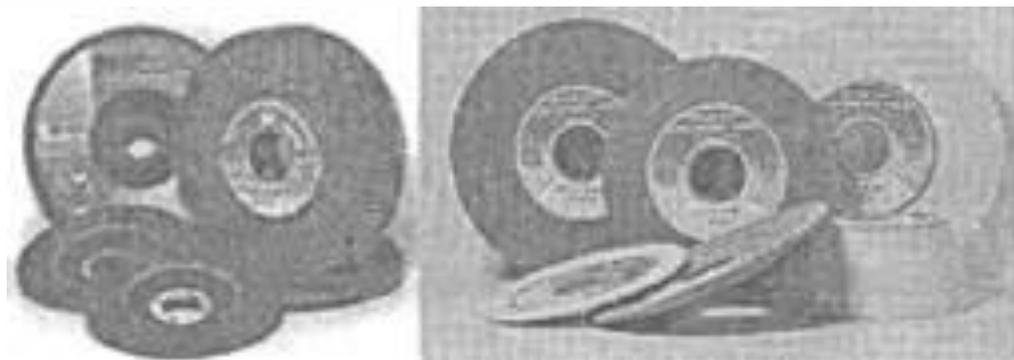


Рисунок 9 – Шлифовальные круги

Для снижения опасности разрыва круга при резке с большой частотой вращения в его тело вводят упрочняющий элемент в виде круглого диска из тонкой стеклянной сетки, которая сохраняет также форму и гибкость отрезного круга.

Существенной характеристикой абразивных кругов (в особенности отрезных) является допустимая величина окружной скорости, для чего используется несколько обозначений: цветная полоса, указание величины максимальной окружной скорости и числа максимальных оборотов. При допустимых окружных скоростях 25...35 м/с на круге наносится, как правило, белая полоса. Если ее нет, то будет приведено значение скорости и числа оборотов. Число оборотов является более существенной характеристикой, так как учитывает наружный диаметр круга. При окружной скорости 45...50 м/с полоса будет синяя, при 60 м/с — желтая, при 80 м/с — красная, а при 100 м/с — зеленая. Зеленая полоса дополнительно указывает на недопустимость использования круга на ручном инструменте («болгарке»).

Бруски представляют собой стержни из связки (керамической или бакелитовой) с распределенным в ней абразивом. Единой мировой классификации брусков нет. В отечественной промышленности бруски делятся по твердости:

- на высокомягкие (ВМ1, ВМ2, ВМ3);
- мягкие (М1, М2, М3);
- среднемягкие (СМ1, СМ2, СМ3);
- средние (С 1, С2, С3);
- среднетвердые (СТ1, СТ2, СТ3);
- твердые (Т1, Т2);
- чрезвычайно твердые (ЧТ1, ЧТ2).

Шлифовальная шкурка (шлифшкурка, наждачная бумага), представляет собой измельченный абразивный материал, нанесенный одним или несколькими слоями на гибкую основу из бумаги, ткани или синтетического материала (рис. 10). Выбор основы обусловлен нагрузками при шлифовании. В качестве связующего вещества используются мездровый, костный, синтетические клеи и комбинированные составы. Для закрепления шлифовальной шкурки к инструменту на нижнюю часть основы может наноситься крепление («липучка»).

Шлифовальные шкурки выпускаются двух типов: *рулонные* (Р) и *листовые* (Л). В зависимости от вида подложки и связующего шкурки могут быть водостойкими (пригодными для мокрого шлифования), *неводостойкими*, *термостойкими*, а в зависимости от числа слоев шлифовального материала — *однослойными* (О) или *двухслойными* (Д). Если рабочие слои шлифовального материала расположены на обеих сторонах гибкой основы, то такую шкурку называют *двухсторонней*.

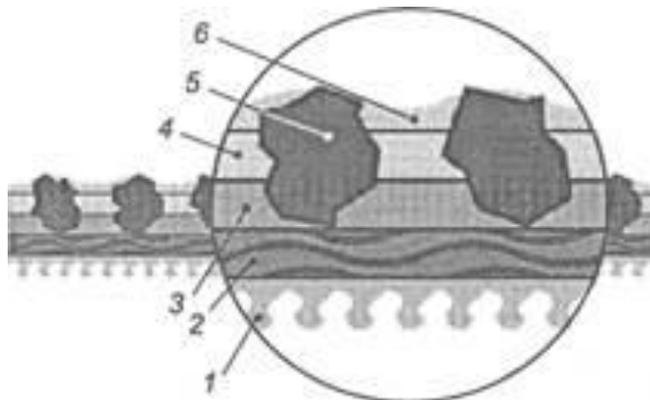


Рисунок 10 - Структура шлифовальной шкурки:

1 - крепление; 2 — основа; 3 — связка;
4 - защитное покрытие; 5 — абразив; 6 - дополнительное покрытие

Шлифовальные пасты представляют собой абразивные микропорошки (пемзы, трепела, карбида кремния, электрокорунда), растертые на легкорастирающихся связующих веществах (раствор невысыхающих масел, парафин, технический вазелин, воск). Растворителями служат скипидар, уайт-спирит, керосин, бензин, разбавителем — вода. Пасты могут быть жидкие, мазеобразные и твердые. Качество паст зависит от используемого абразивного материала, зернистости, рецептуры неабразивных материалов, концентрации и консистенции. Пасты и свободный абразив используются для операций доводки.

Свободное зерно (шлифовальные порошки) в отличие от паст - сухие не связанные абразивные зерна (трепела, пемзы и др.). При шлифовании к порошкам, как правило, добавляют смачивающие жидкости — скипидар, керосин, масло или воду.

Щетки могут быть различной формы с металлической или синтетической «щетинкой». Они применяются для удаления заусенцев, очистки поверхности от окалины, ржавчины, лака и краски, обработки сварных швов, а также для отделки поверхности: матирование, сатинирование, шлифование. Рабочий материал щеток варьируется от стальной и латунной проволоки до пластмассы с карбидом кремния. По структуре проволока может быть плетеной, не плетеной и гофрированной.

К абразивным инструментам относятся также и многочисленные *напильники, рашипили и надфили*.

Смазочные материалы

Смазочные материалы сегодня имеют широкий спектр применения в автомобильной технике, судостроительной, домашнем хозяйстве и других аспектах жизни. Бывают они различных видов и форм: минеральные, органические, синтетические. Смазочные материалы применяют для уменьшения трения в деталях, что способствует их большей износостойкости. Во всем множестве ГСМ, их применении и видах разберемся далее.

Смазочные материалы представлены **смазочными маслами** и **консистентными смазками**.

Смазочные масла при обычной температуре находятся в жидком состоянии. По назначению они подразделяются на *моторные, трансмиссионные, промышленные, турбинные, электроизоляционные, консервационные, компрессорные* и др.

Моторные масла предназначены для уменьшения износа деталей двигателя, снижения потерь на трение. Они выполняют функции теплоотводящей среды и уплотнителя. В зависимости от типа двигателя моторные масла подразделяются на авиационные, автомобильные (карбюраторные и дизельные), автотранспортные и реактивные.

Трансмиссионные масла используются для смазки зубчатых передач (цилиндрических, конических и др.) в коробках передач, ведущих мостах, механизмах рулевого управления, бортовых передачах, а также в гидравлических приводах машин и механизмов.

Индустриальные масла предназначены для смазывания подшипников и пар трения металлообрабатывающих станков и промышленного оборудования, контрольно-измерительной аппаратуры. Они используются в качестве рабочей и закалочной жидкости, а также для изготовления консистентных смазок.

Турбинные масла применяются для смазывания и охлаждения подшипников паровых и газовых турбин, турбокомпрессоров и генераторов электрического тока.

Электроизоляционные масла служат диэлектриком пропитывающей и теплоотводящей сред в трансформаторах, конденсаторах и кабелях. Выпускаются трансформаторные, конденсаторные (для заливки и пропитки изоляции конденсаторов) и кабельные (для маслонаполненных кабелей) электроизоляционные масла.

Консервационные масла применяются для защиты металлических узлов, инструмента и деталей от коррозии.

Компрессорные масла предназначены для смазки поршневых и ротационных компрессоров, воздуходувок и холодильных машин.

Важнейшими *свойствами* (качественными характеристиками) смазочных масел являются:

- ❖ плотность, вязкость;
- ❖ зависимость вязкости от температуры (оценивается индексом вязкости или температурно-вязкостным коэффициентом);
- ❖ маслянистость (липкость, смазывающая способность) — способность масел прилипать к твердой поверхности с образованием на ней тонкой прочной масляной пленки, называемой граничным слоем;
- ❖ температура застывания; химическая стойкость (термоокислительная стабильность) — невзаимодействие с кислородом при высоких температурах (50 — 60 °С);
- ❖ коксуемость — способность образовывать кокс в условиях высоких температур и давления и без доступа воздуха;
- ❖ температура вспышки, при которой пары смазочных масел, образуя горючую смесь с воздухом, вспыхивают при поднесении к ним пламени.

На потребительском рынке наибольшее распространение имеют моторные и трансмиссионные масла — они востребованы владельцами личных автомобилей. Моторные масла состоят из базового масла (80 — 90 %) и пакета присадок (10 — 20%), от природы и соотношения которых зависят их ассортимент и набор потребительских свойств.

По составу базовое масло может быть:

- **минеральным** — сложная смесь углеводородов, полученных из нефти;
- **синтетическим** — органические соединения, полученные в результате целенаправленных химических реакций. Это углеводородные жидкости (полиальфаолефины, алкилбензолы) и эфиры;
- **полусинтетическим** — смесь высококачественного минерального базового масла и синтетических базовых компонентов. Пакет присадок, как правило, составляют:
 - **загущающие** — стабилизируют вязкость масла в условиях изменения температуры;
 - **моющие** (детергенты) — уменьшают и предотвращают образование высокотемпературных отложений;
 - **диспергирующие** (дисперсанты) — поддерживают загрязнения, проникшие в масло, в мелкодисперсном взвешенном состоянии;
 - **антиокислительные** и **антикоррозионные** — снижают скорость окисления и образования в масле нерастворимых, а также коррозионно-активных продуктов;

- **противозадирные и противоизносные** — предотвращают разрушение контактирующих поверхностей при граничном трении за счет образования защитных пленок;
- **депрессорные** — понижают температуру застывания масла;
- **ингибиторы коррозии** — предотвращают коррозию деталей из черных металлов;
- **антифрикционные** — уменьшают трение;
- **противопенные** — предотвращают вспенивание.

Существует несколько классификаций моторных и трансмиссионных масел:

- классификация Американского общества автомобильных инженеров (SAE) предусматривает деление по вязкости на зимние, летние и внесезонные масла;
- классификация Американского института нефти (API) учитывает условия применения и уровни эксплуатации. В обозначении вначале буквой указывается тип двигателя — бензиновый или дизель, цифрой — цикличность работы двигателя — четырехтактная или двухтактная;
- отечественная классификация в обозначение включает класс масла по вязкости, тип присадки, вязкость масла, тип двигателя — бензиновый или дизель.

Пластичные (консистентные) смазки при обычной температуре находятся в мазеобразном состоянии, при нагревании переходят в жидкое состояние. Они представляют собой сложные коллоидные системы, твердую фазу которых составляет загуститель (иногда и наполнитель), жидкую — минеральные масла. Важнейшими свойствами (качественными характеристиками) консистентных смазок являются: пенетрация (консистенция) — степень густоты смазки (измеряется с помощью пенетрометра посредством погружения в смазку конуса, оценивается числом пенетрации, выраженным в десятичных долях миллиметра); температура каплепадения (плавления), при которой смазка переходит в жидкое состояние, характеризует верхний предел рабочей температуры смазки; химическая и механическая стабильность; коллоидная стабильность — стойкость смазок против распада на жидкую и твердую фазы; термическая стабильность — способность сохранять свою структуру и свойства при длительном нагревании. Наиболее известные консистентные смазки — солидол, графитная смазка, литол и др.

По типу основы пластичные смазки могут быть:

- **на нефтяных маслах** — полученные переработкой нефти; на синтетических маслах — синтезированные;
- **на растительных маслах** — полученные переработкой натуральных продуктов;
- **на смеси нефтяных и синтетических масел**. По природе загустителя пластичные смазки классифицируются следующим образом:
 - **мыльные**, для их производства в качестве загустителя применяют мыла. Они подразделяются на натриевые, кальциевые, алюминиевые, литиевые, комплексные. Составляют более 80 % всего производства смазок;
 - **углеводородные**, для их производства в качестве загустителя используют парафин, церезин, петролатум;
 - **неорганические**, для их производства в качестве загустителя используют силикаты;
 - **органические**, для их производства в качестве загустителя используют сажу и полимеры.

Тема 6.2 Композиционные материалы

Матрица придает изделию из композита заданную форму и монолитность, обеспечивая передачу и распределение нагрузки по объему материала, защищает армирующие элементы от внешних воздействий. Непосредственно определяет термическую и коррозионную стойкость, электрические и теплозащитные свойства, склонность к старению, технологию изготовления и другие характеристики композиционного материала и изделий из него.

В зависимости от материала основы различают композиты с металлической матрицей, или металлические композиционные материалы, с полимерной – полимерные композиционные

материалы и с керамической – керамические композиционные материалы. Армирующие элементы (наполнители) вводят в композиционный материал с целью изменения его свойств: увеличение прочности, жесткости и пластичности; изменения плотности, электрических, теплофизических и других характеристик в различных направлениях по объему материала и отдельных местах изделия из него.

Классификация композиционных материалов представлена на рисунке 11.



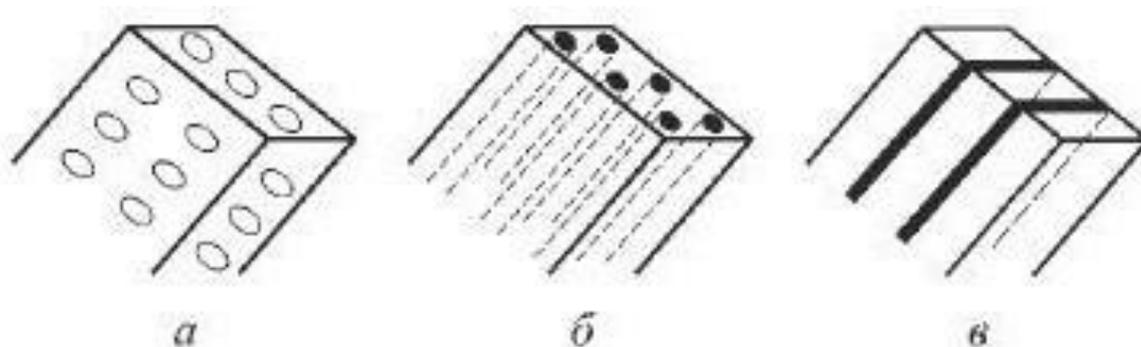
Рисунок 11 - Классификация композиционных материалов

Целесообразно различать собственно наполнители и армирующие элементы.

Наполнители – это преимущественно дисперсные и коротковолокнистые вещества, введение которых позволяет достичь не более чем двукратного повышения прочности матрицы.

Армирующие элементы (арматура) – это высокопрочные стержни, волокна, ткани, которые способствуют повышению прочности в 2-10 и более раз по сравнению с прочностью матрицы. В композиционном материале могут находиться и наполнители, и армирующие элементы.

По типу упрочняющих наполнителей композиты подразделяют на дисперсно-упрочненные, волокнистые и слоистые (см. рис.12). Для того чтобы изучать композиционные материалы, необходимо вспомнить виды и свойства металлов и сталей, виды и свойства полимерных материалов, виды и свойства электротехнических материалов.



а – дисперсно-упрочненные; б - волокнистые; в - слоистые

Рисунок 12 - Схема строения композиционных материалов:

Тема 6.3 Виды защитных материалов

Защитные материалы предназначены для защиты металлов и металлических сплавов от коррозии, а неметаллических материалов от гниения, кроме того, они могут выполнять особые функции (например, выполнять функции электроизоляционных материалов) и придавать материалам декоративный вид.

При выборе защитных материалов следует учитывать назначение и материал покрываемой детали, условия ее эксплуатации, свойства защитного материала и способ его нанесения, допустимость контакта сопрягаемых материалов детали или изделия и защитного материала, а также экономическую целесообразность применения данного защитного материала.

Важнейшим требованием является надежное сцепление защитного материала с основным материалом детали. Для защиты металлов от коррозии применяются разнообразные методы, важнейшими из которых являются:

- ❖ применение химически стойких сплавов;
- ❖ защита поверхности металла покрытиями;
- ❖ обработка коррозионной среды; электрохимические методы.

Для защиты металлов от коррозии применяют следующие **виды покрытий**:

- ❖ металлические, в качестве которых применяют металлы, образующие на своей поверхности защитные пленки (хром, никель, цинк, алюминий и другие); неметаллические покрытия лаками, красками, эмальями, фенолформальдегидными и другими смолами;
- ❖ покрытия, создаваемые химической или электрохимической обработкой металла, представляющие собой защитные оксидные или солевые пленки (оксидирование, фосфатирование).

Неметаллические защитные материалы по химическому составу можно разделить на материалы органические и неорганические. К органическим относятся лаки и краски, а также резина и пластические массы. Неорганические материалы представляют собой полученные на поверхности металлов неорганические соединения (фосфаты, окислы) и покрытия на основе силикатных эмалей.

Изделия из дерева подвергаются гниению, т.е. разрушению спорами разных грибков и насекомыми. Для увеличения их сопротивляемости загниванию применяют консервацию. Она заключается в пропитке древесины специальными веществами – антисептиками, в качестве которых применяют креозотовое масло, нефтенат меди, фтористый натрий, хлористый цинк, а также комбинированные антисептические препараты.

Для придания антигорючих свойств готовым деревянным деталям подвижного состава применяют глубокую пропитку их водными растворами солей антипиренов. В последнее время широко применяются противокоррозионные покрытия пластическими массами.

Методы нанесения покрытий различаются по:

- ❖ способам нанесения порошкового материала (пневмораспылением, электростатическим напылением и другими);
 - ❖ способом его оплавления (пламенный, индукционный и другие);
- виду применяемой аппаратуры (камерный, бескамерный и другие).

Покрытия из резиновых материалов используют для защиты стальных изделий от коррозии и абразивного изнашивания.

При нанесении резиновых покрытий (гуммировании) обеспечивается защита от коррозии котлов цистерн, а от абразивного изнашивания – сопел пескоструйных аппаратов и т. д.

Гуммирование производится несколькими методами. Самый распространенный заключается в оклейке защищаемого объекта листами сырой резиновой смеси с последующей вулканизацией паром, горячим воздухом или кипящей водой.

Для изучения данной темы необходимо вспомнить легированные стали и чугуны и их свойства, химико-термическую обработку сталей, виды и свойства смазочных материалов, виды и свойства электроизоляционных материалов, и в частности электроизоляционных лаков, виды и свойства полимерных и композиционных материалов.

Лакокрасочные материалы – это составы, наносимые на защищаемую поверхность тонкими слоями и образующие после высыхания и отверждения твердую, плотную и прочно сцепленную с поверхностью пленку. Они предназначены для защиты поверхности изделий из металла, дерева, пластмасс и других материалов от разрушения, для придания им изоляционных и декоративных свойств.

Лакокрасочные материалы состоят из основных материалов (связующие – пленкообразующие вещества, пигменты, наполнители) и вспомогательных (пластификаторы, отвердители, растворители и другие). В зависимости от состава и назначения лакокрасочные материалы подразделяются на лаки, краски (в том числе эмали), грунты и шпаклевки. Надежность защиты поверхности изделий достигается использованием многослойных покрытий.

Сочетание слоев последовательно нанесенных лакокрасочных материалов различного целевого назначения (грунта, шпаклевки, краски, лака) называется системой покрытия. Способы нанесения лакокрасочных покрытий:

❖ окрашивание кистями и накатными валиками;

- ❖ окрашивание окунанием;
- ❖ окрашивание струйным методом;
- ❖ воздушное распыление;
- ❖ безвоздушное распыление;
- ❖ метод электроосаждения;
- ❖ окрашивание в электростатическом поле;
- ❖ окрашивание в электрическом поле;
- ❖ гидроэлектрическое окрашивание.

При выборе лакокрасочных материалов нужно ориентироваться на надежность защиты поверхности в условиях эксплуатации. Выбирать их надо по преимущественному назначению – атмосферостойкости, водостойкости, термостойкости, электроизоляционным качествам и другим.

Раздел 7 Обработка металлов

Тема 7.1 Способы обработки металлов

При выборе материала для изготовления деталей и способа их ремонта наряду с эксплуатационными требованиями (прочность, долговечность, надежность) следует обязательно учитывать его технологические свойства. Технологические свойства характеризуют поведение материалов в процессе изготовления из них деталей. Под технологичностью следует понимать легкость проведения технологических операций.

Существует несколько способов получения из материалов деталей, следовательно, и способов обработки материалов.

К ним относятся:

- ❖ получение деталей методом литья,
- ❖ обработка давлением,
- ❖ сварка, пайка и резка материалов,
- ❖ обработка материалов резанием.

Каждый из этих способов имеет свои разновидности и особенности. **Литейным производством** называется технологический процесс получения фасонных деталей или заготовок (отливок) заливкой жидкого металла в литейную форму. Методом литья можно изготавливать изделия сложной формы, которые другими видами обработки получить трудно или невозможно. Технологичность при литье оценивается жидкотекучестью материала, усадкой при затвердевании.

Способы изготовления отливок делятся на две группы:

- ❖ литье в обычные песчаные формы;
- ❖ специальные способы литья.

Способы литья в песчаные формы могут быть ручными и машинными (механизированными и автоматизированными).

К специальным методам литья относятся:

- ❖ литье в кокиль (металлические формы свободной заливкой);
- ❖ литье по выплавляемым, растворяемым, выжигаемым моделям;
- ❖ центробежное литье;
- ❖ литье под давлением;
- ❖ литье в оболочковые формы и другие способы литья.

Процесс обработки металлов давлением – это придание материалу требуемой формы, размеров и физико-механических свойств без нарушения его сплошности путем пластической деформации.

По назначению процессы обработки металлов давлением подразделяются на два вида:

- ❖ получения заготовок постоянного поперечного сечения по длине
- ❖ периодически изменяющимся поперечным сечением (прутки, проволока, ленты, листы).

Основными разновидностями таких процессов являются *прокатка, прессование и волочение*, для получения штучных деталей и заготовок, имеющих приблизительно формы и размеры готовых деталей и требующих обработки резанием для придания им окончательных размеров и получения поверхности заданного качества.

Основными разновидностями таких процессов являются *ковка и штамповка*. В зависимости от температурно-скоростных условий деформирования различают горячую и холодную деформацию. Обрабатываемость давлением (прокат, ковка и др.) зависит от пластичности материала.

Сваркой называется технологический процесс получения неразъемных соединений за счет межатомных сил сцепления соединяемых элементов при местном или общем нагреве или

пластическом деформировании, или совместном действии и того и другого. Сварка применяется для соединения металлов, пластмасс, а также металлов с некоторыми неметаллическими материалами (графитом, стеклом, металлокерамикой и т.п.). В основе сварки лежит ряд сложных физико-химических процессов, которые обуславливают получение прочного и надежного сварного соединения различных материалов.

Свариваемость материалов можно разделить на физическую и технологическую. **Физическая свариваемость** – это свойство материала образовывать монолитное неразъемное соединение. **Технологическая свариваемость** оценивает поведение металла в процессе сварки.

Сварку металлов классифицируют по физическим, техническим и технологическим признакам. По физическим признакам в зависимости от формы вводимой энергии, носителя энергии и наличия давления все виды сварки подразделяются на классы – термический, термомеханический и механический. По виду применяемой энергии сварка может быть электрической, химической и механической.

Пайкой металлов называют процесс соединения материалов в твердом состоянии припоями, которые при температуре пайки находятся в расплавленном состоянии, смачивают паяемые поверхности, заполняют зазор между ними и в результате кристаллизации образуют паяный шов. Образование паяного соединения происходит в результате образования химических связей в контакте основной металл – припой.

Пайке поддаются все углеродистые и легированные стали, твердые сплавы, чугун, медь, никель, алюминий и другие металлы.

Основной задачей при разделительной **резке металла** является удаление его из полосы реза. Этот процесс может выполняться как термическим (расплавление и вытекание), так и химическим способами (окисление, переход в шлаки). Помимо этих процессов, в период разделения металла может оказывать механическое воздействие струя газа, порошка и т.п. Разработано несколько видов термической резки металлов.

Резание – это процесс снятия стружки (припуска) с заготовки режущим инструментом для получения детали с заданными размерами и шероховатостью (качеством поверхности). Существует множество способов осуществления механической обработки резанием – это точение, фрезерование, сверление, зенкерование, развертывание, протягивание и другие, сюда же относят и многочисленные способы резания металлов абразивными инструментами. Обрабатываемость резанием оценивается рядом показателей, одним из которых является вид образующейся стружки.

ВАРИАНТЫ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вариант 1

Дайте ответы на вопросы:

1. Какие вещества называются кристаллическими? Изобразите кристаллические решетки, наиболее часто встречающиеся среди металлов. Опишите основные дефекты кристаллического строения металлов.
2. Опишите современные методы анализа металлов и сплавов: макроанализ, микроанализ.
3. Какие чугуны называются серыми? Какая форма графита обеспечивает получение наиболее высоких свойств у чугунов? Опишите маркировку серых и высокопрочных чугунов и область их применения.
4. Какова цель отжига? Виды отжига и область их применения.
5. Охарактеризуйте основные литейные свойства сплавов. Опишите требования, предъявляемые к формовочным материалам.

Решите задачу.

Постройте левую часть диаграммы Fe - Fe₃C (стали), в следующем масштабе: *1 клетка вертикали равняется 100°С; 1 клетка горизонтали равняется 0,1%С*. Расставьте необходимые точки и построите линии диаграммы. На построенной части диаграммы Fe - Fe₃C, определите температуру, до которой нужно нагреть следующие марки стали: **9ХС; ВСт4пс; У7А; Сталь 70Г**, чтобы получить однородную структуру нагрева «аустенит». Назвать указанные марки стали, определить их химический состав? Выбрать среду охлаждения и определить структуру закалки, для каждой марки стали?

Вариант 2

Дайте ответы на вопросы:

1. Опишите процесс кристаллизации чистых металлов и сплавов. Начертите кривую охлаждения чистого железа, опишите его аллотропические формы и их свойства.
2. Опишите современные методы анализа металлов и сплавов: рентгенографический анализ, магнитная и ультразвуковая дефектология; dilatометрический метод.
3. Опишите основные виды твердых сплавов. Укажите их марки и область применения.
4. Укажите цель нормализации и опишите технологию ее проведения.
5. Кратко опишите специальные способы литья.

Решите задачу.

Постройте левую часть диаграммы Fe - Fe₃C (стали), в следующем масштабе: *1 клетка вертикали равняется 100°С; 1 клетка горизонтали равняется 0,1%С*. Расставьте необходимые точки и построите линии диаграммы. На построенной части диаграммы Fe - Fe₃C, определите температуру, до которой нужно нагреть следующие марки стали: **9ХВГ; БСтЗсп; У7; Сталь 85**, чтобы получить однородную структуру нагрева «аустенит». Назвать указанные марки стали, определить их химический состав? Выбрать среду охлаждения и определить структуру закалки, для каждой марки стали?

Вариант 3

Дайте ответы на вопросы:

1. Что называется сплавом? Какие структуры сплавов существуют? Опишите строение и свойства каждой структуры.

2. Какие материалы называют композиционными? Кратко опишите их классификацию, строение, свойства, достоинства и недостатки, применение в промышленности.
3. Опишите классификацию и маркировку углеродистых сталей. Область применения углеродистых сталей.
4. Кратко опишите основные методы закалки и дайте их сравнительную характеристику.
5. Объясните процесс штамповки металлов. Основные разновидности штамповки и краткая их характеристика.

Решите задачу.

Постройте левую часть диаграммы Fe - Fe₃C (стали), в следующем масштабе: *1 клетка вертикали равняется 100° C; 1 клетка горизонтали равняется 0,1%С*. Расставьте необходимые точки и построите линии диаграммы. На построенной части диаграммы Fe - Fe₃C, определите температуру, до которой нужно нагреть следующие марки стали: **40ХМФА; ВСт5пс; У8А; Р6М5**, чтобы получить однородную структуру нагрева «аустенит». Назвать указанные марки стали, определить их химический состав? Выбрать среду охлаждения и определить структуру закалки, для каждой марки стали?

Вариант 4

Дайте ответы на вопросы:

1. Назовите методы исследования строения металлов? Дайте краткое описание каждому методу
2. Какие вещества называют полимерами? Опишите структуру, свойства и методы синтеза полимеров.
3. Охарактеризуйте влияние основных легирующих элементов на свойства сталей.
4. Опишите процессы, протекающие в закаленной стали при отпуске. Укажите основные разновидности отпуска и их назначение.
5. Назовите виды сварки. Объясните особенности сварки сплавов цветных металлов и легированных сталей.

Решите задачу.

Постройте левую часть диаграммы Fe - Fe₃C (стали), в следующем масштабе: *1 клетка вертикали равняется 100° C; 1 клетка горизонтали равняется 0,1%С*. Расставьте необходимые точки и построите линии диаграммы. На построенной части диаграммы Fe - Fe₃C, определите температуру, до которой нужно нагреть следующие марки стали: **40ХН; Сталь 05; У9; ШХ15**, чтобы получить однородную структуру нагрева «аустенит». Назвать указанные марки стали, определить их химический состав? Выбрать среду охлаждения и определить структуру закалки, для каждой марки стали?

Вариант 5

Дайте ответы на вопросы:

1. Что называется твердостью? Кратко опишите основные способы определения твердости и укажите область применения каждого из них.
2. Опишите классификацию и правила маркировки легированных сталей. Область применения конструкционных и инструментальных легированных сталей.
3. Опишите методы поверхностной закалки. Укажите достоинства каждого метода и область применения.

4. Какие материалы называют пластмассами? Объясните чем термореактивные пластмассы отличаются от термопластичных. Приведите примеры применения пластмасс в электротехнике.
5. В чем сущность процесса прокатки? Опишите основные виды прокатки и применяемое оборудование. Сортамент прокатки.

Решите задачу.

Постройте левую часть диаграммы Fe - Fe₃C (стали), в следующем масштабе: 1 клетка вертикали равняется 100° C; 1 клетка горизонтали равняется 0,1%С. Расставьте необходимые точки и постройте линии диаграммы. На построенной части диаграммы Fe - Fe₃C, определите температуру, до которой нужно нагреть следующие марки стали: **40Х2Н4МА; Ст5пс; У8; Р6М5К5**, чтобы получить однородную структуру нагрева «аустенит». Назвать указанные марки стали, определить их химический состав? Выбрать среду охлаждения и определить структуру закалки, для каждой марки стали?

Вариант 6

Дайте ответы на вопросы:

1. Дайте определение основных механических свойств металлов. Кратко опишите способ определения прочностных характеристик металлов и сплавов.
2. Назовите основные механические свойства и их определение, основные показатели (твердость, прочность, пластичность, вязкость, выносливость.) Дайте краткое описание испытанию металлов на растяжении и полученные при этом механические характеристики.
3. Дайте описание легированных сталей с особыми свойствами (нержавеющих, кислотостойких и жаропрочных). Их марки, химический состав и применение.
4. Опишите процесс азотирования стали. Укажите стали для азотирования, достоинства и недостатки этого метода, и область его применения.
5. Объясните процессковки металлов. Опишите основные операции свободнойковки и применяемое оборудование.

Решите задачу.

Постройте левую часть диаграммы Fe - Fe₃C (стали), в следующем масштабе: 1 клетка вертикали равняется 100° C; 1 клетка горизонтали равняется 0,1%С. Расставьте необходимые точки и постройте линии диаграммы. На построенной части диаграммы Fe - Fe₃C, определите температуру, до которой нужно нагреть следующие марки стали: **5ХНМ; Сталь 08кп; У13А; А40Г**, чтобы получить однородную структуру нагрева «аустенит». Назвать указанные марки стали, определить их химический состав? Выбрать среду охлаждения и определить структуру закалки, для каждой марки стали?

Вариант 7

Дайте ответы на вопросы:

1. Охарактеризуйте строение и свойства основных структурных составляющих железоуглеродистых сплавов?
2. Опишите понятия: компонент, фаза, система. Что представляет собой химическая смесь, химическое соединение, твердый раствор?
3. Объясните процесс распада аустенита при охлаждении с различными скоростями, укажите строение и свойства образующихся структур?
4. Опишите основные разновидности бронз, их марки и назначение?
5. Опишите технологию пайки мягкими и твердыми припоями?

Решите задачу.

Постройте левую часть диаграммы Fe - Fe₃C (стали), в следующем масштабе: 1 клетка вертикали равняется 100° C; 1 клетка горизонтали равняется 0,1%С. Расставьте необходимые точки и постройте линии диаграммы. На построенной части диаграммы Fe - Fe₃C, определите температуру, до которой нужно нагреть следующие марки стали: **12Х18Н9; Ст6пс; У9А; Сталь 55Г**, чтобы получить однородную структуру нагрева «аустенит». Назвать указанные марки стали, определить их химический состав? Выбрать среду охлаждения и определить структуру закалки, для каждой марки стали?

Вариант 8

Дайте ответы на вопросы:

1. Изобразите диаграмму состояния сплавов «железо - цементит». Дайте характеристику основным линиям и точкам диаграммы.
2. Опишите назначение химико-термической обработки стали. Объясните сущность процессов, протекающих при химико-термической обработке.
3. Опишите основные медно-цинковые сплавы. Укажите их свойства, марки и область применения.
4. Какие материалы называют керамикой? Укажите свойства, достоинства и недостатки, области применения керамических материалов.
5. Объясните процесс сварки металлов плавлением. Кратко опишите основные виды сварки плавлением.

Решите задачу.

Постройте левую часть диаграммы Fe - Fe₃C (стали), в следующем масштабе: 1 клетка вертикали равняется 100° C; 1 клетка горизонтали равняется 0,1%С. Расставьте необходимые точки и постройте линии диаграммы. На построенной части диаграммы Fe - Fe₃C, определите температуру, до которой нужно нагреть следующие марки стали: **50ХГФА; Сталь 10; У13; Сталь45Г**, чтобы получить однородную структуру нагрева «аустенит». Назвать указанные марки стали, определить их химический состав? Выбрать среду охлаждения и определить структуру закалки, для каждой марки стали?

Вариант 9

Дайте ответы на вопросы:

1. Изобразите диаграмму состояния сплавов «железо-цементит». Какие из железоуглеродистых сплавов относятся к чугунам? Укажите структуры чугунов и охарактеризуйте их свойства.
2. Опишите свойства, марки и область применения алюминиевых сплавов. Кратко охарактеризуйте упрочняемые алюминиевые сплавы.
3. Опишите основные виды коррозии и разрушений от нее. Способы борьбы с коррозией.
4. Объясните процесс сварки металлов давлением. Кратко опишите основные виды сварки давлением.
5. Охарактеризуйте основные виды терморезистивных пластмасс, применяемых в электротехнике.

Решите задачу.

Постройте левую часть диаграммы Fe - Fe₃C (стали), в следующем масштабе: 1 клетка вертикали равняется 100° C; 1 клетка горизонтали равняется 0,1%С. Расставьте необходимые

точки и построить линии диаграммы. На построенной части диаграммы Fe - Fe₃C, определить температуру, до которой нужно нагреть следующие марки стали: **38ХС; ШХ4; У11; Сталь 75 Г**, чтобы получить однородную структуру нагрева «аустенит». Назвать указанные марки стали, определить их химический состав? Выбрать среду охлаждения и определить структуру закалки, для каждой марки стали?

Вариант 10

Дайте ответы на вопросы:

1. Изобразите диаграмму состояния сплавов «железо—цементит». Какие из железоуглеродистых сплавов относятся сталям? Укажите структуры сталей и охарактеризуйте их свойства.
2. Охарактеризуйте влияние углерода и основных примесей на свойства сталей.
3. Дайте описание процесса цементации. Основные разновидности процесса. Укажите стали для цементации.
4. Охарактеризуйте основные виды термопластичных пластмасс, применяемых в электротехнике.
5. Опишите основные элементы режима резания при работе на металлорежущих станках.

Решите задачу.

Постройте левую часть диаграммы Fe - Fe₃C (стали), в следующем масштабе: *1 клетка вертикали равняется 100° C; 1 клетка горизонтали равняется 0,1%С*. Расставьте необходимые точки и построить линии диаграммы. На построенной части диаграммы Fe - Fe₃C, определить температуру, до которой нужно нагреть следующие марки стали: **38Х2Ю; Р9; Ст6сп; Сталь 65Г**, чтобы получить однородную структуру нагрева «аустенит». Назвать указанные марки стали, определить их химический состав? Выбрать среду охлаждения и определить структуру закалки, для каждой марки стали?

Вариант 11

Дайте ответы на вопросы:

1. Объясните сущность определения твердости методом Роквелла, определяемые показатели и их обозначение?
2. Опишите диаграмму состояния сплавов, образующих химическое соединение? Опишите связь между свойствами сплавов и типом диаграммы состояния.
3. Дайте определение понятию «сталь»? Перечислите виды производства стали, назовите марки стали полученные этими способами.
4. Какие материалы относятся к магнитным? На какие группы делятся магнитные материалы по их свойствам и назначению? Перечислите основные характеристики магнитных материалов.
5. Дайте название медному сплаву, если в его состав входит главный легирующий элемент - олово? Приведите пример сплава и его применение.

Решите задачу.

Постройте левую часть диаграммы Fe - Fe₃C (стали), в следующем масштабе: *1 клетка вертикали равняется 100° C; 1 клетка горизонтали равняется 0,1%С*. Расставьте необходимые точки и построить линии диаграммы. На построенной части диаграммы Fe - Fe₃C, определить температуру, до которой нужно нагреть следующие марки стали: **20Х23Н13; Сталь 60; У11А; ШХ15СГ**, чтобы получить однородную структуру нагрева «аустенит». Назвать указанные

марки стали, определить их химический состав? Выбрать среду охлаждения и определить структуру закалки, для каждой марки стали?

Вариант 12

Дайте ответы на вопросы:

1. Согласно теории строения тел все твёрдые тела делятся на две группы, как они называются? Приведите примеры из каждой группы.
2. Назовите вид испытания материалов, относящийся к динамическому, и определяемые при этом характеристики.
3. Изобразите строение стального слитка после затвердевания в изложнице? Опишите формы образования кристаллов в слитке и дефекты, возникающие при затвердевании.
4. Дайте классификацию стали по содержанию углерода? Составьте по описанию марку стали, если это сталь углеродистая конструкционная качественная с содержанием углерода 0,20% и повышенным содержанием марганца?
5. Поясните принцип маркировки сложных латуней? Приведите пример марки сложной латуни, дайте ей расшифровку.

Решите задачу.

Постройте левую часть диаграммы Fe - Fe₃C (стали), в следующем масштабе: 1 клетка вертикали равняется 100° C; 1 клетка горизонтали равняется 0,1% C. Расставьте необходимые точки и построите линии диаграммы. На построенной части диаграммы Fe - Fe₃C, определите температуру, до которой нужно нагреть следующие марки стали: **20ХГСА; Сталь 70; У12; Р18**, чтобы получить однородную структуру нагрева «аустенит». Назвать указанные марки стали, определить их химический состав? Выбрать среду охлаждения и определить структуру закалки, для каждой марки стали?

Вариант 13

Дайте ответы на вопросы:

1. Объясните сущность твердости методом Виккерса, определяемые показатели и их обозначение. Рассчитайте твёрдость по показателям P=120Н, d=2мм?
2. Разъясните, что означают линии ликвидуса и солидуса на диаграмме состояния двойных сплавов (Fe - Fe₃C)? Что такое эвтектика?
3. Дайте определение понятию «углеродистая сталь»? Допишите предложение «Если в марке стали углерода от 0,25 до 0,6%, такая сталь называется_____». Приведите пример стали, указанной в предложении.
4. Пользуясь условными обозначениями марок конструкционных металлических материалов, укажите обозначение алюминия; железа; марганца; свинца, входящих в цветные сплавы? Приведите примеры сплавов с содержанием этих компонентов.
5. Используя информационный банк с параметрами, определяющими типы чугунов, выпишите те, которые являются характерными для марки «ВЧ». Приведите пример маркировки и где данная марка чугуна применяется.

1. 2– 4,3%;	7. Модифицированный;
2. 3,6%;	8. σ_g ;
3. 2,4%;	9. δ , %;
4. Сферическая форма;	10. Предел прочности на изгиб;
5. Хлопья;	

6. Пластинки;	11. Белый чугун.
---------------	------------------

Решите задачу.

Постройте левую часть диаграммы Fe - Fe₃C (стали), в следующем масштабе: 1 клетка вертикали равняется 100° C; 1 клетка горизонтали равняется 0,1% C. Расставьте необходимые точки и постройте линии диаграммы. На построенной части диаграммы Fe - Fe₃C, определите температуру, до которой нужно нагреть следующие марки стали: **У12А; Сталь 25Г; Р6МФ3; 5ХВ2СФ**, чтобы получить однородную структуру нагрева «аустенит». Назвать указанные марки стали, определить их химический состав? Выбрать среду охлаждения и определить структуру закалки, для каждой марки стали?

Вариант 14

Дайте ответы на вопросы:

1. Объясните сущность твердости методом Бринелля, определяемые показатели и их обозначение. Рассчитайте твердость по показателям $R=50H$, $d=2mm$?
2. Поясните понятия: «сплав», «компоненты», «фаза», «структура». В чем разница между фазой и структурной составляющей?
3. Рассчитайте, сколько процентов меди будет содержаться в бронзе, если олова 3%, цинка 12%, свинца 5%? Составьте марку данного сплава.
4. Что такое диэлектрик? Перечислите основные свойства диэлектриков. На какие группы можно разделить диэлектрические материалы по свойствам?
5. Какие существуют основные способы литья материалов? Опишите один из них.

Решите задачу.

Постройте левую часть диаграммы Fe - Fe₃C (стали), в следующем масштабе: 1 клетка вертикали равняется 100° C; 1 клетка горизонтали равняется 0,1% C. Расставьте необходимые точки и постройте линии диаграммы. На построенной части диаграммы Fe - Fe₃C, определите температуру, до которой нужно нагреть следующие марки стали: **сталь 15; P18K5Ф2; 50ХН; У10**, чтобы получить однородную структуру нагрева «аустенит». Назвать указанные марки стали, определить их химический состав? Выбрать среду охлаждения и определить структуру закалки, для каждой марки стали?

Вариант 15

Дайте ответы на вопросы:

1. Из предложенных марок, выберите марки конструкционных сталей: **Ст4; У8; 30ХНВА; БСт3; сталь 55; 40ХС; У13А; ВСт1сп; 6ХВА; ХГС?** Поясните, почему выбрали именно эти марки?
2. Как компоненты сплава могут взаимодействовать друг с другом? Перечислите типы сплавов, охарактеризуйте каждый тип сплавов.
3. Перечислите виды механических испытаний? Кратко опишите один из видов испытаний.
4. Дайте название медному сплаву, если главный легирующий элемент – *цинк*? Приведите пример сплава и его применение.
5. На какие группы делятся электротехнические материалы в зависимости от их способности проводить электрический ток? Приведите примеры материалов каждой группы.

Решите задачу.

Постройте левую часть диаграммы Fe - Fe₃C (стали), в следующем масштабе: 1 клетка вертикали равняется 100° C; 1 клетка горизонтали равняется 0,1% C. Расставьте необходимые точки и постройте линии диаграммы. На построенной части диаграммы Fe - Fe₃C, определите температуру, до которой нужно нагреть следующие марки стали: **У10А; 18ХГТН; сталь 60; Р9М4К8**, чтобы получить однородную структуру нагрева «аустенит». Назвать указанные марки стали, определить их химический состав? Выбрать среду охлаждения и определить структуру закалки, для каждой марки стали?

Вариант 16

Дайте ответы на вопросы:

1. Назовите постоянные примеси в сталях. В чем заключается влияние вредных примесей и какова роль полезных примесей?
2. Опишите структуру и свойства стали после термической обработки?
3. Пользуясь условными обозначениями марок конструкционных металлических материалов, укажите обозначение *алюминия; железа; марганца; свинца*, входящих в цветные сплавы?
4. Опишите пенопласты, их разновидности и свойства? Укажите области применения пенопластов.
5. Что обозначает число в марках углеродистых сталей, обыкновенного качества и качественной конструкционной? Привести пример данных марок стали, определить химический состав.

Решите задачу.

Постройте левую часть диаграммы Fe - Fe₃C (стали), в следующем масштабе: 1 клетка вертикали равняется 100° C; 1 клетка горизонтали равняется 0,1% C. Расставьте необходимые точки и постройте линии диаграммы. На построенной части диаграммы Fe - Fe₃C, определите температуру, до которой нужно нагреть следующие марки стали: **ВСт2кп; У7; 45ХН; Р9К5**, чтобы получить однородную структуру нагрева «аустенит». Назвать указанные марки стали, определить их химический состав? Выбрать среду охлаждения и определить структуру закалки, для каждой марки стали?

Вариант 17

Дайте ответы на вопросы:

1. Поясните понятие «кристаллическая решетка» и назовите типы кристаллических решеток? Чем отличаются кристаллические вещества от аморфных?
2. Какие виды сталей Вам известны? Что такое степень раскисления сталей и как подразделяются стали по степени раскисления?
3. Что называется полимером, какое строение имеют? По какому принципу и как классифицируются полимерные материалы?
4. Рассчитайте, сколько процентов меди будет содержаться в бронзе, если *олова 3%, цинка 12%, свинца 5%*? Составьте марку сплава.
5. Дайте определение процессу «*коррозия*»? Назовите состояние металла по отношению к действию определённых сред?

Решите задачу.

Постройте левую часть диаграммы Fe - Fe₃C (стали), в следующем масштабе: 1 клетка вертикали равняется 100° C; 1 клетка горизонтали равняется 0,1% C. Расставьте необходимые

точки и построить линии диаграммы. На построенной части диаграммы Fe - Fe₃C, определить температуру, до которой нужно нагреть следующие марки стали: **Ст4пс; сталь 40; У7; 35ХМА**, чтобы получить однородную структуру нагрева «аустенит». Назвать указанные марки стали, определить их химический состав? Выбрать среду охлаждения и определить структуру закалки, для каждой марки стали?

Вариант 18

Дайте ответы на вопросы:

1. Поясните, какое строение металлов и сплавов относится к макроструктуре и микроструктуре?
2. Чем отличается закаливаемость стали от прокаливаемости? Какие разновидности закалки Вы знаете?
3. Составьте по описанию марку стали, если это легированная сталь конструкционная качественная с содержанием углерода 0,60%, кремния 2%, марганца 1%?
4. Какие материалы называют композиционными? Каковы преимущества композиционных материалов по сравнению с их образующими компонентами.
5. От каких компонентов и как зависят свойства резины? В чем сущность процесса вулканизации, как изменяются свойства резины после вулканизации. Какими способами защищают резину и резиновые изделия от старения.

Решите задачу.

Постройте левую часть диаграммы Fe - Fe₃C (стали), в следующем масштабе: 1 клетка вертикали равняется 100° C; 1 клетка горизонтали равняется 0,1%С. Расставить необходимые точки и построить линии диаграммы. На построенной части диаграммы Fe - Fe₃C, определить температуру, до которой нужно нагреть следующие марки стали: **Ст3; сталь 30; У10А; 50ХФА**, чтобы получить однородную структуру нагрева «аустенит». Назвать указанные марки стали, определить их химический состав? Выбрать среду охлаждения и определить структуру закалки, для каждой марки стали?

Вариант 19

Дайте ответы на вопросы:

1. Рассчитайте твердость материала по формуле $HV = \frac{P}{F}$, где P=3000кгс, F=15мм²? Назовите способ испытания, который используется для определения твердости микроскопически малых объемов?
2. Допишите предложение «Если в марке стали углерода от 0,6 до 2,14%, такая сталь называется _____».
3. Используя информационный банк с параметрами, определяющими типы чугунов, выпишите те, которые являются характерными для марки «КЧ». Приведите пример маркировки и где данная марка чугуна применяется.

1. 2–4,3%;	7. Модифицированный;
2. 3,6%;	8. σ_s ;
3. 2,4%;	9. δ , %;
4. Сферическая форма;	10. Предел прочности на изгиб;
5. Хлопья;	11. Белый чугун.
6. Пластинки;	

4. Дайте определение защитный материал? С какой целью используют лакокрасочные материалы, какими специальными свойствами обладают лакокрасочные материалы?
5. В чем заключается принцип резания? Какие инструменты необходимы для обработки резанием?

Решите задачу.

Постройте левую часть диаграммы Fe - Fe₃C (стали), в следующем масштабе: 1 клетка вертикали равняется 100° C; 1 клетка горизонтали равняется 0,1%С. Расставьте необходимые точки и постройте линии диаграммы. На построенной части диаграммы Fe - Fe₃C, определите температуру, до которой нужно нагреть следующие марки стали: **X19H9T; сталь 05; P8; A40**, чтобы получить однородную структуру нагрева «аустенит». Назвать указанные марки стали, определить их химический состав? Выбрать среду охлаждения и определить структуру закалки, для каждой марки стали?

Вариант 20

Дайте ответы на вопросы:

1. Дайте определение, что такое ударная вязкость? К какому свойству металлических материалов она относится и каким способом её определяют?
2. Как компоненты сплава могут взаимодействовать друг с другом? Перечислите типы сплавов, охарактеризуйте каждый тип сплавов.
3. Назовите способ получения чугуна и какова цель данного способа? Перечислите основные продукты полученные в результате данного производства.
4. Из перечисленных марок металлических материалов выберите марки антифрикционных сплавов БрС30; АК6; ШХ15СГ; Б83; БСт3Гсп; АЧС-1; Т15К6 и расшифруйте их?
5. Какой процесс в термической обработке называется нитроцементацией и цианированием? В чём их отличительная особенность.

Решите задачу.

Постройте левую часть диаграммы Fe - Fe₃C (стали), в следующем масштабе: 1 клетка вертикали равняется 100° C; 1 клетка горизонтали равняется 0,1%С. Расставьте необходимые точки и постройте линии диаграммы. На построенной части диаграммы Fe - Fe₃C, определите температуру, до которой нужно нагреть следующие марки стали: **10X18H9T; A11; 9ХС; Ст5кп**, чтобы получить однородную структуру нагрева «аустенит». Назвать указанные марки стали, определить их химический состав? Выбрать среду охлаждения и определить структуру закалки, для каждой марки стали?

Вариант 21

Дайте ответы на вопросы:

1. Из предложенных марок, выберите марки углеродистых сталей: **Ст4; У8; 30ХНВА; БСт3; сталь 65; 40ХС; У13А; ВСт1сп; 6ХВА; ХГС?** Обоснуйте свой выбор.
2. Каково строение твердых тел? На какие группы подразделяют черные и цветные металлы, приведите примеры для каждой группы?
3. Опишите процессы происходящие при производстве стали в мартеновских печах? Назовите марки стали полученные данным способом.
4. Допишите предложение «Совокупность операций нагрева, выдержки и охлаждения заготовок из металлических сплавов называется - _____». Перечислите среды охлаждения при данной обработке.

5. Какие преимущества имеет холодная деформация металлической заготовки по сравнению с горячей? Назовите способы обработки металлов давлением.

Решите задачу.

Постройте левую часть диаграммы Fe - Fe₃C (стали), в следующем масштабе: 1 клетка вертикали равняется 100° C; 1 клетка горизонтали равняется 0,1% C. Расставьте необходимые точки и построите линии диаграммы. На построенной части диаграммы Fe - Fe₃C, определите температуру, до которой нужно нагреть следующие марки стали: **ШХ15СГ; У10; 20Х; сталь 65Г**, чтобы получить однородную структуру нагрева «аустенит». Назвать указанные марки стали, определить их химический состав? Выбрать среду охлаждения и определить структуру закалки, для каждой марки стали?

Вариант 22

Дайте ответы на вопросы:

1. Опишите процессы происходящие при производстве стали в конверторных печах? Назовите марки стали полученные данным способом.
2. Используя информационный банк с параметрами, определяющими типы чугунов, выпишите те, которые являются характерными для марки «СЧ». Приведите пример маркировки и где данная марка чугуна применяется.

2– 4,3%;	18. Модифицированный;
13. 3,6%;	19. σ_g ;
14. 2,4%;	20. δ , %;
15. Сферическая форма;	21. Предел прочности на изгиб;
16. Хлопья;	22. Белый чугун.
17. Пластинки;	

3. В чем преимущества литья по сравнению с обработкой резанием или давлением?
4. Назовите основные качественные характеристики магния, какой тип кристаллической решетки он имеет? Какой сплав обозначают маркой МЛЗ.
5. Какие материалы называют магнитно-твёрдыми и где их используют?

Решите задачу.

Постройте левую часть диаграммы Fe - Fe₃C (стали), в следующем масштабе: 1 клетка вертикали равняется 100° C; 1 клетка горизонтали равняется 0,1% C. Расставьте необходимые точки и построите линии диаграммы. На построенной части диаграммы Fe - Fe₃C, определите температуру, до которой нужно нагреть следующие марки стали: **20Х13; Ст0; сталь 45; У12**, чтобы получить однородную структуру нагрева «аустенит». Назвать указанные марки стали, определить их химический состав? Выбрать среду охлаждения и определить структуру закалки, для каждой марки стали?

Вариант 23

Дайте ответы на вопросы:

1. Опишите процессы происходящие при производстве стали в электропечах? Назовите марки стали полученные данным способом.
2. Из предложенных марок, выберите марки углеродистых инструментальных сталей: **Ст4; У8; 30ХНВА; БСт3; сталь 65; 40ХС; У13А; ВСт1сн; 6ХВА; У11А?**
3. Дайте название чугуна, если графитовые включения имеют форму пластин? Приведите пример его маркировку.

4. Дайте название сплаву марки ЛК80-3, определите его химический состав. Применение данного сплава.
5. Дайте определение процессу разрушения металлических материалов - коррозия? Опишите процесс электрохимической коррозии и способы защиты от неё.

Решите задачу.

Постройте левую часть диаграммы Fe - Fe₃C (стали), в следующем масштабе: 1 клетка вертикали равняется 100° C; 1 клетка горизонтали равняется 0,1% C. Расставьте необходимые точки и постройте линии диаграммы. На построенной части диаграммы Fe - Fe₃C, определите температуру, до которой нужно нагреть следующие марки стали: **15ХФ; сталь 15Г; У10; А40**, чтобы получить однородную структуру нагрева «аустенит». Назвать указанные марки стали, определить их химический состав? Выбрать среду охлаждения и определить структуру закалки, для каждой марки стали?

Вариант 24

Дайте ответы на вопросы:

1. Какое влияние оказывает содержание углерода на механические свойства стали, и какие свойства придают сталям сера и фосфор?
2. Допишите предложение «Способность некоторых твердых веществ образовывать несколько типов кристаллических структур, устойчивых при различных температурах и давлениях, называется
3. Расшифруйте марку металлического конструкционного материала - **ВК15**, укажите его химический состав.
4. Составьте марку сплава по описанию «Сплав литейный, содержит 40% цинка, 3% магния, 1% алюминия, основой является медь». Применение данного сплава.
5. Дайте определение неразъёмному неподвижному соединению «Сварка»? Какие материалы хорошо свариваются и какие существуют способы сварки?

Решите задачу.

Постройте левую часть диаграммы Fe - Fe₃C (стали), в следующем масштабе: 1 клетка вертикали равняется 100° C; 1 клетка горизонтали равняется 0,1% C. Расставьте необходимые точки и постройте линии диаграммы. На построенной части диаграммы Fe - Fe₃C, определите температуру, до которой нужно нагреть следующие марки стали: **Ст3сп; 30Х13; 40ХГТР; сталь 08**, чтобы получить однородную структуру нагрева «аустенит». Назвать указанные марки стали, определить их химический состав? Выбрать среду охлаждения и определить структуру закалки, для каждой марки стали?

Вариант 25

Дайте ответы на вопросы:

1. Допишите предложение «Изменение формы и размеров заготовки при воздействии нагрузки называется - _____? Перечислите способы изменения формы и размеров.
2. Расшифруйте марку металлического конструкционного материала - **Т15К6**, укажите его химический состав и применение.
3. Составьте по описанию марку стали, если это легированная инструментальная высококачественная сталь с содержанием углерода 0,60%, кремния 2%, марганца 1%?

4. По каким признакам классифицируются лакокрасочные материалы? Приведите примеры пленкообразующих веществ. Из чего состоят лаки и краски? Что такое растворители?
5. Перечислите неорганические полимерные материалы. Какой полимер является основой различных типов резин и от каких компонентов и как зависят свойства резины?

Решите задачу.

Постройте левую часть диаграммы Fe - Fe₃C (стали), в следующем масштабе: *1 клетка вертикали равняется 100° C; 1 клетка горизонтали равняется 0,1% C*. Расставить необходимые точки и построить линии диаграммы. На построенной части диаграммы Fe - Fe₃C, определить температуру, до которой нужно нагреть следующие марки стали: **P18; 40X9C2; 13X13; сталь 45Г**, чтобы получить однородную структуру нагрева «аустенит». Назвать указанные марки стали, определить их химический состав? Выбрать среду охлаждения и определить структуру закалки, для каждой марки стали?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основные источники:

1. Стуканов В. А. Материаловедение. – М.: ФОРУМ: ИНФА – М, 2008.

Дополнительные источники:

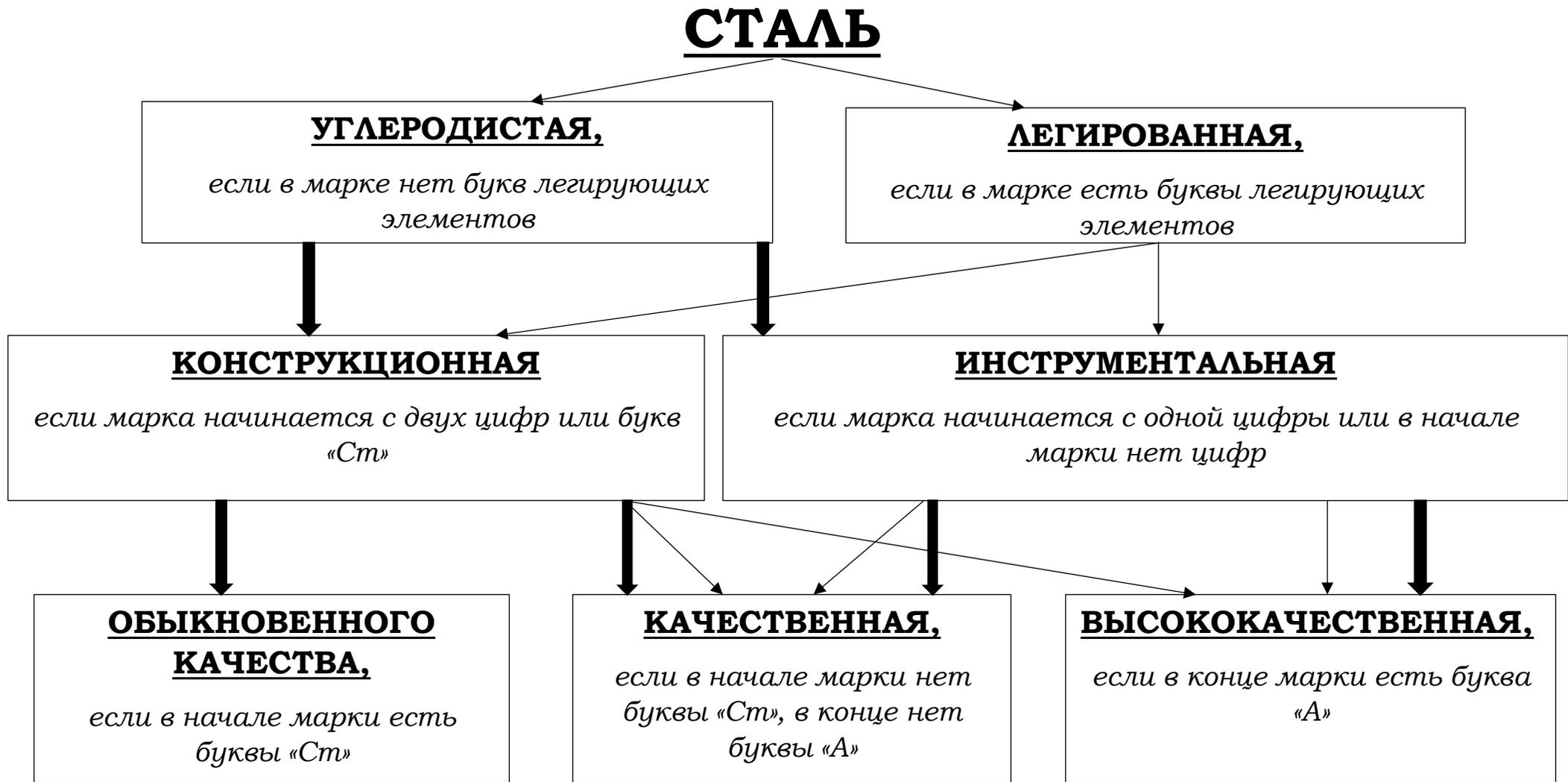
1. Власов В. С. Металловедение. – М.: АЛЬФА – М: ИНФРА – М, 2009.
2. Сосенцев Ю. П., Вологжанина. Материаловедение. – М.: Академия, 2007
3. Черепашин А. А. Материаловедение. – М.: Академия, 2004.
4. Чумаченко Ю.Т. и др. Материаловедение. - Ростов-на-Дону, Феникс, 2004.
5. Шевченко Е.П. Карманный справочник для работы с машиностроительными чертежами: 2-е изд. доп. и перераб. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010.

Интернет – ресурсы

1. Все о металлах и материаловедении. – Режим доступа: <http://materiall.ru/>
2. Материаловедение [Электронный ресурс] // Машиностроение. Механика. Metallургия. — Режим доступа: <http://mashmex.ru/materiali.html>

Приложение А

АГОРИТМ РАСШИФРОВКИ МАРОК СТАЛИ



ПРИМЕРНЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ

СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА В СТАЛЯХ

<p><i>Буквы «Ст» в начале марки указывают, что химический состав по марке не определяется</i></p>	<p><i>Две цифры в начале марки показывают сотые доли процента углерода</i></p>	<p><i>Одна цифра в начале марки или цифры после начальной буквы «У», показывают десятые доли процента углерода</i></p>	<p><i>Отсутствие цифр в начале марки (кроме марок, начинающихся с буквы «У»), указывает на наличие около одного процента углерода</i></p>
---	--	--	---

СОДЕРЖАНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СТАЛЯХ

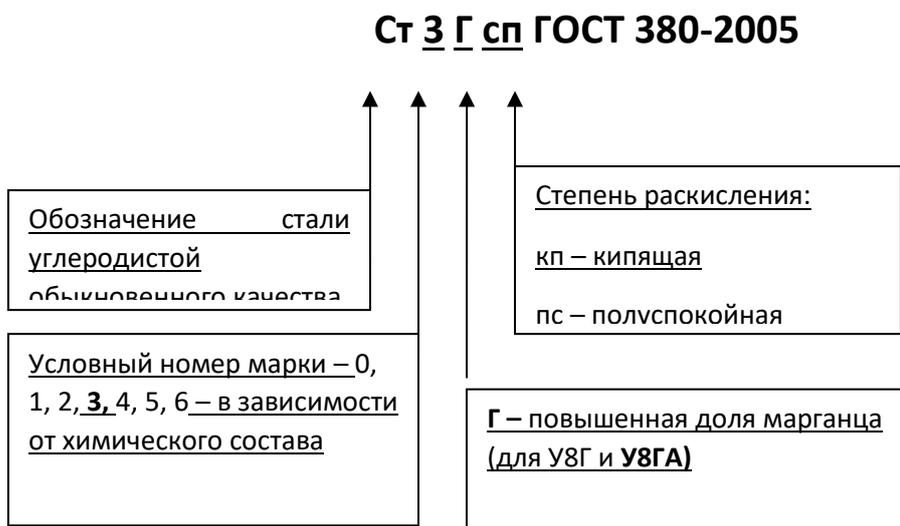
<p><i>Отсутствие цифры после букв легирующих элементов указывает на наличие около одного процента легирующих элементов</i></p>	<p><i>Цифры после букв легирующих элементов показывают целые единицы процента легирующих элементов</i></p>
--	--

Приложение Б

Схемы обозначения марок конструкционных материалов

1 СТАЛИ

1.1 Сталь углеродистая обыкновенного качества



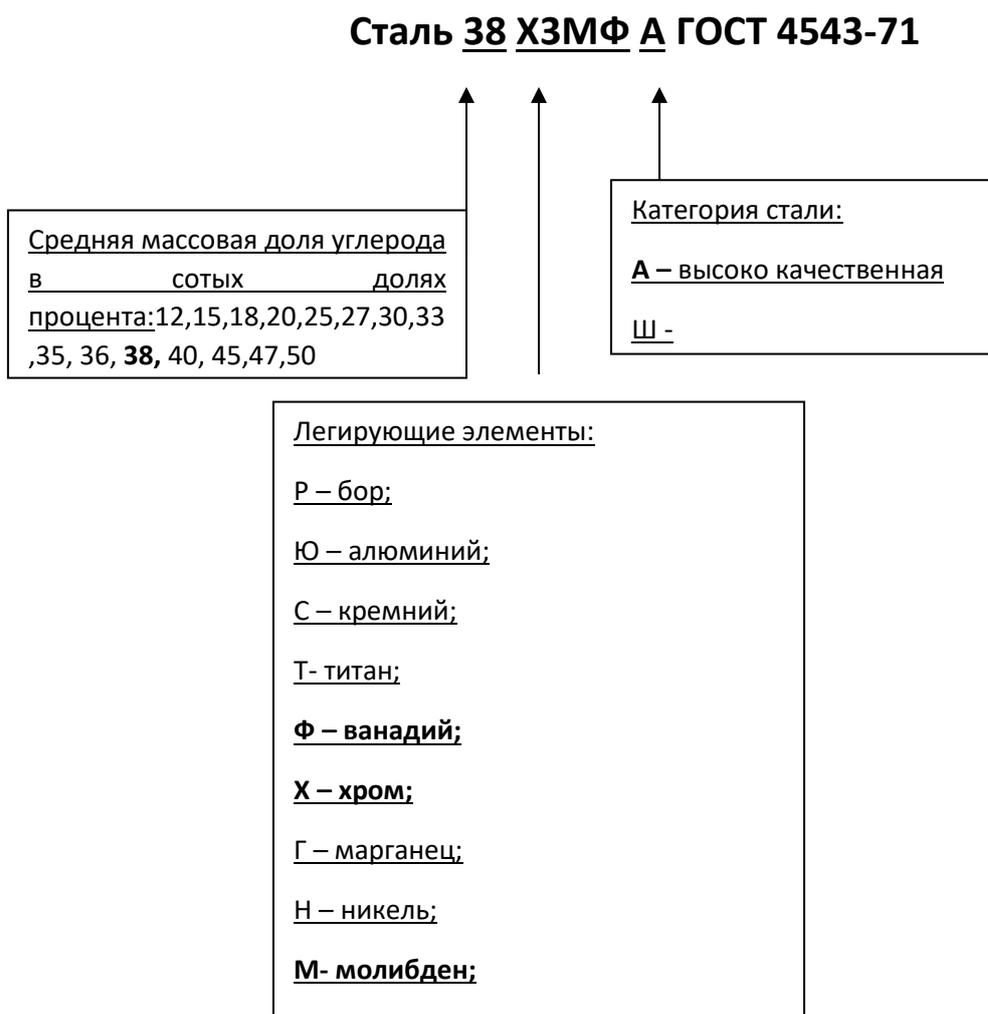
1.2 Сталь углеродистая качественная конструкционная



1.3 Сталь углеродистая инструментальная



1.4 Сталь легированная конструкционная



1.5 Сталь легированная инструментальная

Сталь 9 ХВГ ГОСТ 5950-2000

Первые цифры – массовая доля углерода в десятых долях процента: **9 (0,8-0,9%)**. Не указывается, если массовая доля углерода близка к единице или больше единицы

Легировующие элементы:

Р – бор;

Ю – алюминий;

С – кремний;

Т- титан;

Ф – ванадий;

Х – хром;

Г – марганец;

Н – никель;

М- молибден;

В – вольфрам

Приложение Б. 3

2 ЧУГУНЫ

2.1 СЕРЫЙ ЧУГУН



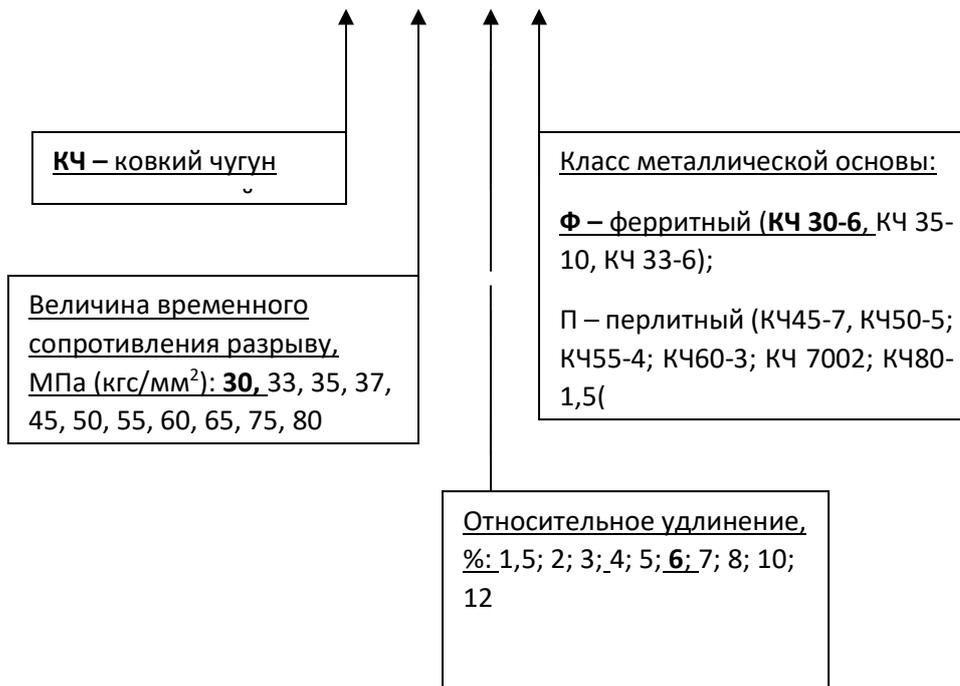
2.2 ВЫСОКОПРОЧНЫЙ ЧУГУН



Приложение Б. 4

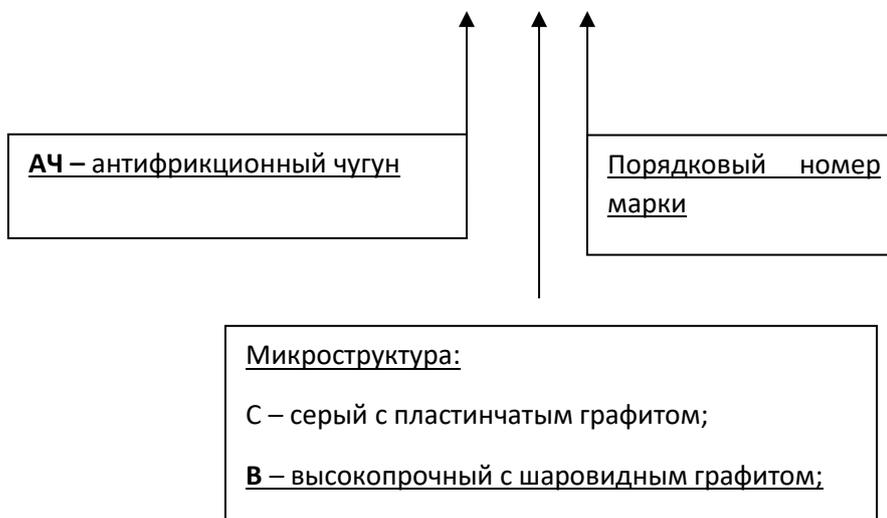
2.3 КОВКИЙ ЧУГУН

КЧ 30 - 6 -Ф ГОСТ 1215-79



2.4 ЧУГУН АНТИФРИКЦИОННЫЙ

ЧУГУН АЧ В - 2 ГОСТ 1585-85



Приложение Б. 5

3 ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

3.1 БРОНЗЫ

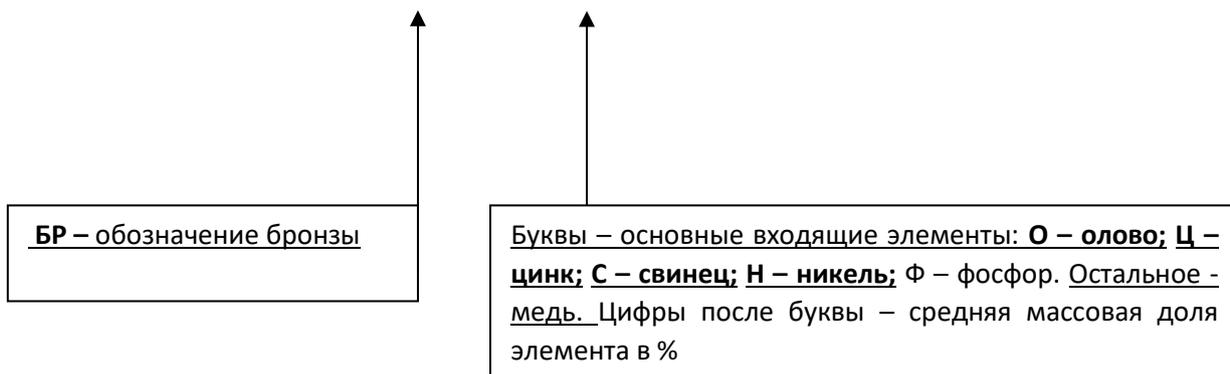
3.1.1 БРОНЗЫ БЕЗОЛОВЯНИСТЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ

БР А10Ж3Мц2 ГОСТ 493-79



3.1.2 БРОНЗЫ ОЛОВЯНИСТЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ

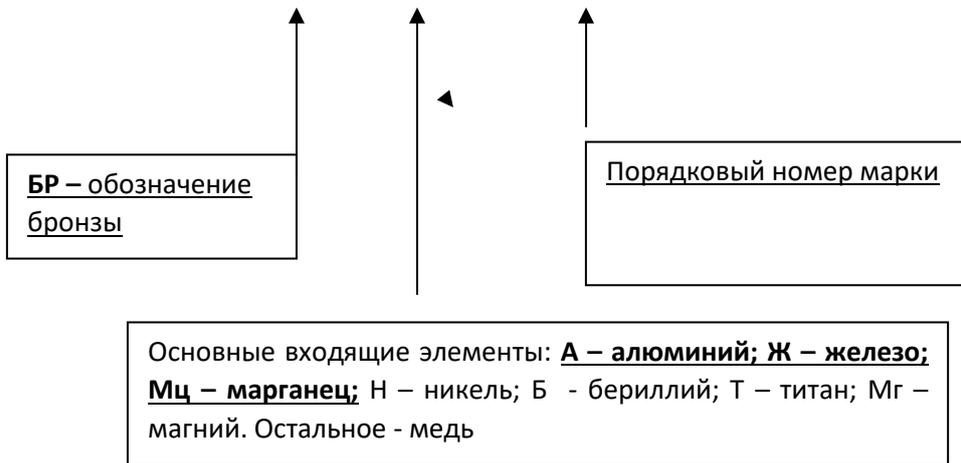
БР О3Ц7С5Н1 ГОСТ 613-79



Приложение Б. 6

3.1.3 БРОНЗЫ БЕЗОЛОВЯНИСТЫЕ, ОБРАБАТЫВАЕМЫЕ ДАВЛЕНИЕМ

БР АЖМц – 10-3-1,5 ГОСТ 18175-78



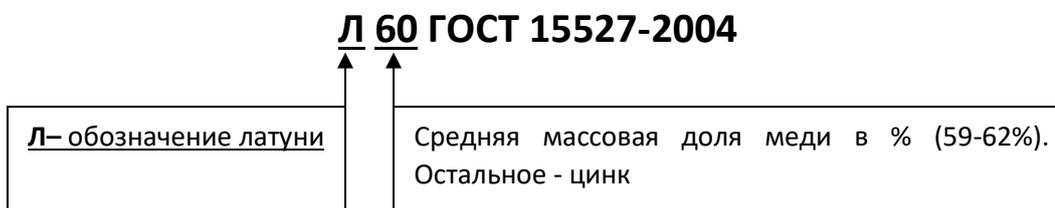
3.2 ЛАТУНИ

3.2.1 ЛАТУНИ ЛИТЕЙНЫЕ



Приложение Б. 7

3.2.2 ЛАТУНИ, ОБРАБАТЫВАЕМЫЕ ДАВЛЕНИЕМ



Л ЖМц 59 – 1 - 1 ГОСТ 15527-2004

Л – обозначение латуни

Основные входящие элементы: **Ж** – железо; **Мц** – марганец; **А** – алюминий; Н – никель; О – олово; С – свинец; К – кремний; Мш- мышьяк

Массовая доля входящих в сплав элементов (кроме основных – меди, цинка):
Ж – железо **0,6 - 1,2%**;
Мц – марганец **0,5-0,8 %**

Средняя массовая доля меди в % (59-60%),
остальное цинк

Приложение Б.8

3.3 СПЛАВЫ АЛЮМИНИЕВЫЕ

А К12М2Мг Н ГОСТ 1583-93

А – обозначение сплава на основе **алюминия**

Буквы – обозначение входящих в сплав компонентов:

К – кремний;

М – медь;

Мг – магний;

Н – никель;

Су – сурьма;

Ц – цинк.

Цифра – средняя массовая доля компонентов в %: **К=11-13; М=1,5-3; Мг=0,8-1,3; Н=0,8-13**

ПРИМЕЧАНИЕ:

В марку сплава может добавляться обозначение сплава:

Ч - чистый;

ПЧ – повышенной чистоты;

ОЧ – особой чистоты;

Л – литейный сплав

Приложение Б. 9

3.4 БАББИТЫ

3.3.1 БАББИТ СВИНЦОВЫЙ

БАББИТ Б16 ГОСТ 1320-74

↑
76

Обозначение марки свинцового баббита: Б16; БН
или БСб. Основной компонент - свинец

3.3.2 БАББИТ ОЛОВЯННЫЙ



Пример выполнения задания

Решить задачу:

Постройте левую часть диаграммы Fe - Fe₃C (стали), в следующем масштабе: 1 клетка вертикали равняется 100° C; 1 клетка горизонтали равняется 0,1% C. Расставьте необходимые точки и построите линии диаграммы. На построенной части диаграммы Fe - Fe₃C, определите температуру, до которой нужно нагреть следующие марки стали: 18ХГМ, ХГС, чтобы получить однородную структуру нагрева «аустенит».

Назвать указанные марки стали, определить их химический состав? Выбрать среду охлаждения и определить структуру закалки, для каждой марки стали?

Ход решения:

1. Расшифровать марки стали:

18ХГМ – легированная конструкционная сталь, содержит **0,18% C** (углерод), Cr (хром), Mn (марганец), Mo (молибден) по 1%, качественная сталь.

Исходя из содержания углерода в данной марке (0,18% C) используя текст справочного материала и таблицу 3, читаем - **не закаливаются стали с содержанием углерода до 0,39% и менее**, следовательно данная марка закалке **не подлежит**.

ХГС - легированная инструментальная сталь, содержит **1% C** (углерод), Cr (хром), Mn (марганец), Si (кремния) по 1%, качественная сталь.

2. Строим левую часть диаграммы Fe - C (стали), в следующем масштабе: 1 клетка вертикали равняется 100° C; 1 клетка горизонтали равняется 0,1% C. На горизонтальном участке диаграммы в промежутке от 0,8 до 2,14% C, находим примерное расположение содержания углерода **1%** (на диаграмме красная вертикальная линия).

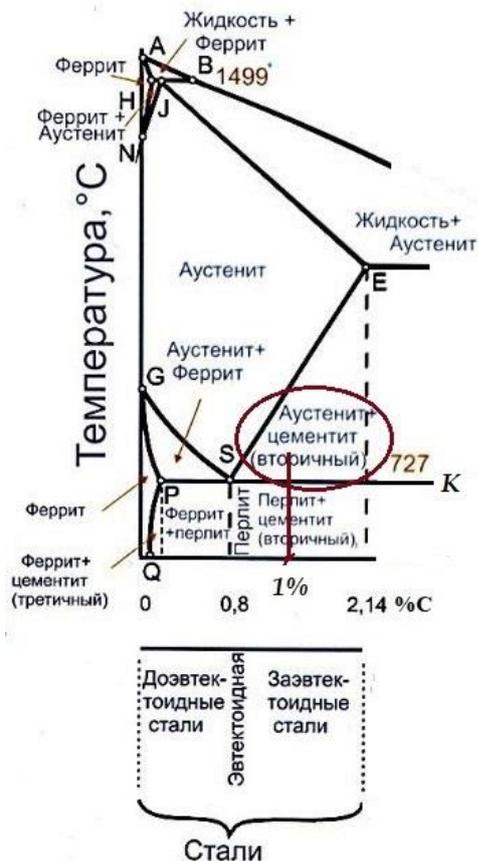


Рисунок 1 - Диаграммы Fe - C (стали).

Так как содержание углерода **1%** соответствует *заэвтектоидной стали* ($C = 0,83 - 2,14\%$), то производим *неполную закалку*, которая заключается в нагреве стали выше *линии PSK на 30°-50°*, структура нагрева *аустенит+цементит* (*выбираем из текста справочного материала*).

3. Выбираем среду охлаждения для структуры нагрева *аустенит+цементит* - при охлаждении в масле и на воздухе *аустенит* → в структуру *троостит-сорбит*, а структура *цементит* остаётся без изменения (*цементит* самая твёрдая структура, не закаливается, имеет высокие механические свойства и микроструктуру, что положительно влияют на закалку), *выбираем из текста справочного материала* и из таблицы 2.

4. Исходя из выше указанного текста, решение задачи оформляем по форме приведённой в таблице 1.

Таблица 1 – Пример оформления задачи

Марка стали	Расшифровка	Температура нагрева	Структура нагрева	Среда охлаждения	Структура закалки
18ХГМ	легированная конструкционная сталь, содержит 0,18%С (углерод), Cr (хром), Mn (марганец), Mo (молибден) по 1%, качественная сталь.	не закаливается	-	-	-
ХГС	легированная инструментальная сталь, содержит 1%С (углерод), Cr (хром), Mn (марганец), Si (кремния) по 1%, качественная сталь.	Выше линии PSK на 30°-50°	аустенит+цементит.	Масло, воздухе	<i>аустенит</i> → в структуру <i>троостит-сорбит</i> , а структура <i>цементит</i> остаётся без изменения

Закалка стали (*справочный материал*)

Закалка углеродистых сплавов производится в целях повышения их механических свойств: *твёрдости, предела прочности, упругости и износостойкости*.

Температура нагрева под закалку должна обеспечить в стали аустенитную структуру.

Процесс закалки состоит из следующих этапов:

- а) нагревания изделия до температуры закалки;
- б) выдержки изделия в течение определенного времени при заданной температуре;
- в) охлаждения изделия с нужной скоростью.

Различают:

- ❖ Полная закалка
- ❖ Неполная закалка

I. **Полная закалка доэвтектоидной стали** ($C = 0,1 - 0,83\%$), заключается в нагреве стали выше линии *GS* на $30^{\circ}-50^{\circ}$, образования структуры **аустенит**.

При охлаждении в воде **аустенит** переходит в структуру → **мартенсит**, в масле → **троостит**, на воздухе → **сорбит**.

II. **Неполная закалка доэвтектоидной стали** ($C = 0,1 - 0,83\%$), **не применяется**, так как выше линии *PSK* находится структура нагрева **аустенит+феррит**.

Феррит – мягкая, вязкая, пластичная структура, с низкими механическими свойствами, что отрицательно влияет на закалку.

III. **Полная закалка эвтектоидной стали** ($C = 0,83\%$), заключается в нагреве стали выше линии *PSK* на $30^{\circ}-50^{\circ}$, структура нагрева – **аустенит**. При охлаждении в масле **аустенит** → в структуру **троостит**, на воздухе **аустенит** → в структуру **сорбит**.

IV. **Неполная закалка заэвтектоидной стали** ($C = 0,83 - 2,14\%$), заключается в нагреве стали выше линии *PSK* на $30^{\circ}-50^{\circ}$, структура нагрева **аустенит+цементит**. При охлаждении в масле и на воздухе **аустенит** → в структуру **троостит-сорбит**, а структура **цементит** остаётся без изменения (цементит самая твёрдая структура, не закаливается, имеет высокие механические свойства и микроструктуру, что положительно влияют на закалку).

Таблица 2 - Структуры закалки аустенита в зависимости от охлаждающей среды

Охлаждающая среды для аустенита	Структуры закалки
Вода →	Мартенсит - имеет игольчатое строение. Размеры игл зависят от температуры, закалки и от размеров зерен аустенита, из которых они образовались, и их количества. Лучшими механическими свойствами обладает мелкоигольчатый мартенсит. В металломикроскопе мартенсит наблюдается в виде игл, расположенных под углом $60, 90$ и 120° друг к другу.
Масло →	Троостит , является продуктом распада аустенита при закалке, а при среднем отпуске — продуктом распада мартенсита. Троостит травится реактивами интенсивнее мартенсита, поэтому под микроскопом он выглядит темным.
Воздух →	Сорбит образуется при высоком отпуске закаленной на мартенсит стали. Сорбит виден под микроскопом в виде светлых участков — зерен цементита в феррите.

Таблица 3 - Закалочные среды и процентное содержание углерода, подвергающиеся закалке

Не закаливаются стали с содержанием углерода до $0,39\%$ и менее	Закаливаются стали с содержанием углерода: с $0,4\%$ и более с $0,40\%$ и более
Среда охлаждения: Вода: для конструкционных углеродистых сталей Масло:	

- ❖ для конструкционных углеродистых сталей;
- ❖ высокоуглеродистых сталей (С от 0,6 – 2,14%);
- ❖ для инструментальных углеродистых сталей качественных и высококачественных;
- ❖ для легированных сталей;
- ❖ для быстрорежущих сталей

Воздух как охлаждающая среда присутствует в воде и масле.