

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

Многопрофильный колледж

УТВЕРЖДАЮ

Директор

_____ / С.А. Махновский

«09» 02. 2022 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

**по учебной дисциплине
Материаловедение**

**для обучающихся специальности
22.02.01 Металлургия черных металлов
(базовой подготовки)**

Магнитогорск, 2022

ОДОБРЕНО

Предметной / Предметно-цикловой комиссией
«Металлургия и ОМД»
Председатель О.В Шелковникова
Протокол № 10 от 22.06.2022

Методической комиссией МпК

Протокол №6 от 29.06.2022

Разработчик :

преподаватель ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» Многопрофильный колледж
Ирина Николаевна Трубина

Методические указания по выполнению практических и лабораторных работ разработаны на основе рабочей программы учебной дисциплины «Материаловедение».

Содержание практических и лабораторных работ ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального(ых) модуля(ей) программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 22.02.01 Metallургия черных металлов и овладению профессиональными компетенциями.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение	4
2. Методические указания	5
3. Лабораторная работа №1	5
4. Лабораторная работа №2	7
5. Лабораторная работа №3	8
6. Практическая работа №1	9
7. Лабораторная работа №4	13
8. Лабораторная работа №5	14
9. Лабораторная работа №6	20
10. Лабораторная работа №7	20
11. Практическая работа №2	25
12. Практическая работа №3	26
13. Практическая работа №4	29
14. Практическая работа №5	29
15. Практическая работа №6	33
16. Практическая работа №7	33
17. Практическая работа №8	36
18. Практическая работа №9	37
19. Практическая работа №10	38
20. Практическая работа №11	38
21. Практическая работа №12	39
22. Практическая работа №13	41
23. Практическая работа №14	41
24. Практическая работа №15	43
25. Практическая работа №16	44
26. Лабораторная работа №8	49
27. Практическая работа №17	54
28. Практическая работа №18	54
29. Практическая работа №19	56
30. Практическая работа №20	56

1 Введение

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические занятия.

Состав и содержание практических занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных практических умений, необходимых в последующей учебной деятельности.

В соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Материаловедение» предусмотрено проведение практических и лабораторных занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

уметь:

У 1.1.09 распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;

У 1.1.10 определять виды конструкционных материалов;

У 1.2.04 выбирать материалы для конструкций по их назначению и условиям эксплуатации;

У 1.4.10 проводить исследования и испытания материалов;

Содержание практических и лабораторных занятий ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального модуля программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями:**

ПК 1.1. Осуществлять технологические операции по производству черных металлов.

ПК 1.2. Использовать системы автоматического управления технологическим процессом.

ПК 1.3. Эксплуатировать технологическое и подъемно-транспортное оборудование, обеспечивающее процесс производства черных металлов.

ПК 1.4. Анализировать качество сырья и готовой продукции. ПК 2.1. Планировать и организовывать собственную деятельность, работу подразделения, смены, участка, бригады, коллектива исполнителей.

ПК 3.1. Принимать участие в разработке новых технологий и технологических процессов

ПК 3.2. Участвовать в обеспечении и оценке экономической эффективности.

А также формированию **общих компетенций:**

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

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

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

ОК 04. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде.

Выполнение обучающихся практических и лабораторных работ по учебной дисциплине «Материаловедение» направлено на:

- *обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;*

- *формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;*

- выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Практические и лабораторные занятия проводятся после соответствующей темы, которая обеспечивает наличие знаний, необходимых для ее выполнения

2 Методические указания

Тема 1.2. Кристаллизация металлов

Лабораторная работа № 1

Наблюдение с помощью биологического микроскопа за кристаллизацией из раствора соли

Цель: - изучение процесса кристаллизации на примере раствора соли.
- углубление, закрепление полученных теоретических знаний по данной теме;
- формирование умений применять полученные знания на практике.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-развивать умения: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования

Материальное обеспечение:

1. Биологический микроскоп.
2. Раствор соли.
3. Пробирка.
4. Спиртовка.
5. Пипетка
6. Линейка

Задание:

1. Изучить устройство биологического микроскопа и работу на нем
2. Начертить и описать оптическую схему биологического микроскопа
3. Описать процесс кристаллизации соли.
4. Зарисовать строение затвердевающей капли раствора соли.
5. Написать отчет

Краткие теоретические сведения:

Существуют два простых способа выращивания кристаллов из раствора: *охлаждение насыщенного раствора соли и его выпаривание.*

Первым этапом при любом из двух способов является приготовление насыщенного раствора. Можно выращивать кристалл медного купороса или *обычной поваренной соли.*

Растворимость любых веществ зависит от температуры. Обычно с повышением температуры растворимость увеличивается, а с понижением температуры уменьшается.

При охлаждении горячего (примерно 40°C) насыщенного раствора до 20°C в нем окажется избыточное количества соли на 100 г воды. При отсутствии центров кристаллизации это вещество может оставаться в растворе, т.е. раствор будет пересыщенным.

С появлением центров кристаллизации избыток вещества выделяется из раствора, при каждой данной температуре в растворе остается то количество вещества, которое соответствует коэффициенту растворимости при этой температуре. Избыток вещества из раствора выпадает в виде кристаллов; количество кристаллов тем больше, чем больше центров кристаллизации в растворе. Центрами кристаллизации могут служить загрязнения на стенках посуды с раствором, пылинки, мелкие кристаллики соли. Если предоставить выпавшим кристалликам возможность подрасти в течение суток, то среди них найдутся чистые и совершенные по форме экземпляры. Они могут служить затравками для выращивания крупных кристаллов.

Чтобы вырастить крупный кристалл, в тщательно отфильтрованный насыщенный раствор нужно внести кристаллик - затравку, заранее прикрепленный на волосе или тонкой леске, предварительно обработанной спиртом.

Можно вырастить кристалл без затравки. Для этого волос или леску обрабатывают спиртом и опускают в раствор так, чтобы конец висел свободно. На конце волоса или лески может начаться рост кристалла.

Если для выращивания приготовлен крупный затравочный кристалл, то его лучше вносить в слегка подогретый раствор. Раствор, который был насыщенным при комнатной температуре, при температуре на 3-5°C выше комнатной будет ненасыщенным. Кристалл-затравка начнет растворяться в нем и потеряет при этом верхние, поврежденные и загрязненные слои. Это приведет к увеличению прозрачности будущего кристалла. Когда температура понизится до комнатной, раствор вновь станет насыщенным, и растворение кристалла

прекратится. Если стакан с раствором прикрыть так, чтобы вода из раствора могла испаряться, то вскоре раствор станет пересыщенным и начнется рост кристалла. Во время роста кристалла стакан с раствором лучше всего держать в теплом сухом месте, где температура в течение суток остается постоянной. На выращивание крупного кристалла в зависимости от условий эксперимента может потребоваться от нескольких дней до нескольких недель.

Процесс кристаллизации соли.

Так же, как и при затвердевании металлического слитка, в процессе кристаллизации капли раствора соли наблюдаются три структурные зоны (рис.1). Зона 1 состоит из тонкого слоя мелких дендритов, образующихся у краев капли. Зона 2 характеризуется образованием крупных удлиненных дендритов. Зона 3 состоит из дендритов, имеющих различную ориентировку.

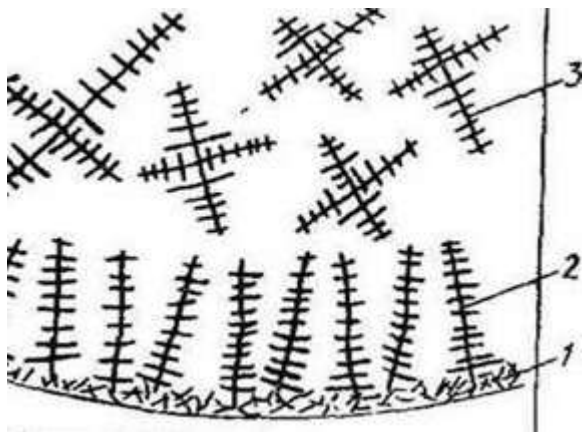


Рис.1 Структура затвердевающей капли раствора соли NH_4Cl

Биологический микроскоп

Плита 1. микроскопа соединена с колонкой 3, шарниром 2, что позволяет наклонять верхнюю часть микроскопа для более удобного наблюдения при работе сидя. Тубус 7, в верхнюю часть которого вставляют окуляр 6, а в нижнюю ввинчивают объектив, 8 может передвигаться вверх и вниз вращением винта 5. Для точной наводки на фокус служит микрометрический винт 4. На предметный столик 9 помещают плоское стекло 10 с исследуемым объектом. В нижней части микроскопа установлено зеркало 11.

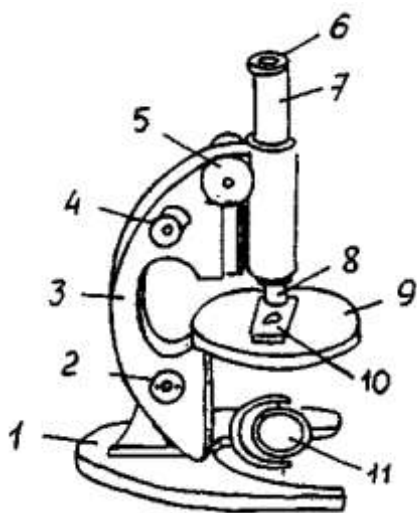


Рис. 2. Конструкция биологического микроскопа 10

Порядок выполнения работы:

1. Приготовить насыщенный раствор соли.
2. Для получения пересыщенного раствора соль NaCl растворить в воде при температуре $(70...80)^\circ\text{C}$. Для этого подогреть раствор на пламени спиртовки. В работе использовать горячий раствор соли.

3. На стекло при помощи пипетки нанести каплю горячего пересыщенного раствора соли и поместить его на предметный столик
4. Поместить стекло 10 с каплей соли на предметный столик 9
5. В верхнюю часть тубуса 7 установить окуляр б, а в нижнюю - объектив 8.
6. Зеркало 11 направить в сторону естественного или искусственного света.
7. Вращением зеркала 11, смотря одним глазом в окуляр б, достичь нормального прохождения световых лучей (получение светлого поля).
8. Вращением винта 5 произвести грубую наводку на фокус.
9. Произвести точную наводку на фокус вращением микровинта 4.
10. Наблюдать за процессом кристаллизации раствора соли и зарисовать образующиеся с течением времени кристаллы соли в круге диаметром 40 мм.
11. Описать процесс кристаллизации соли.
12. Зарисовать строение затвердевающей капли раствора соли.

Форма представления результата: выполненная работа

Критерии оценки: зачет/незачет

Лабораторная работа № 2

Микроскопический анализ. Исследование приготовленного микрошлифа

Цель работы: формирование умений определения видов металлов и сплавов по микроструктуре

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения.;
- определять виды металлов и сплавов по микроструктуре

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, альбом металлографический, микроскоп, образцы металлов.

Задание:

1. Определить по образцам с помощью приборов виды сталей и чугунов
2. Оформить полученные результаты в тетради

Краткие теоретические сведения:

Микроструктура – структура металла или сплава, видимая с помощью микроскопа на специально полированных и протравленных образцах, называемых *шлифами*. Микроструктуру сплавов изучают под микроскопом на хорошо приготовленных шлифах.

В альбоме приведены микроструктуры сталей и чугунов.

Сталь – сплав железа с углеродом, в котором углерода содержится до 2,14%.

Чугун - сплав железа с углеродом, в котором углерода содержится от 2,14% до 6,67%.

Эвтектоидные стали – железоуглеродистые сплавы с массовой долей углерода 0,8%.

Доэвтектоидные стали – железоуглеродистые сплавы с массовой долей углерода до 0,8%.

Заэвтектоидные стали – железоуглеродистые сплавы с массовой долей углерода от 0,8% до 2,14%.

Белый чугун – чугун, в котором весь углерод связан с железом в виде цементита. Белый чугун имеет светлый излом, высокую твердость и хрупкость.

Серый чугун – чугун, в котором углерод выделяется в форме графита. Серый чугун имеет серый излом, достаточную твердость и прочность.

Порядок выполнения работы:

1. Изучите ход выполнения работы
2. Определите по образцам с помощью микроскопа виды сталей и чугунов
3. Оформите полученные результаты в тетради

Ход работы:

1. Зарисуйте структуры образцов металлов по снимкам, изображенным в металлографическом альбоме (по указанию преподавателя). Подпишите все структурные составляющие.
 2. Выучите определения, характеристики структурных составляющих.
 3. По рисунку определите сталь это или чугун.
 4. По выданным образцам с помощью микроскопа определите вид стали и чугуна
- Результаты оформите в тетради

Форма представления результата: отчет выполненных заданий в тетради.

Критерии оценки

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Лабораторная работа № 3

Макроскопический анализ. Исследование приготовленного макрошлифа.

Цель работы: формирование умений определять виды металлов по их внешним признакам

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

– определять виды металлов и сплавов по макроструктуре;

Материальное обеспечение:

образцы видов металлов; технические весы; разновесы; штангенциркуль; карандаши цветные; справочная таблица; формула.

Задание:

Определите вид металла, из которого изготовлены образцы по внешним признакам (вес, цвет, оттенки) и сделайте вывод, определив удельный вес металлов опытным путем.

Порядок выполнения работы:

1. Изучите ход выполнения работы.
2. Определите визуально и подтвердите опытным путем (через определение удельного веса) вид металла, из которого изготовлен каждый образец.
3. Результаты оформите в виде таблицы.

Ход работы:

1. Рассмотрите предложенные образцы. Определите визуально вид металла по внешним признакам (вес, цвет, оттенки, степень блеска).
2. Цветными карандашами зарисуйте образцы металлов (сплавов).
3. Взвесьте образцы металлов на технических весах с точностью до 0,01 гр.
4. Определите объем образца с помощью штангенциркуля по формуле: $V = a \times b \times h = (\text{см}^3)$. Полученные данные занесите в таблицу
5. Определите расчетным путем удельный вес металла P1, разделив массу (в граммах) на объем (в см^3)
6. Сравните полученный результат с табличным значением P2 удельного веса определенного веса металлов (сплавов). Полученные данные занесите в таблицу (форма представлена ниже).

Физические свойства основных металлов

Таблица 1

№ п\п	Название металлов	Символ	Удельный вес г/см ³	Температура плавления С ⁰	Коэффициент линейного расширения
1	Алюминий	Al	2,7	660	0,000024
2	Вольфрам	W	19,3	3200	0,000004
3	Железо	Fe	7,8	1530	0,000012
4	Кобальт	Co	8,9	1480	0,000012
5	Магний	Mg	1,7	651	0,000026
6	Марганец	Mn	7,5	1250	0,000023
7	Медь	Cu	8,9	1083	0,000017
8	Никель	Ni	8,9	1452	0,000014
9	Олово	Sn	7,3	232	0,000023

10	Свинец	Pb	11,3	327	0,000029
11	Сурьма	Sb	6,7	630	0,000010
12	Цинк	Zn	7,1	419	0,000032
13	Хром	Cr	6,9	1700	0,000008

Форма представления результата:

Таблица 2

Вид металла (сплава)	Эскиз	Цвет (оттенки)	Объем, см ³	Вес P ₁ , кг	Погрешность определения удельного веса металлов P ₁ -P ₂
----------------------	-------	----------------	------------------------	-------------------------	--

Критерии оценки: Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Практическая работа №1

Изучение влияния различных факторов на микроструктуру литого металла

Цель работы:

1. Изучить механизм и кинетику процесса кристаллизации.
2. Изучить макроструктуру металлических слитков.
3. Изучить влияние условий кристаллизации на структуру и механические свойства металла.

Материалы и оборудование для выполнения работы

Водные растворы солей (хромпика $K_2Cr_2O_7$, марганцовокислого калия $KMnO_4$, поваренной соли $NaCl$), биологические микроскопы, металлические слитки, сплав алюминия с кремнием (силумин), муфельная электропечь с термопарой и автоматическим потенциометром, металлическая форма (кокиль), керамическая форма, маятниковый копер МК-30.

Основные положения

Кристаллизация – это процесс перехода вещества из жидкого состояния в твердое, кристаллическое. В расплавленном металле нет дальнего порядка: расстояния между атомами не являются постоянными, объемы с упорядоченным расположением атомов то возникают, то снова исчезают (рис. 1, а). В процессе кристаллизации устанавливается *дальний порядок*: атомы располагаются на определенных расстояниях по каждому пространственному направлению, образуя *кристаллическую решетку* (рис. 1, б). Такое упорядоченное расположение возникает за счет равновесия сил притяжения и отталкивания между атомами и соответствует минимуму энергии взаимодействия атомов в металле.

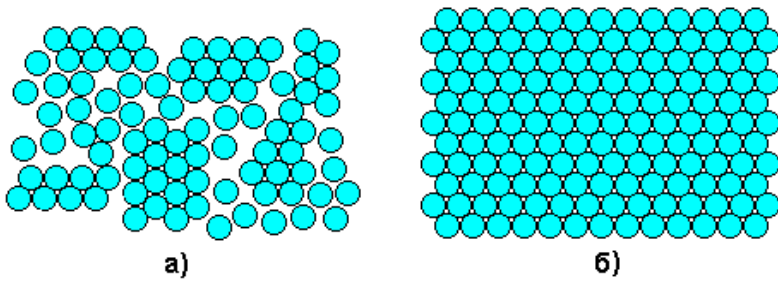


Рис. 1. Расположение атомов в жидком (а) и твердом (б) металле

Процесс кристаллизации может идти самопроизвольно, а может вызываться какими-то искусственными причинами.

Самопроизвольно идут только те термодинамические процессы, которые приводят к уменьшению свободной энергии системы. (Свободная энергия F – это изменяемая часть полной энергии системы.) С повышением температуры металла его свободная энергия как в жидком, так и в твердом состоянии снижается, но с разной скоростью: свободная энергия жидкого металла снижается быстрее (рис. 2). Поэтому кривые зависимости свободной энергии от температуры пересекаются при какой-то температуре T_S . При любой температуре ниже T_S меньшим уровнем свободной энергии обладает твердый металл, поэтому, если охладить расплав до температуры $T_1 < T_S$, начнется кристаллизация. И наоборот, при температурах выше T_S устойчиво жидкое состояние, поскольку жидкий металл имеет меньший уровень свободной энергии. Значит, нагрев до $T_2 > T_S$ приведет к плавлению.

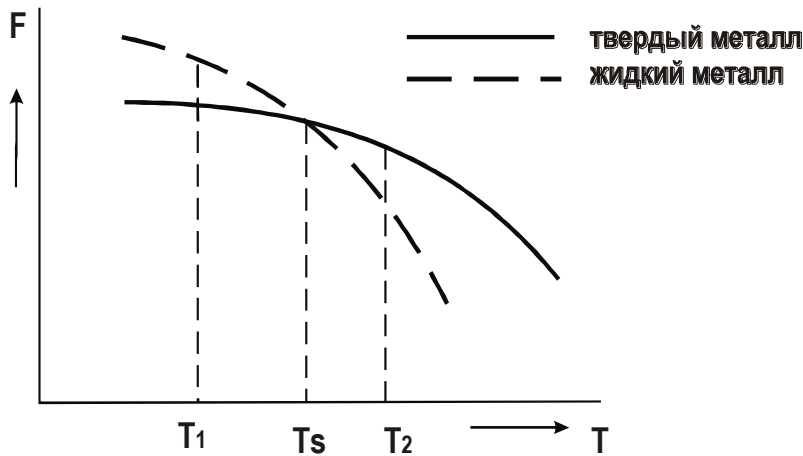


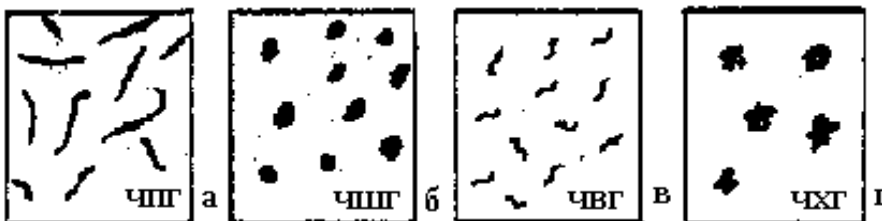
Рис. 2. Зависимости свободной энергии металла от температуры

Температура T_S , при которой свободная энергия металла в твердом и жидком состоянии одинакова, называется **теоретической температурой кристаллизации**. При этой температуре жидкость и кристаллы находятся в равновесии, ни плавление, ни кристаллизация до конца не идут.

Чтобы кристаллизация осуществилась, необходимо некоторое переохлаждение относительно теоретической температурой кристаллизации. В таком случае образование кристаллов дает выигрыш в свободной энергии, что и является стимулом процесса. Поэтому на самом деле кристаллизация всегда происходит при температуре ниже T_S . **Реальная температура кристаллизации T_P** всегда меньше теоретической. Разность между теоретической и реальной температурой кристаллизации называется **степенью переохлаждения ΔT** :

$$\Delta T = T_S - T_P.$$

Измеряя температуру металла в процессе кристаллизации, можно получить **кривую охлаждения** (рис. 3). Это график в координатах «температура – время». На этой кривой имеется горизонтальный участок, соответствующий переходу металла из жидкого состояния в твердое. Постоянная температура на этом участке поддерживается за счет выделения **скрытой теплоты кристаллизации**.



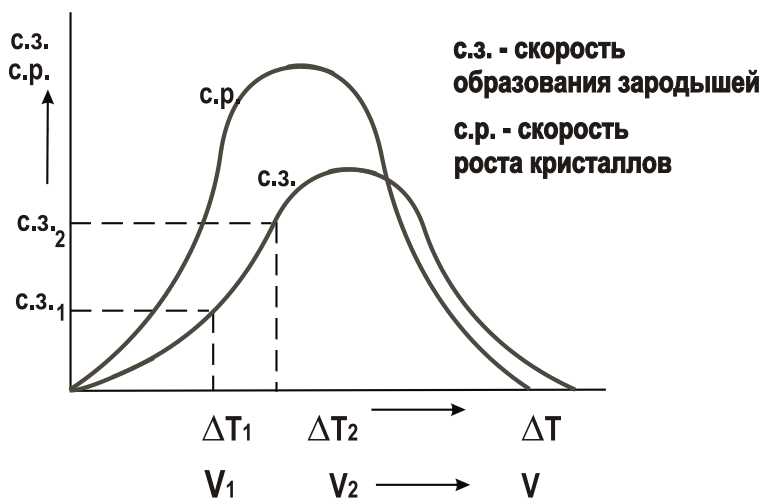


Рис. 3. Кривая охлаждения расплавленного металла

Степень переохлаждения при кристаллизации не является постоянной величиной. Она увеличивается с увеличением скорости охлаждения металла. В реальных заводских условиях изготовления отливок степень переохлаждения обычно не превышает 20–30°, но для очень чистых металлов может достигать нескольких сотен градусов.

Механизм процесса кристаллизации можно представить в виде двух элементарных процессов:

- 1) Образование в жидкости центров кристаллизации (зародышей, мельчайших твердых частиц).
- 2) Рост кристаллов из образовавшихся зародышей.

Скорости этих элементарных процессов зависят от степени переохлаждения ΔT или скорости охлаждения металла V . Эта зависимость показана на рис. 4.

Как уже говорилось, в большинстве случаев процессы кристаллизации металла на металлургических заводах, в литейных цехах происходят при сравнительно небольших степенях переохлаждения (левая часть графика на рис. 4).

Из приведенной на рис. 4 зависимости видно, что при малых скоростях охлаждения и малых степенях переохлаждения (например, ΔT_1 и V_1) получается небольшая скорость образования зародышей (с.з.1). Следовательно, в кристаллизующейся жидкости образуется небольшое число центров кристаллизации и из них вырастает небольшое число кристаллов, что приводит к появлению крупнозернистой структуры после затвердевания металла. Схематически это показано на рис. 5.

Рис. 4. Зависимость скорости процесса кристаллизации от степени переохлаждения



Рис. 5. Кристаллизация при медленном охлаждении:
а – начало процесса; б – окончание процесса

Если же кристаллизация происходит при больших скоростях охлаждения и больших степенях переохлаждения (ΔT_2 , V_2), то в жидкости образуется большое количество центров кристаллизации (с.з.2) и из них, соответственно, вырастает большое число кристаллов. Металл при этом получается мелкозернистый (рис. 6).

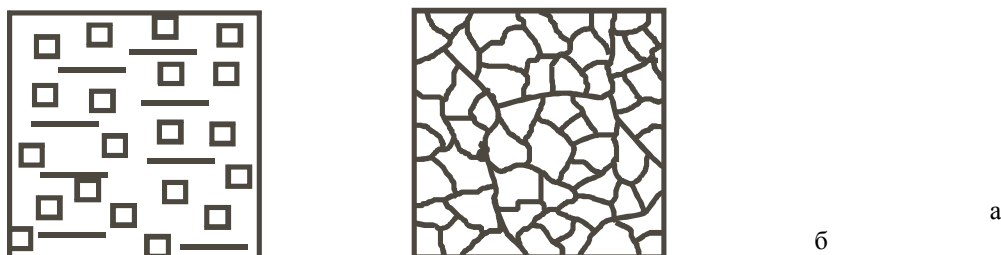


Рис. 6. Кристаллизация при быстром охлаждении:
а – начало процесса; б – окончание процесса

Столкновение растущих кристаллов приводит к потере ими правильной огранки. Такие потерявшие правильную форму кристаллы называются *зернами*.

При очень маленькой скорости охлаждения (крайняя левая точка на рис. 4) может возникнуть один-единственный центр кристаллизации, из которого вырастет один кристалл (*монокристалл*). Необходимые в электронике монокристаллы полупроводников выращивают путем очень медленного вытягивания затравки из расплава.

При огромных скоростях охлаждения (крайняя правая точка на рис. 4) достигаются такие большие степени переохлаждения, что тепловое движение атомов в металле замедляется, атомы не успевают образовать дальний порядок, выстроиться в кристаллическую решетку. Жидкое, неупорядоченное состояние металла оказывается как бы «замороженным». Металл становится твердым, но не имеет кристаллического строения. Это *аморфный металл* или *металлическое стекло*. Аморфные металлы широко применяются в современной аудиотехнике благодаря уникальным магнитным свойствам.

Поскольку структура металла определяет его свойства, рассмотренные закономерности кристаллизации могут быть использованы для формирования необходимых свойств металла при отливке деталей.

Мелкозернистый металл обладает более высоким сопротивлением деформации и большей вязкостью. Дело в том, что границы зерен являются барьером для развития деформации и для роста трещины. В мелкозернистом металле суммарная поверхность зерен в единице объема больше, чем в крупнозернистом. Поэтому и сопротивление мелкозернистого металла деформированию и разрушению больше. Чтобы разрушить металл с мелким зерном требуется затратить больше энергии.

Поэтому при отливке деталей, испытывающих значительные нагрузки при эксплуатации, целесообразно проводить процесс кристаллизации при высокой скорости охлаждения, чтобы получить мелкозернистую структуру. Если необходимую скорость кристаллизации обеспечить не удается (в отливках большой массы), то для измельчения зерна в жидкий металл вводят небольшие добавки примесей в виде мелких нерастворимых в расплаве частиц, увеличивая тем самым число центров кристаллизации. Такой процесс называется *модифицированием*, а вводимые добавки – *модификаторами*.

В качестве модификаторов обычно применяются мелкие частицы карбидов, оксидов (Cr_7C_3 , VC, TiC, Al_2O_3 и др.) и некоторые вещества, облегчающие образование зародышей в жидкости (B, Mg и др.). Измельчению зерна способствует также вибрация кристаллизующегося металла.

Следует иметь в виду, что при получении отливок затвердевание металла в форме происходит с разными скоростями охлаждения в различных ее частях. Скорость охлаждения уменьшается от стенки формы к центральной ее части, при этом меняется и направление теплоотвода в местах роста кристаллов. В результате полученный слиток имеет неодинаковое строение по сечению, а значит, и разные свойства (рис. 7). Поверхностный слой будет мелкозернистый (т.е., с высокими механическими свойствами), центральная часть слитка – крупнозернистая.

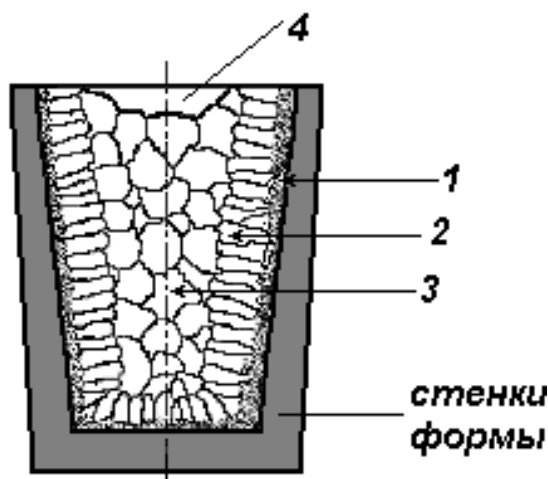


Рис. 7. Характерные зоны слитка:

- 1 – корка (зона мелких по-разному ориентированных кристаллов);
- 2 – зона столбчатых кристаллов, растущих в направлении, обратном направлению теплоотвода;
- 3 – зона крупных, произвольно ориентированных кристаллов;
- 4 – усадочная раковина в верхней части слитка.

Размер этих зон существенно меняется в зависимости от состава металла и условий кристаллизации.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомится с основными сведениями по теме работы.
2. С помощью биологического микроскопа проследить ход кристаллизации различных солей из пересыщенных водных растворов. Зарисовать начальную, промежуточную и конечную стадии кристаллизации, изобразить характерную форму кристаллов каждой соли. При этом обратить внимание, в каких местах капли раствора процесс кристаллизации начинается раньше и протекает интенсивнее. Описать и объяснить результаты наблюдений.
3. Изучить и зарисовать макроструктуру слитка металла. Указать на рисунке зоны кристаллизации, объяснить их образование.
4. Расплавить алюминиевый сплав (силумин) и залить в металлическую и керамическую формы. После затвердевания и охлаждения слитков провести испытания на ударную вязкость на маятниковом копре, зарисовать макроструктуру изломов. Объяснить различие в строении и свойствах (ударной вязкости) слитков, полученных в металлической и керамической формах.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Основные положения по теме работы (кратко).
3. Описание отдельных стадий выполнения работы с указанием используемого оборудования с необходимыми пояснениями, цифровыми данными, зарисовками.
4. Анализ полученных результатов, выводы.

Контрольные вопросы

1. Что является движущей силой процесса кристаллизации?
2. Каков механизм кристаллизации металла?
3. Что такое степень переохлаждения?
4. Почему структура слитка неодинакова по сечению?
5. Как влияет скорость охлаждения при кристаллизации на структуру металла?
6. Как можно получить мелкозернистый металл?
7. Как влияет структура металла на механические свойства?
8. Почему свойства крупнозернистого и мелкозернистого металла различны?

Критерии оценки

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Лабораторная работа № 4

Определение ударной вязкости материалов

Цель работы: формирование умений определять вязкость металлов и сплавов с последующим их применением

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения;
- выбирать способы соединения материалов;
- обрабатывать детали из основных материалов.
- определять ударную вязкость металлов

Материальное обеспечение:

Маятниковый копёр, образцы стандартных металлических стержней, штангенциркуль, конспект лекций, калькулятор

Задание:

1. Овладеть приёмами работы с маятниковым копром.
2. Определить ударную вязкость с помощью маятникового копра

Краткие теоретические сведения:

Ударная вязкость определяется работой, расходуемой для ударного излома на копре, отнесенной к площади поперечного сечения образца в месте надреза. Цель надреза – концентрировать напряжения при ударе.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомьтесь с устройством и действием маятникового копра.
2. Выполните замеры образцов, предназначенные для определения ударной вязкости.
3. Определите ударную вязкость.
4. Составьте отчет по работе.

Ход работы:

1. По конспекту повторите устройство и действие маятникового копра.
2. С помощью штангенциркуля выполните замеры образцов, предназначенные для определения ударной вязкости.

3. Установите испытуемый образец с предварительным надпилем на маятниковый прибор. Надпил устанавливается с обратной стороны от маятника

4. Подняв маятник на заданную высоту, отпустите для совершения удара по образцу

3. По полученному излому на образце определите ударную вязкость.

Ударная вязкость определяется по формуле: $A_n = A_p / F$

(Дж/м²), где A_p – работа, затраченная маятником на разрушение образца (Дж); F – площадь поперечного сечения образца в месте надреза до испытания (см²)

$A_p = A_n - A_o$ (Дж), где A_n – работа, затраченная на подъем маятника (Дж); A_o – остаточная работа (Дж);

Проведя расчеты, напишите вывод, из какой марки стали, изготовлен испытуемый образец, используя справочные материалы таблицы 11.

Таблица 11

Наименование сплавов	Ударная вязкость
Углеродистая сталь марки 20	24 - 25
Углеродистая сталь марки 30	18 - 20
Углеродистая сталь марки 60	6 - 8

4. Составьте отчет по работе.

Форма представления результата: отчёт выполненных заданий в тетради.

Критерии оценки

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Лабораторная работа № 5

Изучение макроструктуры, макродефектов и строения поверхностей разрушения материалов

Цель работы: Изучить макроструктуру, макродефекты и строение поверхностей разрушения материалов в литом и деформированном состояниях.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выполнять макроанализ методом Баумана;
- анализировать отпечаток Баумана на наличие ликвации серы.

Материальное обеспечение:

макрошлифы с неравномерным распределением серы, фотобумага, 5%-ный водный раствор серной кислоты, 25%-ный водный раствор гипосульфита, вода, фильтровальная бумага, спирт, вата.

Задание

Получить отпечаток Баумана и проанализировать его на наличие ликвации серы.

Краткие сведения из теории

От выплавки в жидком состоянии сплава заданного химического состава до получения готовых деталей машин материалы на металлургических и машиностроительных заводах подвергаются целому ряду различных обработок. Основными из них являются кристаллизация и получение литого металла, обработка давлением, термическая обработка, механическая обработка резанием, иногда проводится сварка материалов. Обработка материалов изменяет их внутреннее строение (структуру) и механические свойства.

Основным металлическим материалом для машиностроения являются стали. Это материалы на основе железа с добавкой углерода не более 2,14 % и во многих случаях с введением дополнительно других легирующих элементов (хром, кремний, марганец, никель и др.). Мировой объём производства стали достиг в 2003 году 952 млн. тонн. Предприятия Российской Федерации выплавляли в 2003 году 61 млн. тонн стали.

Сталь и большинство других металлических материалов поступает на машиностроительные и другие предприятия преимущественно в виде проката. Это деформированный металлический материал, получаемый способами горячей и холодной прокатки во вращающихся валках прокатных станов.

Исходным сырьем для получения сталей являются железные руды, представляющие собой горную породу с содержанием 30...60 % железа. В результате длительной многостадийной обработки из руды получают концентрат с повышенным содержанием полезного металла. Далее проводят окускование способом агломерации – спекания или получение спеченных окатышей, т.е. превращение мелких частиц концентрата в более крупные пористые частицы размером от 5...8 до 10...20 мм.

Из окускованных концентратов с добавками топлива (кокса) и флюсов в особых крупных шахтных (доменных) печах высотой до 30 метров в результате сложных физико-химических процессов получают жидкий передельный чугун (3,6...4,5 % C; 0,5...1,3 %), литейный чугун с повышенным до 0,8...3,6 % Si, ферромарганец (Fe-Mn) и ферросилиций (Fe-Si).

Передельный чугун, а также стальной лом и ферросплавы являются сырьем для выплавки стали. В процессе плавки решаются задачи уменьшения количества примесей с помощью окислительных процессов (первый период). Далее проводят второй, восстановительный период плавки по уменьшению FeO, т.е. раскисление с введением раскислителей: марганца, кремния, алюминия.

Для выплавки стали преимущественно используются два способа:

- кислородно-конверторный процесс получения стали в конверторах грушевидной формы;
- плавка стали в дуговых электрических печах. Этот способ широко применяется для выплавки качественных сталей с низким содержанием вредных примесей.

Все более широкое применение получает последующая внепечная обработка стали, служащая для уменьшения содержания вредных примесей и газов. Это обработка жидкой стали синтетическими шлаками или выдерживание ковша со сталью в вакууме.

Применяются и методы повторного переплава затвердевшей стали в особых условиях: электрошлаковый переплав, вакуумно-дуговой переплав и др.

После завершения плавки жидкую сталь заливают в ковши и подают для разлива на установки непрерывной разлива стали (УНРС) или в особые чугунные литейные формы вертикального типа (изложницы). На УНРС жидкая сталь поступает в водоохлаждаемый кристаллизатор, а затем в зону вторичного охлаждения. Непрерывно подаваемый слиток разрезается на мерные части.

Металлический материал в виде слитка или отливки, получаемый при затвердевании залитого в полость литейной формы жидкого металла, обычно имеет строение из разветвленных кристаллов древовидной формы, называемых *дендритами*. Макроструктура слитка, как правило, состоит из двух основных широких зон и небольшой зоны мелких неориентированных кристаллов у поверхности (корковая зона).

Наружная зона имеет удлиненные малоразветвленные столбчатые кристаллы, располагающиеся примерно перпендикулярно к охлаждающим поверхностям слитка. Во внутренней части слитка располагается зона более или менее равноосных разветвленных кристаллов-дендритов. Такое строение имеют, в частности, слитки хорошо раскисленной сильными восстановителями (Mn, Si, Al) *спокойной стали*. Иногда зона столбчатых кристаллов образуется в большей части объема слитка. В верхней части слитка спокойной стали расположена усадочная раковина конусной формы.

В случае выплавки стали с пониженным содержанием такого раскислителя, как кремний, при затвердевании слитка выделяется значительное количество газов ($\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO}$).

Большая часть газовых пузырей остается в слитке такой *кипящей стали* и располагается ближе к поверхности. Усадочная раковина в этих слитках не образуется.

В металлургических производствах слитки далее подвергаются нескольким горячим и холодным прокаткам, иногда ковке (обработке давлением). При этом дендритные кристаллы сплющиваются и вытягиваются по направлению деформации, превращаясь в волокна. Газовые пузыри завариваются. Следовательно, деформированный с большими обжатиями материал получает *волокнистую макроструктуру* с различными механическими свойствами вдоль и поперек проката (анизотропия свойств). Промышленность выпускает горячекатаный сортовой прокат (круглый, квадратный, шестигранный и др.), толстолистовой (толщина от 4 мм до 160 мм), холоднокатаный прокат тонколистовой (толщина 0,2...5,0 мм), ленту холоднокатаную, трубы бесшовные, поковки и другую металлопродукцию.

Горячая и холодная обработки давлением, в частности, *горячая штамповка*, широко применяются и на машиностроительных заводах для изготовления заготовок деталей машин. Волокна в них должны располагаться вдоль контура заготовки, совпадая с направлением действия механических сил на деталь.

В процессе обработок возможно образование различных дефектов материалов в виде неоднородности химического состава (ликвация), нарушения сплошности (трещины), крупнозернистого строения и др. Разработаны методы изучения и контроля структуры и возможных дефектов материалов, используемые в исследовательских организациях и производственной практике. В настоящей работе рассматриваются два из этих методов: макроструктурный анализ (макроанализ) и фрактография.

Макроанализ - изучение строения шлифованных и протравленных поверхностей материалов невооруженным глазом или с помощью лупы при небольших увеличениях.

Исследуемая плоская поверхность предварительно подвергается механической обработке резанием, шлифованию, полированию, а затем травлению специальными химическими реактивами. Наблюдаемое строение называется *макроструктурой*. При оценке степени развитости макродефектов используют ГОСТ 10243 «Сталь. Метод испытаний и оценки макроструктуры». Макродефект определяют путем сравнения изучаемого макрошлифа материала с набором фотографий стандарта и установления номера балла дефекта.

Фрактография - изучение поверхностей разрушения (изломов) материалов. Исследования проводят без использования приборов и при небольших увеличениях до 50 (макрофрактография), а также при увеличениях до десятков тысяч кратных с помощью электронных микроскопов (микрофрактография). Методы фрактографии дают информацию о микромеханических разрушениях материалов, используются при анализе повреждений деталей машин, происходящих в процессе их эксплуатации,

Микрофрактография позволяет изучить вид разрушения заготовки или детали машины. Для вязкого разрушения характерен ямочный (чашечный) рельеф разрушения, а для хрупкого разрушения - «ручьистая» поверхность скола, подобная излому хрупких силикатных стекол при комнатной температуре (рис. 1).

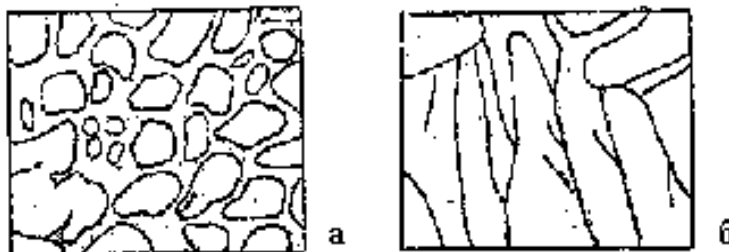


Рис. 1. Схемы строения поверхностей разрушения:
а- вязкого; б-хрупкого ($\times 5000$)

Материальное обеспечение:

При подготовке образцов для макроанализа в практической части работы используются станок для приготовления шлифов, тиски, наждачная бумага, вытяжной шкаф, травители. Студентам предоставляются готовые микрошлифы, образцы с изломами, а также образцы для практической части работы.

Порядок выполнения работы:

Лабораторная работа состоит из двух частей:

- изучение макроструктуры и поверхностей разрушения металлических материалов по коллекциям образцов;
- выполнение одного из практических заданий по макроструктурному анализу.

По первой части работы студенты просматривают без применения приборов все образцы из коллекций макрошлифов и изломов. Используя данные табл. 1 и 2, схемы строения образцов (рис. 2), устанавливают характерные особенности строения и дефектов каждого образца в связи с их обработкой.

Во второй части работы выполняется одно из нижеприведенных заданий. Студентам выдаются готовые образцы с отшлифованной поверхностью или же предварительно проводится шлифование с помощью наждачной бумаги.

ЧАСТЬ 1. ИЗУЧЕНИЕ МАКРОСТРУКТУРЫ И ПОВЕРХНОСТЕЙ

РАЗРУШЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ.

Данные об изучаемых образцах представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Коллекция макрошлифов металлических материалов

№ образца	Наименование образца	Описание макроструктуры
1.	2.	3.
Литая и деформированная сталь		
1	Макрошлиф продольного разреза слитка «спокойной» стали	Две основные зоны из кристаллов дендритного строения: столбчатых кристаллов и равноосных кристаллов. В верхней части
2.	Макрошлиф поперечного разреза слитка «кипящей» стали	расположена усадочная раковина; центральная часть имеет темные мелкие
5	Макрошлиф образца, подвергнутого горячей обработке давлением	усадочные поры. Слиток имеет большое количество газовых пузырей, которые сплющиваются и завариваются при последующей многократной горячей прокатке. Волокнистая макроструктура. Волокна расположены по конфигурации заготовки.
Ликвация в литой стали		
3.	«Серный» отпечаток на фотобумаге с продольного разреза слитка стали	Светло- и темно-коричневые участки, характеризующие неравномерное распределение в стали сульфидов MnS, т.е. серы.
Макродефекты деформированных материалов		
6.	Макрошлиф рельса с ликвационной зоной	В верхней части рельса имеются несплошности и ликвационная зона с повышенным содержанием серы и фосфора, образовавшаяся при литье и сохранившаяся в прокатанном рельсе.
7.	Макрошлиф стали с крупной ковочной трещиной	В центре крестообразная трещина, образовавшаяся при горячей ковке литой стали с повышенной пористостью (усадочной рыхлостью).
8.	Образец стали с надрывами	По краям проката из недостаточно раскисленной стали образовались надрывы (рванины).
9.	Образец стали с расслоением	Образец расслоился на две части. Причиной является наличие шлаковых включений, газовых пузырей с загрязненной поверхностью, усадочной рыхлости.
10.	Образец стали с волосовинами	На поверхности проката мелкие «волосные» трещины, образовавшиеся из различных несплошностей литого металла.

Окончание табл. 1.

МАКРОШЛИФЫ ПОСЛЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ		
16.	Макрошлиф образца, подвергнутого поверхностной индукционной закалке	Видна разная степень потемнения закаленной зоны у поверхности и незакаленной внутренней зоны вследствие различий в микроструктуре.
17.	Макрошлиф образца, подвергнутого химико-термической обработке (цементации)	Видны две зоны, отличающиеся по степени потемнения: поверхностный слой с повышенным содержанием углерода и структурой, отличающейся от структуры сердцевины образца, имеющей пониженное содержание углерода.

Таблица 2. Коллекция изломов поверхностей разрушения металлических материалов

№ образца	Вид излома	Описание поверхности разрушения
1.	2.	3.
4.	Излом образца литого металла небольшого размера	Столбчатые кристаллы по всему сечению излома.
11.	Продольный излом прокатанной стали с флокенами	На темно-серой поверхности разрушения видны небольшие светлые участки овальной формы («флокены»). В этих участках разрушение произошло по поверхности образовавшихся в стали небольших внутренних трещин.
12.	Камневидный излом	Хрупкое разрушение по границам крупных зерен, образовавшихся при сильном перегреве стали (высокой температуре нагрева).
13.	Нафталиновый излом	Хрупкое разрушение по объему зерен перегретой быстрорежущей стали (Fe-C-W-Mo-Cr-V) Гладкая поверхность разрушения с характерным блеском плоскостей крупных зерен.
14.	Шиферный излом	Поверхность разрушения имеет слоистое строение вследствие наличия повышенного количества неметаллических включений при недостаточном раскислении стали (излом вдоль волокон деформированной стали).
15.	Усталостный излом вала	Две зоны поверхности разрушения: гладкая фарфоровидная поверхностная зона усталости и более крупнокристаллическая внутренняя зона «долома» хрупкого или вязкого разрушения.

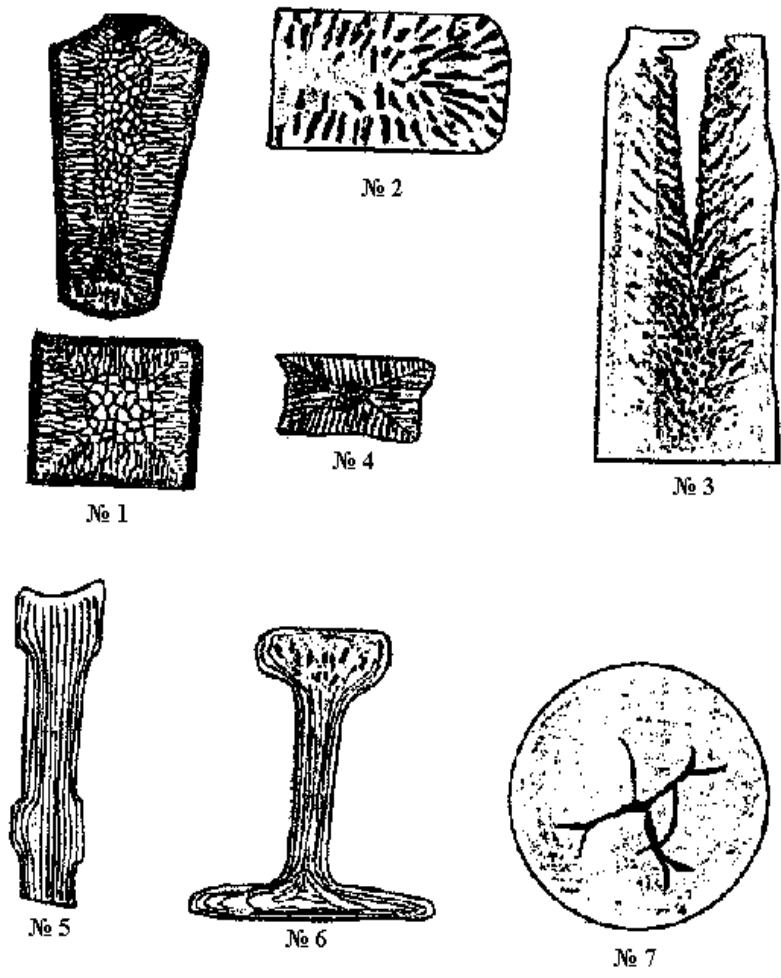
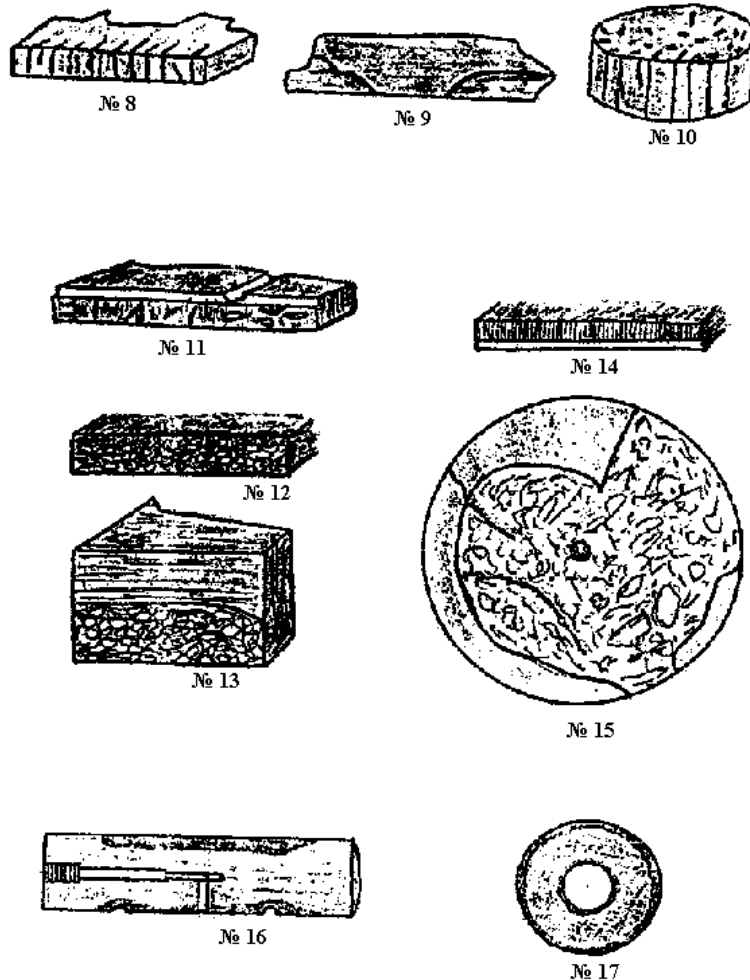


Рис. 2. Схемы макроструктур и поверхностей разрушения металлических материалов.



Продолжение рис. 2.

Вопросы для подготовки к работе и самопроверки.

2. Какую макроструктуру имеют литые и горячедеформированные металлические материалы?
3. Какое строение имеют слитки спокойной и кипящей стали?
4. Назовите примеры макродефектов прокатанных материалов.
5. Какое строение имеет поверхность разрушения в случаях нафталинистого излома и шиферного излома?
6. Какие две зоны имеют поверхность разрушения в случае усталостного излома вала?
7. Какой вид имеют поверхности вязкого и хрупкого разрушения при их изучении с помощью электронного микроскопа?

Форма представления результата: выполненная работа

Критерии оценки: зачет/незачет

Лабораторная работа 6,7

Изучение методики измерения твёрдости металлов по Бринелю и Роквеллу.

Цель работы: -углубление, закрепление полученных теоретических знаний по данной теме;
 -формирование умений применять полученные знания на практике;
 -ознакомление с методикой проведения испытания металлов на твердость по методу Бринелля и Роквелла.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

-развивать умения: наблюдать, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования

Материальное обеспечение:

1. Твердомеры типа Бринелля и Роквелла.
2. Образцы для испытания.
3. Лупа.
4. Таблица для определения чисел твердости по Бринеллю.

Задание:

1. Изучить способы измерения твердости по Бринеллю и Роквеллу;
2. Составить опорный конспект и зарисуйте рисунок 1;
3. Подготовить образец;
4. Провести испытание по Бринеллю;
5. Провести испытание по Роквеллу;
6. Сделать вывод.

2. Краткая теория вопроса.

Для того чтобы правильно использовать материал, надо знать его свойства. Различают **физические, химические, технологические и механические свойства**.

Физические свойства- показывают отношение материала к действию физических явлений (исключая действие механических сил). К ним относятся: плотность – отношение к действию сил тяжести; теплопроводность – способность передавать тепло от более нагретых частей тела к менее нагретым; цвет – способность отражать или поглощать световые волны и т.п.

Химические свойства - показывают отношение материала к действию химических явлений. К ним относятся: окисляемость – способность сопротивляться действию окислителей; коррозионная стойкость – способность сопротивляться коррозии, растворимость – способность растворяться в химических веществах и т.д.

Технологические свойства -показывают отношение материала к способам его обработки. К ним относятся: литейные свойства (жидкотекучесть, усадка, склонность к ликвации), деформируемость (ковкость), свариваемость – способность образовывать неразъемные соединения требуемого качества и т.д.

Механические свойства показывают отношение материала к действию внешних сил. К ним относятся твердость, прочность, пластичность, ударная вязкость и т.д.

Твердостью называют свойство материала оказывать сопротивление проникновению в него постороннего тела. Твердость - это характеристика материала, зависящая от совокупности его пластических, упругих свойств и характера напряженного состояния, проявляющаяся в способности оказывать сопротивление при деформации участка поверхности тела из этого материала.

Способы измерения твердости различаются по характеру воздействия наконечника на поверхность исследуемого материала и характеризуют его различные механические свойства.

Твердость, измеренная по вдавливанию наконечника, характеризует сопротивление материала пластической деформации.

Это самые распространенные методы замера твердости (твердость по Роквеллу, Бринеллю, Виккерсу, определение микротвердости).

Твердость, измеренная по царапанию поверхности, характеризует сопротивление материала разрушению.

Твердость, измеренная по удару или по отскоку наконечника- шарика, характеризует упругие свойства материала. Это метод замера твердости по Полюди, применяемый при переносных испытаниях.

2.1 Определение твердости по методу Бринелля

Измерение твердости по Бринеллю проводят по ГОСТ 9012-59 «Метод измерения твердости по Бринеллю».

Твердость по Бринеллю определяют вдавливанием стального шарика диаметром от 2,5 до 10 мм с нагрузкой от 187,5 до 3000кг в течение от 10 до 30 секунд.

Диаметр отпечатка измеряют с помощью микроскопа или других приборов в двух взаимно перпендикулярных направлениях и определяют среднее арифметическое значение двух измерений.

При этом разность измерений диаметров одного отпечатка не должна превышать 2% меньшего из них.

Твердость по Бринеллю выражается отношением приложенной нагрузки F к площади поверхности сферического отпечатка A .

Обозначение твердости:

HV – при применении стального шарика для металлов и сплавов с твердостью не более 450 единиц и HBW – при применении шарика из твердого сплава для металлов и сплавов с твердостью более 650 единиц.

Если твердость по Бринеллю измеряется с использованием стального шарика диаметром $D = 10$ мм при нагрузке $F = 3000$ кгс и продолжительности выдержки под нагрузкой от 10 до 15 с, она обозначается цифрами, характеризующими величину твердости, и буквами HV , например 190HV. При других условиях испытания после буквы HV указываются условия испытания в следующем порядке: диаметр шарика, нагрузка и продолжительность выдержки под нагрузкой: например, 190 HV 5/750/20 –твердость по Бринеллю

определенная с применением шарика $D = 5$ мм при нагрузке 750 кгс и продолжительности выдержки под нагрузкой 20с.

Число твердости определяется по формуле:

$$HB = F/A = 2F/\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2});$$

где F – приложенная нагрузка, кгс, D – диаметр шарика, мм; d - диаметр отпечатка, мм.

Требования к образцам и проведению испытаний:

- ✓ толщина образца должна не менее, чем в 10 раз, превышать глубину отпечатка;
 - ✓ поверхность должна быть ровной, гладкой и свободной от оксидных пленок;
 - ✓ расстояние между центрами двух соседних отпечатков должно быть не менее $4d$;
 - ✓ расстояние от центра отпечатка до края образца должно быть не менее $2,5d$.
- Схемы проведения измерения твердости приведена на рис. 1 (а).

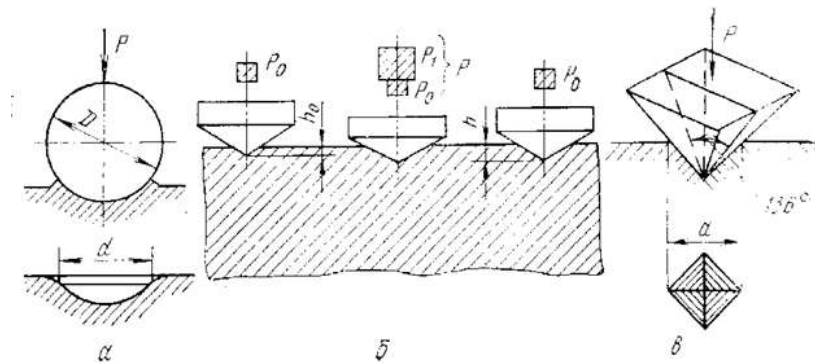


Рис.1 Схемы замера твердости: по а – по Бринеллю, б –по Роквеллу, в –по Виккерсу

Для определения твердости по Бринеллю применяют специальные приборы стационарного типа ТШ или ТШК с гидравлическим или рычажно-механическим приводом (рис. 2).

Прибор состоит из чугунной станины 1, опорного столика 2 для помещения образца, шарика 3, вставленного в шпиндель 4, рычажной системы 5 с грузами 6 и червячной передачей с шатуном 7. Нагружение производится при помощи электродвигателя 8. Опорный столик может перемещаться в вертикальном направлении при помощи подъемного винта 9 и маховик 10. Предварительное нагружение для предотвращения смещения образца во время испытания производится пружиной 11.

2.2 Определение твердости по методу Роквелла

Сущность метода заключается во внедрении в поверхность образца алмазного конусного (шкалы А, С, D) или стального сферического наконечника (шкалы В, Е, F, G, К) под действием последовательно прилагаемых предварительного F_0 и основного F_1 усилий и в определении глубины внедрения наконечника после снятия основного усилия F_1 .

Наиболее часто используются три шкалы метода Роквелла: А,В,С.

Выбор наконечника и нагрузки для испытания по методу Роквелла представлен в табл. 1.

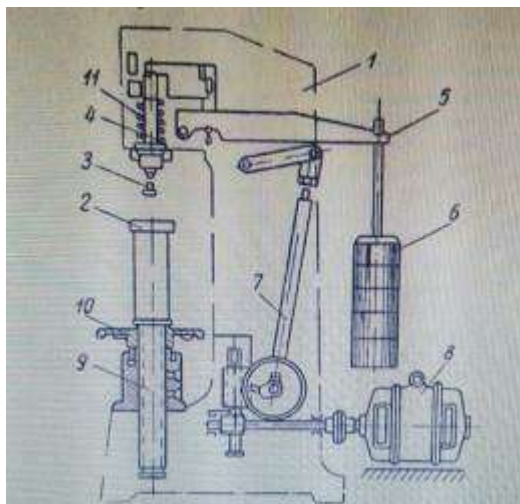


Рис.2 Прибор для определения твердости ТШ

Таблица 1. Определение твердости по методу Роквелла

Испытуемый материал	Наконечник	Цвет шкалы	Нагрузка, кг	Шкала	Обозначение твердости
Мягкие цветные металлы и их сплавы	Шарик (диаметр 1,59 мм)	Красный	100	В	HRB
Мягкие цветные металлы и их сплавы	Алмазный конус	Черный	150	С	HRC
Особо твердые материалы (белый чугун, металлокерамические твердые сплавы)	Алмазный конус	Черный	60	А	HRA

Твердость по Роквеллу обозначают символом HR с указанием шкалы твердости. Число твердости по Роквеллу определяется по шкале индикатора или показателя цифрового отсчитывающего устройства с округлением до 0,5 единицы твердости.

Например: 61,5 HRC - твердость по Роквеллу 61,5 единиц по шкале С.

Число твердости по Роквеллу является условной величиной и *определяется разностью глубин, на которые перемещается наконечник под действием последовательно приложенных нагрузок*. Чем больше величина вдавливания, тем меньше величина твердости HR. Единица твердости по Роквеллу - безразмерная величина, соответствующая осевому перемещению индикатора на 0,002мм

Требования к образцам и проведению испытаний:

- ✓ шероховатость поверхности образца Ra должна быть не более 2,5 мкм;
- ✓ толщина образца должна не менее чем в 10 раз превышать глубину внедрения наконечника после снятия основного усилия;
- ✓ расстояние между центрами двух соседних отпечатков должно быть не менее четырех диаметров отпечатка, но не менее 2 мм;
- ✓ расстояние от центра до края образца должно быть не менее 2,5 диаметра отпечатка (но не менее 1 мм).

Наличие различных шкал твердости, условный и безразмерный численный результат испытаний, сравнительно низкая чувствительность делают метод Роквелла лишь средством быстрого и упрощенного технического контроля. Однако отпечатки на поверхности деталей имеют небольшие размеры и практически безвредны для дальнейшей эксплуатации деталей.

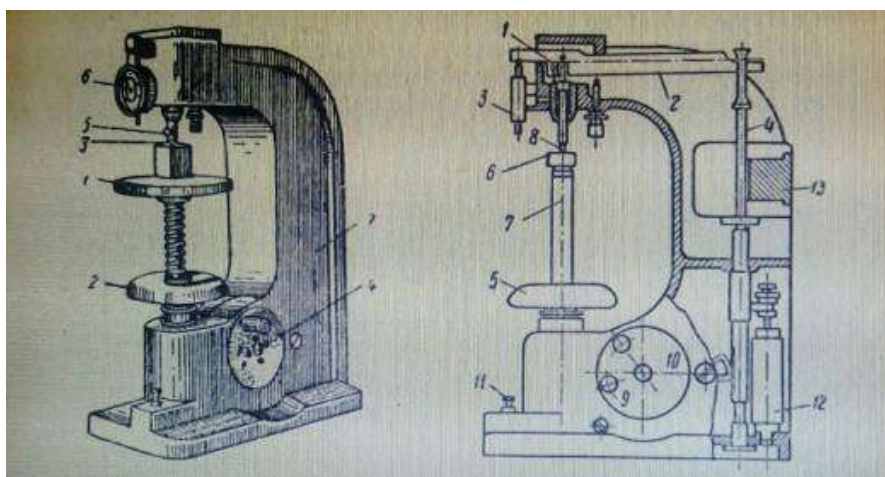


Рис.3 А-прибор Роквелла: 1-подставка, 2-маховик, 3-алмазный конус, 4-рукоятка, 5-наконечник, 6-индикатор, 7-станина; Б-схема дюрометра Роквелла

На опоре 1 вращается рычаг 2, соприкасающейся с одной стороны с индикатором 3, а с другой стороны с вертикальной тягой 4 с грузами. При помощи маховичка 5 испытываемый образец 6, помещенный на предметный столик 7, подводят к наконечнику шариком или с алмазным конусом 8. Маховичок медленно вращают до тех пор, пока малая стрелка индикатора не придет к нулю, а большая не займет почти вертикальное положение. Затем шкалу индикатора поворачивают так, чтобы нулевая точка шкалы С совпала с острием большой стрелки (при работе с шариковым наконечником большая стрелка устанавливается на деление 30 шкалы В). В этот момент наконечник 8 оказывается нагруженным силой в 10 кг. Это предварительная нагрузка устраняет влияние мелких неровностей поверхности образца на результаты его испытания. Рукоятка 9 на диске 10 служит для поднятия вертикальной тяги с грузом, когда нужно разгрузить испытываемый образец. Нажимая кнопку 11, приводят в

действие с помощью моторчика нагружающий механизм, при этом рукоятка диска переместится, а вертикальная тяга с грузами опустится, постепенно нагружая наконечник до 100 или 150 кг. Масляный катаракт 12 регулирует скорость нагружения грузом 13. Затем поворотом рукоятки 9 в прежнее положение нагрузку сжимают до 10 кг.

Стрелка индикатора покажет число твердости, которая зависит от глубины вдавливания шарика или конуса при увеличении нагрузки от 10 до 100 или 150 кг.

Порядок выполнения работы:

1. Подготовить образец.
 2. Образец должен иметь чистую и плоскую поверхность.
 3. Толщина образца должна быть не менее десятикратной глубины отпечатка.
 4. Центр отпечатка должен находиться от края образца на расстоянии не менее 2,5 диаметров отпечатка, а от центра соседнего отпечатка на расстоянии не менее четырех диаметров отпечатка.
 5. Провести испытание по Бринеллю.
 - 5.1 Установить на подвеску грузы, соответствующие выбранной нагрузке.
 - 5.2 Испытуемый образец положить на столик прибора.
 - 5.3 Вращением маховика прижать образец к шарикам.
 - 5.4 Включить электродвигатель.
 - 5.5 После снятия нагрузки опустить столик.
 - 5.6 Измерить полученный отпечаток лупой в двух взаимно перпендикулярных направлениях.
 - 5.7 В результате вдавливания шарика на поверхности образца образуется отпечаток.
 - 5.8 Диаметр отпечатка характеризует твердость образца.
- Число твердости по Бринеллю подсчитывают по формуле:
- $$HB = F/A = 2F/\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2});$$
- где F – приложенная нагрузка, кгс, D – диаметр шарика, мм; d – диаметр отпечатка, мм.
- Диаметр шарика, величину нагрузки на образец, время выдержки нагрузки в зависимости от твердости испытуемого образца определяют по таблице (ГОСТ 9012 – 59).
- 5.10 По таблице определить твердость.
 - 5.11 Результаты испытаний занести в таблицу 2.

Таблица 2

Результаты испытаний

Материал образца	Условия испытания			Диаметр отпечатка, мм			Твердость HB, кг/мм ²
	Нагрузка, кг	Диаметр шарика, мм	Время выдержки, сек	Первое измерение	Второе измерение	Среднее значение	

6. Провести испытание по Роквеллу.
 - 6.1 Подвесить груз, соответствующий наконечнику и шкале (Табл.3)

Таблица 3

Выбор нагрузки наконечника

Шкала	Вид наконечника	Нагрузка, кг	Обозначение твердости	Пределы измерения
В	Стальной шарик 1,588 мм	100	HRB	25...100
С	Алмазный конус	150	HRC	20...67
А	Алмазный конус	60	HRA	70...85

- 6.2 Образец положить на столик прибора.
- 6.3. Вращением маховика поджимать образец к наконечнику до тех пор, пока маленькая стрелка индикатора не установится против красной точки – это означает, что дана предварительная нагрузка 10 кг. Большая стрелка должна указывать на нуль шкалы индикатора с погрешностью + 5 делений.
- 6.4. Вращением барабана 9 установить большую стрелку на нуль черного цвета.
- 6.5. Плавно нажать на клавишу 10 (при этом включается механизм нагружения).
- 6.6. После окончания цикла нагружения произвести отсчет по шкале индикатора.
- 6.7. Снять предварительную нагрузку вращением маховика 8 против часовой стрелки.
- 6.8. Испытание провести не менее трёх раз.
- 6.9. Результаты испытаний занести в таблицу 4

Результаты испытаний

Материал образца	Условия испытания			Диаметр отпечатка			Твердость HRC, ² кг/мм ²
	Нагрузка, кг	Диаметр шарика, мм	Время выдержки	Первое измерение	Второе измерение	Среднее значение	

Форма представления результата: выполненная работа

Критерии оценки: зачет/незачет

Практическая работа №2

Изучение и анализ диаграммы состояния сплавов

Цель работы: формирование умений анализировать сплавы определённой концентрации углерода по диаграмме «железо-цементит» с описанием процессов, происходящих при медленном охлаждении

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения;
- выбирать способы соединения материалов;
- обрабатывать детали из основных материалов.
- анализировать сплавы определённой концентрации углерода по диаграмме «железо-цементит»

Материальное обеспечение: диаграмма состояния сплава

Задание:

1. По диаграмме «Fe-C» провести анализ сплава с содержанием углерода.

Порядок выполнения работы

1. Ответьте на вопросы
2. Определите по диаграмме в каком диапазоне температур существует альфа-железо.
3. Определите по диаграмме в каком диапазоне температур существует гамма-железо
4. Проведите анализ сплава с содержанием углерода
5. Результаты исследований занесите в тетрадь

Ход работы:

1. Ответьте на вопросы:

- а) В каком случае сплав железа с углеродом называется сталью?
- б) В каком случае сплав железа с углеродом называется чугуном?
2. Определите по диаграмме в каком диапазоне температур существует альфа-железо.
3. Определите по диаграмме в каком диапазоне температур существует гамма-железо

4. Проведите анализ сплава с содержанием углерода:

- А) от 0,02% до 0,8%;
- Б) от 0,8% до 2,14%;
- В) от 2,14% до 4,3%;

по диаграмме «железо-цементит» с описанием процессов, происходящих при медленном охлаждении.

Форма представления результата:

Отчёт выполненных заданий оформите в тетради

Критерии оценки

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений
--	---

	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Практическая работа № 3

Решение задач по диаграммам состояния двухкомпонентных систем.

Цели работы - ознакомление с основными видами диаграмм состояния двухкомпонентных сплавов;

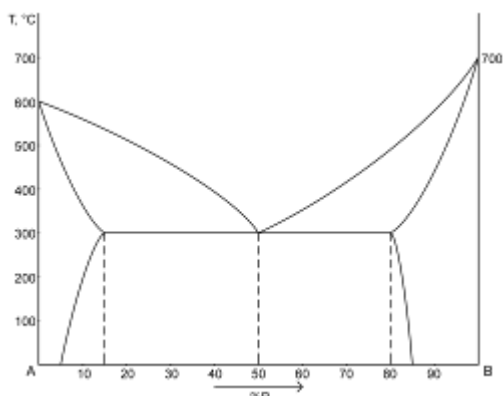
Выполнив работу, Вы будете уметь:

- расшифровать диаграммы состояний (определение фаз и структурных составляющих в любых областях двойных диаграмм);
- пользоваться правилом фаз и правилом отрезков при построении кривых охлаждения и определении количественного соотношения фаз для любых сплавов;
- определять процессы, происходящие на линиях диаграммы (ликвидус, солидус, эвтектическая линия, линия предельной растворимости и пр.), при охлаждении и нагревании сплава;

Задание

1. Ознакомиться с основными типами диаграмм состояния двойных сплавов и принципами их анализа.
2. Получить у преподавателя задание (тип диаграммы состояния с указанием сплава, % В).
3. Пользуясь методическими указаниями и примерами решения задач, ответить на вопросы контрольной работы № 1.

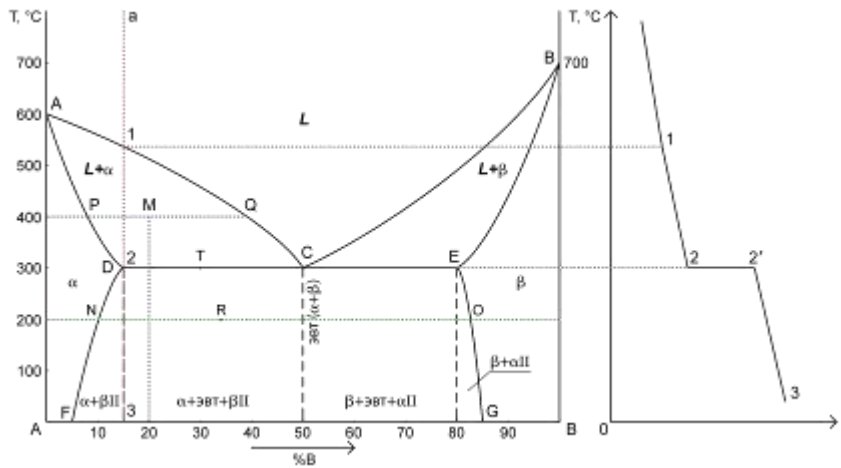
Задание 1



Порядок выполнения работы:

1. Описать все превращения по диаграмме (название диаграммы, описание всех точек, линий, фаз и структур).
2. Определить с помощью правила отрезков:
 - a. структуру сплава с 20%B при $T = 400^\circ\text{C}$
 - b. химический состав сплава по структуре $Q_\beta = 33\%$, $Q_\alpha = 67\%$ при $T = 200^\circ\text{C}$
 Определить химический состав найденных (задание a) и заданных (задание b) фаз.
3. Начертить кривую охлаждения для сплава содержащего 15%B.
4. Определить число степеней свободы для сплава с 30%B при $T = 300^\circ\text{C}$

Решение



1. Диаграмма состояния сплавов, испытывающих фазовые превращения в твердом состоянии.

2 компонента:

1. A – температура плавления компонента A
2. B – температура плавления компонента B

3 фазы:

1. L – жидкость
2. α – кристаллы твердого раствора A
3. β – кристаллы твердого раствора B

ACB – ликвидус

ADCEB – солидус

DF – линия предельной растворимости компонента B в A

EG – линия предельной растворимости компонента A в B

2. а) Структура сплава 20%B при T= 400°C – точка M.

PM – твердый раствор α : 7% B => 93% A. $C_{\alpha} = 7\% B + 93\% A$

MQ – жидкость: 40% B => 60% A. $C_{ж} = 40\% B + 60\% A$

$$Q_{\alpha} = (MQ/PQ) \cdot 100\% = (40-20)/(40-7) \cdot 100\% = 60,6\%$$

$$Q_{ж} = 100\% - 60,6\% = 39,4\% \text{ (Или: } (PM/PQ) \cdot 100\% = (20-7)/(40-7) \cdot 100\% = 39,4\%)$$

б) химический состав сплава по структуре $Q_{\beta} = 33\%$, $Q_{\alpha} = 67\%$ при T= 200°C – точка R.

$$\frac{Q_{\beta}/Q_{общ}}{RN/(83-10)} = \frac{RN/NO}{=} = \frac{33\%/100\%}{33/100}$$

$$RN \approx 24$$

$$B = 10 + 24 = 34\% \Rightarrow A = 66\%$$

$$C_{сплава} = 34\% B + 66\% A$$

$$C_{\alpha} = 10\% B + 90\% A$$

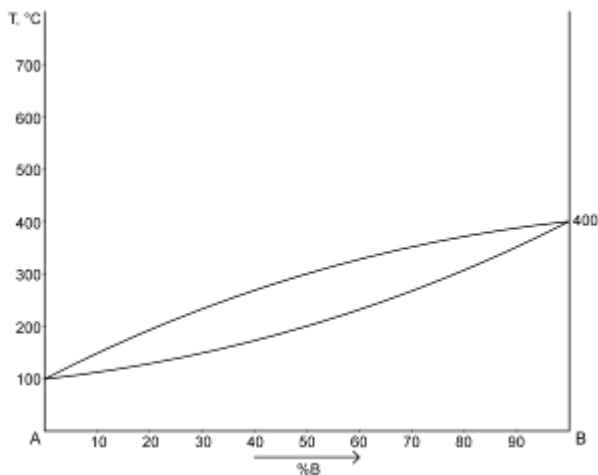
$$C_{\beta} = 83\% B + 17\% A$$

3. Кривая охлаждения для сплава 15%B – а

4. Число степеней свободы для сплава с 30%B при T= 300°C – точка T.

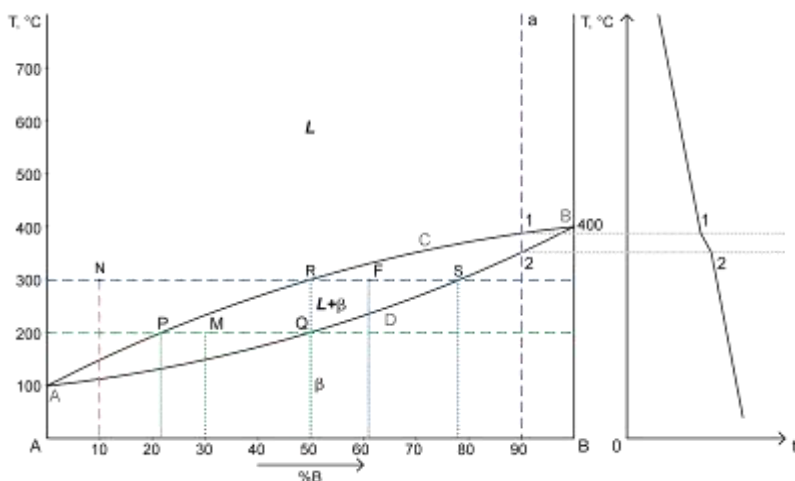
$$C = 2 - 3 + 1 = 0 \text{ (компоненты (A, B) – фазы } (\alpha, \beta, \text{ эвтектика) + 1)}$$

Задание 2



1. Описать все превращения по диаграмме (название диаграммы, описание всех точек, линий, фаз и структур).
2. Определить с помощью правила отрезков:
 - a. структуру сплава с 30%B при $T = 200^\circ\text{C}$
 - b. химический состав сплава по структуре $Q_\beta = 40\%$, $Q_\alpha = 60\%$ при $T = 300^\circ\text{C}$
 Определить химический состав найденных (задание а) и заданных (задание б) фаз.
3. Начертить кривую охлаждения для сплава содержащего 90%B.
4. Определить число степеней свободы для сплава с 10%B при $T = 300^\circ\text{C}$

Решение



1. Диаграмма состояния сплавов с неограниченной растворимостью в твердом состоянии.

2 компонента:

1. А – температура плавления компонента А
2. В – температура плавления компонента В

2 фазы:

1. L – жидкость
2. β – кристаллы твердого раствора

ACB – ликвидус

ADB – солидус

2. а) Структура сплава 30%B при $T = 200^\circ\text{C}$ – точка М.

PM – жидкость: 21% В \Rightarrow 79% А. $C_\beta = 21\% \text{ В} + 79\% \text{ А}$

MQ – кристаллы твердого раствора: 50% B => 50% A. $C_{ТВ} = 50\% B + 50\% A$

$$Q_{ж} = (MQ/PQ) \cdot 100\% = (50-30)/(50-21) \cdot 100\% = 69\%$$

$$Q_{ТВ} = 100\% - 69\% = 31\% \text{ (Или: } (PM/PQ) \cdot 100\% = (30-21)/(50-21) \cdot 100\% = 31\%)$$

б) химический состав сплава по структуре $Q_{\beta} = 40\%$, $Q_{ж} = 60\%$ при $T = 300^{\circ}\text{C}$ – точка F.

$$\frac{Q_{\beta}/Q_{\text{общ}}}{RF/(78-50)} = \frac{RF/RS}{RF/RS} = \frac{40\%/100\%}{40/100}$$

$RF \approx 11$

$$B = 50 + 11 = 61\% \Rightarrow A = 39\%$$

$$C_{\text{сплава}} = 61\% B + 39\% A$$

$$C_{\beta} = 78\% B + 22\% A$$

$$C_{ж} = 50\% B + 50\% A$$

3. Кривая охлаждения для сплава 90%B – а

4. Число степеней свободы для сплава с 10%B при $T = 300^{\circ}\text{C}$ – точка N.

$$C = 2 - 1 + 1 = 2 \text{ (компоненты (A, B) – фазы (жидкость) + 1)}$$

Форма предоставления результата: выполненная работа

Критерии оценки

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Практическая работа № 4,5

Изучение и анализ диаграммы состояния сплавов с использованием метода термического анализа

Цель работы:

- 1) изучение диаграммы состояния железо-углерод, анализ превращений, происходящих в сплавах при образовании фаз и структур;
- 2) привить умения и навыки самостоятельной работы с учебником и дополнительной литературой.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

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

Материальное обеспечение:

Индивидуальный раздаточный материал на данную тему.

Задание:

- 1 Изучить диаграмму.
- 2 По диаграмме «Fe-C» провести анализ сплава с содержанием углерода.
- 3 Ответить на вопросы, характеризующие основные области диаграммы.

Краткие теоретические сведения:

Для правильного понимания свойств разнообразных марок современных сталей и чугунов необходимо получить хорошее представление о диаграмме железо – углерод.

Диаграмма – это графические изображения, дающие наглядное представление о кристаллизации и превращениях, совершающихся при их нагреве и охлаждении.

Диаграммой пользуются для назначения режимов термообработки сталей и чугунов и определения температурных пределов.

Кроме того, диаграмма может быть использована для предсказания микроструктуры при любой заданной температуре.

По горизонтальной оси диаграммы откладывается содержание углерода в сплаве в процентах, по вертикальной – температура в °С. Каждая точка на диаграмме характеризует определенный состав сплава при определенной температуре. Превращения в сплавах железо – углерод происходят не только при затвердевании сплава в жидком состоянии, но и в твердом благодаря переходу железа из одной формы в другую.

В зависимости от температуры и содержания углерода сплавы железо – углерод могут иметь структурные составляющие: феррит, цементит, перлит, аустенит, ледебурит и графит.

В системе железо-углерод имеются следующие фазы: жидкий раствор, твердые растворы – феррит и аустенит, а также химическое соединение – цементит. Физико-химическая природа этих структурных составляющих различна.

Линия ABCD – линия ликвидус. Выше этой линии сплавы находятся в жидком состоянии. Когда температура сплава соответствует линии ABCD, начинается процесс первичной кристаллизации из жидкого состояния в твердое (под линией ABC – в аустенит, под линией CD – в цементит).

Аустенит – это твердый раствор углерода в γ – железе. Очень пластичен.

Феррит – это твердый раствор углерода в α – железе (ОЦК – решетка). Феррит обладает высокой пластичностью, низкой твердостью, прочностью и магнитными свойствами, которые сохраняются до температуры 768° С.

Перлит – это смесь феррита и цементита, образованная при температуре 723°С. Перлит- это продукт распада аустенита при медленном охлаждении. Он может быть пластинчатым или зернистым. В нем содержится 0,8% углерода. Механические свойства перлита зависят от степени измельчения частичек цементита.

Ледебурит – эвтектическая смесь (затвердевшая смесь кристаллов двух (или нескольких) веществ, чаще всего сплавов металлов) аустенита с цементитом при температуре 1147 °С. Ледебурит обладает высокой твердостью и хрупкостью.

Цементит – это химическое соединение железа с углеродом Fe_3C , т. е. карбид железа Fe_3C . Он электропроводен, имеет металлический блеск, очень твердый, очень хрупкий. Делится на первичный и вторичный цементит. В структуре стали и чугуна он находится в виде игл, отдельных включений и сетки, по границам зерен.

Когда температура сплава соответствует линии AC, начинается процесс кристаллизации: из жидкого сплава выделяются кристаллы аустенита, а на линии CD – цементит.

Первичный цементит выделяется непосредственно из жидкого сплава в процессе первичной кристаллизации.

Первичная кристаллизация – это процесс образования твердого вещества из жидкого.

Вторичный цементит выделяется в процессе вторичной кристаллизации (из аустенита).

Вторичная кристаллизация – это процесс образования более твердого вещества из менее твердого.

При понижении температуры ниже линии ликвидус продолжается кристаллизация с постепенным увеличением количества твердых кристаллов за счет уменьшения количества жидкого сплава.

Линия AECF – линия солидус. Соответствует моменту полного затвердевания сплава.

В точке С сплав, содержащий 4,3% углерода, переходит в твердое кристаллическое состояние. Сплав такого состава называют эвтектическими. Точка С (содержание углерода 4,3% и температура 1130°С) называется эвтектической. В эвтектической точке температуры ликвидус и солидус совпадают. Эта точка соответствует чугунам, и в соответствии с точкой С чугуны делятся на 3 вида:

- 1) доэвтектический (углерода менее 4,3%);
- 2) эвтектический (углерода 4,3%);
- 3) заэвтектический (углерода более 4,3%).

Область BCE состоит из кристаллов аустенита и жидкого сплава. Обе фазы переменного состава в зависимости от температуры.

Область DCF состоит из первичного цементита и жидкого сплава.

Линия GSEF – начинается процесс вторичной кристаллизации за счет аустенита, т.е. процесс кристаллизации из твердого раствора.

Линия ECF при 1147 °С происходит образование ледебурита.

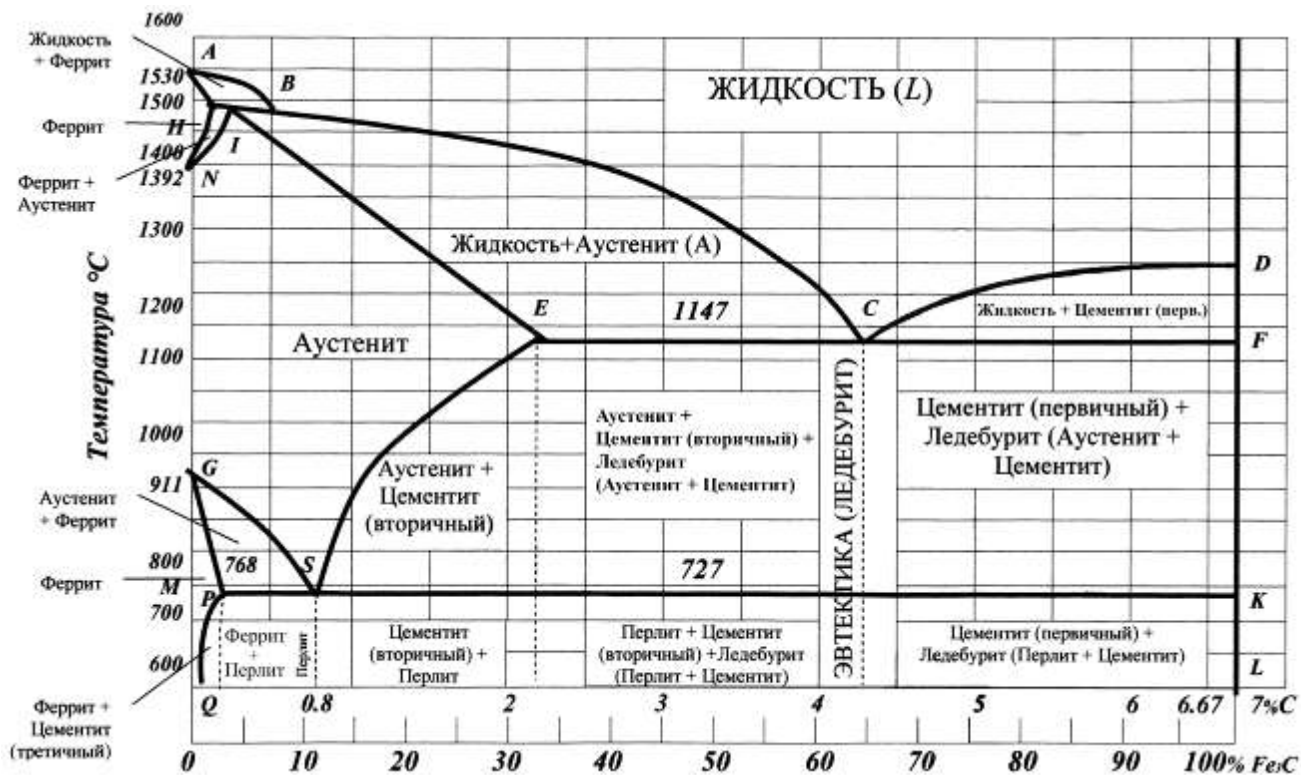
Линия SE показывает выделение вторичного цементита из аустенита.

Точка S (содержание углерода 0,8% и температура 723°С) называется эвтектоидной. В точке S при содержании 0,8% С и при температуре 723°С весь аустенит распадается и одновременно кристаллизуется тонкая механическая смесь феррита и цементита – перлит.

Эта точка соответствует сталям, и в соответствии с точкой S стали делятся на 3 вида:

- 1) доэвтектоидная (углерода менее 0,8%);
- 2) эвтектоидная (углерода 0,8%);
- 3) заэвтектоидная (углерода более 0,8%).

Линия PSK при 727 °C соответствует окончательному распаду аустенита и образованию перлита. В области ниже линии PSK никаких изменений структуры не происходит.



Порядок выполнения работы:

- 1 Зарисовать диаграмму.
- 2 Законспектировать теоретические основы.
- 3 Ответить на вопросы, характеризующие основные области диаграммы.

Ход работы:

1. К занятию самостоятельно определить отличие терминов эвтектическое превращение и эвтектоидное превращение.
2. На занятии необходимо законспектировать и проанализировать теоретические основы, зарисовать и изучить диаграмму.
3. Охарактеризовать следующее:
 - необходимость использования диаграммы железо-углерод;
 - фазы в системе железо-углерод;
 - структурные составляющие системы железо-углерод;
 - основные линии, изображенные на диаграмме;
 - основные точки (С и S), обозначенные на диаграмме.
4. Определите по диаграмме в каком диапазоне температур существует альфа-железо.
5. Определите по диаграмме в каком диапазоне температур существует гамма-железо
6. Проведите анализ сплава с содержанием углерода:
 - А) от 0,02% до 0,8%;
 - Б) от 0,8% до 2,14%;
 - В) от 2,14% до 4,3%;
 по диаграмме «железо-цементит с описанием процессов, происходящих при медленном охлаждении.
7. Результаты исследований занесите в тетрадь

Форма представления результата: отчет выполненных заданий в тетради.

Критерии оценки

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Практическая работа № 6,7**Микроанализ белых, серых, высокопрочных, ковких чугунов.**

Цель:- научиться по структуре определять вид чугуна.

Материальное обеспечение:

1. Презентация по данной теме;
2. Компьютер, проектор, экран;
3. Микроскоп
4. Образцы материалов: чугуны

Задание:

- получить навыки определения по микроструктуре вида чугуна (белый, серый, ковкий, высокопрочный),
- оценить приближенно его механические свойства и установить область применения.
- изучить под микроскопом микрошлифы и определить структурные составляющие.

- по структурным составляющим определить наименование чугуна (белый, серый, ковкий, высокопрочный).
-определить увеличение микроскопа. Зарисовать схемы микроструктур.

Теоретические сведения:

По химическому составу чугуны - отличаются от сталей более высоким содержанием углерода (более 2,14%) и постоянных примесей (S, P, S, Mn). Чугун обладает более низкими механическими свойствами, чем сталь. Однако его хорошие технологические свойства (литейные, обрабатываемость режущим инструментом, износостойкость, антифрикционные свойства и т. д.) делают чугун пригодным для изготовления различных деталей машин.

В зависимости от состояния углерода чугуны подразделяются на две группы: чугуны, в которых весь углерод находится в связанном состоянии в виде цементита (Fe_3C), и чугуны, в которых весь углерод или большая его часть находится в свободном состоянии в виде графита.

К первой группе относятся белые чугуны Их структура зависит от содержания углерода и соответствует диаграмме равновесного состояния железа - цементит. По структуре белые чугуны делятся на следующие.

Доэвтектические (2.14.. 4.3% C). Структура включает три составляющие - перлит, ледебурит, вторичный цементит (рис.10). Перлит наблюдается под микроскопом в виде темных зерен, цементит - светлых полос, а ледебурит - в виде участков с темными точками. Каждый такой участок представляет собой смесь мелких округлых или вытянутых темных зерен перлита, равномерно расположенных в белой цементитной основе.

Эвтектический чугун (4,3%С) состоит из ледебурита, представляющего собой равномерную механическую смесь перлита с цементитом (рис.2).

Заэвтектический чугун (4,3...6,7%С) характеризуется двумя структурными составляющими - первичным цементитом (вытянутая форма) и ледебуритом (рис.3).

Характерная особенность структуры белого чугуна - наличие в ней весьма твердых и малопластичных составляющих; цементита и ледебурита. Получение такой структуры в белых чугунах способствует повышенное содержание в них марганца, пониженное кремния и сравнительно быстрое охлаждение. Белые чугуны очень хрупки и тверды, плохо поддаются обработке режущим инструментом. Поэтому такие чугуны в машиностроении используются редко (дробильные шары, звездочки для очистки литья). Они обычно идут на переделку в сталь и для получения ковкого чугуна.

Ко второй группе чугунов относятся серые, высокопрочные и ковкие чугуны. Структура их представляет собой металлическую основу, пронизанную графитными включениями. От структуры металлической основы, которая выявляется после травления шлифа (ферритно-перлитная, перлитная или ферритная), зависят такие свойства, как предел прочности при сжатии, твердость, износостойкость. Такие свойства чугуна, как пластичность, сопротивление растяжению и износостойкость, зависят главным образом от формы, размеров, количества и характера расположения графитовых включений. Скорость графита по сравнению с металлической основой ничтожна, его присутствие равносильно надрезу - пустоте. Поэтому чем равномернее расположены графитовые включения в металлической основе, чем они мельче и их форма ближе к округлой, тем меньше будет разобщена металлическая основа чугуна и прочностные свойства будут выше. В соответствии с отмеченным качеством чугунов оценивается не только структурой металлической основы, но и формой, размером и характером распределения в ней графитовых включений.

В чугунах встречается три формы графитовых включений: пластинчатая (рис.4), шаровидная (рис.5), хлопьевидная (рис.8).

Пластинчатая (лепестковая) форма графита свойственна серым чугунам. Такую форму можно рассматривать как трещины (надрезы), создающие концентрацию напряжений в перлитной, ферритно-перлитной металлических основах. Получение серых чугунов способствует медленное охлаждение отливок и наличие в них повышенного содержания кремния и пониженное - марганца. Пластинчатая форма графита резко снижает прочностные свойства чугуна.

Повышение механических свойств серых чугунов достигается модифицированием, т. е. воздействием на процесс графитизации за счет введения в жидкий расплав чугуна особых добавок (модификаторов). Модификаторами являются ферросилиций, силикокальций, вторичный алюминий. Будучи введенным в жидкий чугун перед его разливкой, модификаторы раскисляют его и образуют в нем тугоплавкие окислы типа SiO_2 , CaO , которые, находясь во взвешенном состоянии, служат дополнительными центрами графитизации и способствуют размельчению графита. Из серых чугунов изготавливают блоки цилиндров, картеры, маховики и др. В автотракторостроении и сельскохозяйственном машиностроении часто применяют следующие марки серых чугунов: СЧ18, СЧ20, СЧ25 (немодифицированные) и СЧ30, СЧ35 (модифицированные).

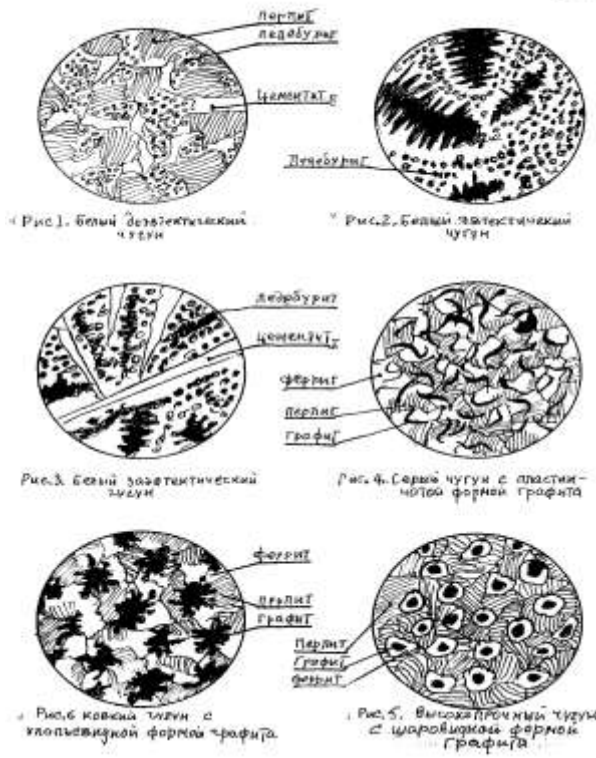


Рис.10 Структура чугунов

Шаровидная форма графита свойственна высокопрочному чугуны. Его получают двойным модифицированием серого чугуна: добавкой в жидкий чугун незадолго перед заливкой двух модификаторов - ферросилиция для создания большего количества центров графитизации и магния или цезия для получения шаровидной формы графита (рис.5). Структура высокопрочного чугуна состоит из ферритной или перлитно-ферритной металлической основы, в которой располагаются графитовые включения в форме шаров. Такая форма графита не нарушает сплошности металлической основы, и это способствует повышению прочности и пластичности. Высокопрочный чугун - хороший заменитель литой стали и применяется для изготовления коленчатых и распределительных валов, гильз цилиндров автомобильных двигателей. В сельскохозяйственном машиностроении часто применяют высокопрочные чугуны марок ВЧ60-2, ВЧ45-5. Хлопьевидная форма графита (рис.6) присуща ковкому чугуны, который получают специальным графитизирующим отжигом (томлением) белых доэвтектических чугунов, содержащих от 2,2 до 3,2% С. Такая форма графита способствует повышению пластических свойств - чугун лучше переносит удары, обладает достаточной вязкостью. В зависимости от вида отжига белого чугуна металлическая основа может иметь структуры: при одностадийном отжиге - ферритно-перлитную или перлитную, при двухстадийном - ферритную. Наиболее часто применяют ферритный ковкий чугун, так как он характеризуется высокой (для чугунов) пластичностью.

В автотракторном и сельскохозяйственном машиностроении применяют ковкие чугуны марок КЧ37-12, КЧ35-10, КЧ50-4. Из них изготавливают картеры редукторов, рулевых механизмов, ступицы колес, педали и др.

Форма представления результата: выполненная работа

В работу включить участок диаграммы состояния железо - цементит для чугунов, проанализировать изменение структуры с увеличением содержания углерода.

Описать виды чугунов, их структуру, свойства и применение. Рядом с зарисованными схемами микроструктур указать структурные обставляющие, наименование чугуна, условия и метод получения механических свойств (НВ, ув, д используя справочный материал). Объяснить влияние формы графита на механические свойства чугунов.

Критерии оценки: зачет/незачет

Практическая работа № 8

Микроанализ углеродистой стали

Цель работы: изучить микроструктуры углеродистых сталей в равновесном состоянии и установить связи между их структурой, составом, свойствами и практическим применением.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- читать микроструктуру углеродистой стали

- применять на практике углеродистые стали в зависимости от условий их эксплуатации

Материальное обеспечение:

Приборы и материалы. Металлографический микроскоп, набор микрошлифов Раздаточный материал преподавателя.

Задание:

1. Пользуясь теоретическими данными и диаграммой состояния железо – цементит, определить, из каких фаз состоят при комнатной температуре структуры сталей с различным содержанием углерода, как выглядит их структура под микроскопом.
2. Изучить маркировку, свойства и применение сталей в зависимости от структуры и содержания углерода.
3. Освоить методику расчета содержания углерода по микроструктуре стали.
4. Изучить с помощью микроскопа и зарисовать структуры представленных для исследования образцов, обозначить структурные составляющие, рассчитать процентное содержание углерода.
5. Разобраться в практическом применении данных материалов, привести их примерные марки.
6. Ответить на контрольные вопросы

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие стали называются углеродистыми?
2. Как классифицируют стали?
3. От каких структурных факторов зависят свойства сталей?
4. Как влияет содержание феррита на свойства стали?
5. Охарактеризуйте механические свойства феррита, перлита и цементита с их числовыми величинами.
6. Каковы структура, свойства, применение и маркировка технического железа?
7. Какова структура доэвтектоидных сталей и как она зависит от содержания углерода?
8. Каковы свойства и применение различных по составу доэвтектоидных сталей в зависимости от их структуры?
9. Каковы структуры, свойства и применение эвтектоидных и заэвтектоидных сталей?
10. Как рассчитать содержание углерода в стали по микроструктуре?
11. Как маркируются углеродистые конструкционные и инструментальные стали? Что показывают цифры в обозначениях марок?

Форма представления результата:

Отчёт о выполнении заданий оформите в тетради

Вывод:

Критерии оценки

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности	Качественная оценка индивидуальных
--------------------------	------------------------------------

(правильных ответов)	образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Практическая работа № 9

Микроанализ легированной стали

Цель работы: изучить микроструктуры легированных сталей в равновесном состоянии и установить связи между их структурой, составом, свойствами и практическим применением.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- читать микроструктуру легированной стали

- применять на практике легированные стали в зависимости от условий их эксплуатации

Материальное обеспечение:

Приборы и материалы. Металлографический микроскоп, набор микрошлифов Раздаточный материал преподавателя.

Задание:

1. Пользуясь теоретическими данными и диаграммой состояния железо – цементит, определить, из каких фаз состоят при комнатной температуре структуры сталей с различным содержанием углерода, как выглядит их структура под микроскопом.
2. Изучить маркировку, свойства и применение сталей в зависимости от структуры и содержания углерода.
3. Освоить методику расчета содержания углерода по микроструктуре стали.
4. Изучить с помощью микроскопа и зарисовать структуры представленных для исследования образцов, обозначить структурные составляющие, рассчитать процентное содержание углерода.
5. Разобраться в практическом применении данных материалов, привести их примерные марки.
6. Ответить на контрольные вопросы

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие стали называются легированными?
2. Как классифицируют стали?
3. От каких структурных факторов зависят свойства сталей?
4. Как влияет содержание феррита на свойства стали?
5. Охарактеризуйте механические свойства феррита, перлита и цементита с их числовыми величинами.
6. Каковы структура, свойства, применение и маркировка технического железа?
7. Какова структура доэвтектоидных сталей и как она зависит от содержания углерода?
8. Каковы свойства и применение различных по составу доэвтектоидных сталей в зависимости от их структуры?
9. Каковы структуры, свойства и применение эвтектоидных и заэвтектоидных сталей?
10. Как рассчитать содержание углерода в стали по микроструктуре?

11. Как маркируются легированные конструкционные и инструментальные стали? Что показывают цифры в обозначениях марок?

Форма представления результата:

Отчёт о выполнении заданий оформите в тетради

Вывод:

Критерии оценки

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Практическая работа № 10, 11

Определение вида, химического состава и назначения стали по маркировке

Цель работы: формирование умений маркировки металлов и сплавов

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- выбирать материалы на основе анализа их свойств для конкретного применения;
- выбирать способы соединения материалов;
- обрабатывать детали из основных материалов.
- маркировать металлы и сплавы

Материальное обеспечение:

Конспект лекций, образцы металлов и сплавов, таблицы с обозначениями металлов

Задание:

1. Определить виды металлов по заданной маркировке.

Порядок выполнения работы:

1. Определите виды металлов по заданной маркировке
2. Обозначьте заданные легирующие элементы
3. Запишите названия сталей по заданным маркировкам
4. Запишите марки сталей.

Ход работы:

1. Определите виды металлов по заданной маркировке
Ст0 –
Ст2 -
Ст4 -
БСт4 -
0,8КП -
25 -
А30 –
У12 -
У13А -
2. Обозначьте заданные легирующие элементы

1. хром -
2. вольфрам -
3. марганец -
4. медь -
5. Фосфор -
6. Кремний -
7. Алюминий -
8. Ванадий -

3. Запишите названия сталей по заданным маркировкам

18Х2Н4ВА - ;

40ХНМА - ;

9Х - ;

Г13 -

14ХГСН -

РК10 -

ЕХ2 -

Х12ЮС -

4. Запишите примеры следующих марок сталей

1. Инструментальная –

2. Автоматная –

3. Высококачественная –

4. Строительная –

5. Мартеновская, содержащая 0,74% углерода –

6. Жесть разного назначения, кроме тары для пищевых продуктов электротехнического лужения –

Форма представления результата:

Отчёт о выполнении заданий оформите в тетради

Вывод:

Критерии оценки

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Практическая работа № 12

Выбор марки легированных сталей для деталей в зависимости от условий работы

Цель работы: приобрести навык в работе со справочной литературой по выбору сплава цветных металлов в зависимости от условий их работы.

Выполнив работу, Вы будете:

уметь:

- пользоваться справочной литературой;

- самостоятельно разбираться в большом числе сплавов и подборе их для изготовления деталей.

Материальное обеспечение: учебники по материаловедению, карточки с индивидуальными заданиями по выбору сплавов.

Задание:

1. Изучить условия работы заданной детали.

2. Выбрать цветной сплав с требуемыми свойствами.

Порядок выполнения работы:

1. Записать условие задачи, заданной преподавателем.

2. Изучить условия работы заданной детали и требования, предъявляемые к ней.

3. По учебнику выбрать сплав цветных металлов для изготовления заданной детали, расшифровать её и выписать механические свойства.

4. Дать обоснование выбора материала для заданной детали.

5. Используя данную методику, решить самостоятельно задачу из карточки.

Краткие теоретические сведения

Сочетания букв и цифр дают характеристику **легированной стали**. Если впереди марки стоят две цифры, они указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Одна цифра впереди марки указывает среднее содержание углерода в десятых долях процента. Если впереди марки нет цифры, это значит, что углерода в ней либо 1%, либо выше 1%. Цифры, стоящие за буквами, указывают среднее содержание данного элемента в процентах, если за буквой отсутствует цифра – значит содержание данного элемента около 1% (не более 1,5%). Буква А в конце марки обозначает высококачественную сталь, т.е. сталь, содержащую меньше серы и фосфора. Указанная система маркировки охватывает большинство существующих легированных сталей. Исключения составляют отдельные группы сталей, которые дополнительно обозначаются определенной буквой: Р – быстрорежущие, Е – магнитные, Ш – шарикоподшипниковые, Э – электротехнические.

Пример расшифровки марки стали

40ХНЗМФА – конструкционная легированная высококачественная сталь со средним содержанием углерода 0,4%, ~1% хрома, ~3% никеля, ~1% молибдена, ~1% ванадия.

18ХГТ – конструкционная легированная качественная сталь с содержанием углерода 0,18% и по 1% (приблизительно) хрома, марганца и титана.

ХВГ – инструментальная легированная сталь, углерода более 1%, приблизительно около 1% хрома, вольфрама, марганца.

7ХГ2 – инструментальная легированная сталь, углерода 0,7%, приблизительно около 1% хрома, марганца 2%.

Р18 – инструментальная высоколегированная быстрорежущая сталь, 18% вольфрама

Р6М5К4 – инструментальная высоколегированная быстрорежущая сталь, содержание вольфрама 6%, молибдена 5%, 4% кобальта.

Задание на практическую работу

Задание 1. Расшифровать марки легированных сталей

№ варианта	Сплав 1	Сплав 2	Сплав 3	Сплав 4	Сплав 5
1	09Г2	38ХА	65С2ВА	8ХЗ	Р6К10
2	55С2	50ХФА	14ХГС	Х12	Р12Ф3
3	20Х	12ГС	60С2ХФА	В2Ф	Р6М5Ф3
4	30Х	09Г2С	20ХГР	5ХГМ	Р6М5К5
5	10Г2	38ХМА	14Х2ГМР	9Х2	Р18
6	40Х	50ХФА	20ХГ2Ц	ХГС	Р10К5Ф5
7	50Г2	70С3А	20ХНР	Х12	Р9М4К8
8	17ГС	15Х25Г	75ХСМФ	В2Ф	Р6К10
9	45Г2	60С2А	20ХГСФ	7ХЗ	Р12Ф3
10	38ХА	35ГС	10Г2БД	Х12М	Р6М5Ф3
11	45Х	18ХГТ	15Г2СФД	ХГС	Р6М5К5
12	38ХЮ	40ХФА	34ХНЗМ	8ХЗ	Р18К5Ф2
13	15ХА	60С2	36Г2С	9ХС	Р10К5Ф5
14	30ХМ	40Х9С2	15Х11МФ	4ХС	Р9
15	09Г2	20ХГРА	55С2	6ХВГ	Р6К10
16	55С2	38ХА	20Х3МВФ	4ХС	Р12Ф3
17	12ГС	20Х	38Х2МЮА	6ХВГ	Р6М5Ф3
18	09Г2С	30Х	20ХГНР	9ХС	Р6М5К5
19	10Г2	38ХМА	14Х2ГМР	7ХЗ	Р18К5Ф2
20	40Х	50ХФА	20ХГ2Ц	9Х1	Р10К5Ф5
21	50Г2	70С3А	20ХНР	8ХЗ	Р9М4К8
22	17ГС	20ХГСА	75ХСМФ	9Х1	Р6К10
23	38ХА	35ГС	10Г2БД	8ХЗ	Р12
24	45Х	25ХГСА	15Г2СФД	9ХВГ	Р6М5Ф3
25	38ХЮ	18ХГТ	40ХФА	Х12М	Р6М5К5
26	60С2	15ХА	13Х2НА	9ХВГ	Р18К5Ф2
27	30ХМ	40Х9С2	36НХТЮ	6ХВ2С	Р10К5Ф5
28	55С2	09Г2	20ХГР	Х12	Р9
29	50ХФА	14ХГС	55С2	5ХНМ	Р6К10
30	45Г2	60С2А	20ХГ2Ц	6ХВГ	Р12Ф3

Задание 2. Для каждой марки выписать свойства и применение. Результат оформить в виде таблицы

Вариант №__

№ сплава	Марка	Свойства	Применение
1			
2			
3			
4			
5			

Форма представления результата: в работе указываются тема и цель практического занятия и даются решения разобранной и самостоятельно выполненных задач.

Критерии оценки

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Практическая работа №13,14

Проведение закалки и отпуска углеродистой стали

Цель работы: Изучение влияния закалки и отпуска на механические свойства сталей.

-изучить изменения микроструктуры доэвтектоидной и заэвтектоидной стали до и после термической обработки.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- определять содержание углерода расчетным путем в доэвтектоидной , заэвтектоидной стали при определенном содержании перлита и цементита вторичного на диаграмме железо-углерод

Материальное обеспечение: Муфельная печь, твердомер, напильники, тиски, образцы для **закаливания**.

Задание: назначить режим термообработки конкретных деталей

Порядок выполнения работы:

1. Определите твёрдость образцов до закалки.
2. По таблице 1 выберите температуру нагрева для каждого образца.
3. Нагрейте образцы до указанной температуры и выдержите их в печи до выравнивания температуры печи и образца.
4. Охладите деталь в воде.
5. Измерьте твёрдость по Роквеллу.
6. Произведите отпуск образца в соответствии с данными таблицы 1.
7. Заполните таблицу 2.

Марка стали	Температура нагрева для заковки	Охлаждающая среда	Темпера отпуска	Твердость HRC после заковки
30	850...890	вода	300...400	50-41
			400...500	41-31
			500...600	31-23
45	810...840	вода	200...300	54-55
			300...400	50-41
			400...500	41-31
У8	770...800	вода	160...200	61-63
			200...300	61-63
			300..400	37-46

Образец	Марка стали	Твёрдость HRC до заковки	Температура нагрева, С.	Время нагрева мин.	Способ охлаждения	Твёрдость HRC после заковки
1	У8					
2	45					
3	30					

Форма представления результата: отчёт выполненных заданий в тетради.

Критерии оценки

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Практическая работа №15

Выбор вида термообработки стали для конкретных деталей в зависимости от условий эксплуатации

Цель работы: изучить методику выбора режимов термической обработки углеродистой стали в зависимости от условий эксплуатации.

Выполнив работу, Вы будете уметь:

- назначать режимы термической обработки сталей, используя справочный материал.

Материальное обеспечение: справочники, карточки с задачами.

Задание: назначить режим термообработки конкретных деталей

Краткие теоретические сведения

Химико-термической обработкой (ХТО) называют технологические процессы, приводящие к диффузионному насыщению поверхностного слоя деталей различными элементами. ХТО применяют для повышения твердости, износостойкости, сопротивления усталости и контактной выносливости, а также для защиты от электрохимической и газовой коррозии. При ХТО деталь помещают в среду, богатую насыщающим элементом. При ХТО происходят три элементарных процесса: диссоциация, абсорбция и диффузия. Диссоциация протекает в газовой среде и состоит в распаде молекул и образовании активных атомов диффундирующего элемента. Степень распада молекул газа называется степенью диссоциации. Абсорбция происходит на границе «газ-металл» и заключается в поглощении поверхностью металла насыщающего элемента. Под диффузией понимают проникновение элемента вглубь насыщаемого металла. В результате ХТО образуется диффузионный слой. Наибольшая концентрация насыщаемого элемента наблюдается на поверхности изделия, по мере удаления от поверхности она снижается. Фазовые и структурные изменения, происходящие при ХТО в диффузионном слое, и его строение определяются изотермическим разрезом диаграммы состояния «обрабатываемый металл – насыщающий элемент» при температуре диффузионного насыщения. Предположим, что системе «обрабатываемый металл А – насыщающий элемент В» соответствует диаграмма состояния, представленная на рисунке 15.1, а насыщение происходит при температуре t_1 . Если процессы диссоциации, абсорбции и диффузии протекают активно и времени насыщения достаточно, то на поверхности образуется слой твердого раствора А и В переменной концентрации. Под ним будет находиться слой твердого раствора А и В в химическом соединении A_nB_m переменной концентрации и далее твердый раствор В и А, убывающий от предела насыщения до нуля. На границах раздела слоев концентрация изменяется скачкообразно в соответствии с диаграммой состояния системы.

Порядок выполнения работы:

1. Под руководством преподавателя решить задачу: назначить термообработку резца из стали У10.
 - изучить условия работы заданной детали и требования к ней.
 - изучить химический состав и механические свойства заданной марки стали.
 - разработать в зависимости от условий работы детали, вид и режим термообработки, используя справочник.
2. Решить самостоятельно задачи из карточки.

Форма представления результата: отчет выполненных заданий в тетради.

Критерии оценки

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Практическая работа №16

Влияние условий термической обработки на свойства стали

Цель работы:

- изучить влияние температурно-временных условий нагрева и режимов охлаждения при термической обработке на свойства стали.

Выполнив работу, Вы будете: уметь:

- различать условия нагрева и режимы охлаждения при термической обработке, и их влияние на свойства стали.

Краткие теоретические сведения:

Металлопродукция с металлургических предприятий поступает на машиностроительные заводы обычно в виде различного проката, поковок, в литом состоянии. Из них изготавливают заготовки деталей машин, которые подвергают предварительной термической обработке. Последующей механической обработкой резанием. получают детали заданной геометрической формы и размеров. Эти детали далее проходят упрочняющую термическую обработку и, в случае сложных машин, направляются на сборку отдельных частей машины, а из сборочных единиц собирается сама машина. Схема обработки и изготовления на машиностроительных заводах объемных деталей машин (рычаги, коленчатые валы и шатуны двигателей внутреннего сгорания, зубчатые колеса и др.) из деформируемых металлических материалов представлена на рис. 8. Как видно, в процессе изготовления деталей машин два раза проводится термическая обработка.

Термическая обработка - процесс обработки изделий из технических материалов путем теплового воздействия (нагрева и охлаждения) с целью изменения их структуры и свойств в заданном направлении.

Термическую обработку применяют как окончательную для получения заданных механических, физических, эксплуатационных свойств деталей машин, а также промежуточную (предварительную) с целью улучшения технологических свойств (обрабатываемости режущими инструментами, обрабатываемости давлением и др.).

Основными видами предварительной термической обработки заготовок из конструкционных сталей в машиностроении являются нормализационный или полный отжиг. Для их проведения заготовки нагревают в случае использования конструкционных доэвтектоидных сталей выше температуры фазового превращения t_{AC3} на 30...50°C и получают структуру аустенита. После некоторой выдержки при температуре нагрева проводят охлаждение на воздухе (нормализационный отжиг) или вместе с печью (полный отжиг), получая структуру из феррита и перлита.

Предварительная термическая обработка снижает твердость стали и улучшает обрабатываемость резанием. За показатель обрабатываемости при резании принимается обычно численное значение скорости резанием при точении резцами из быстрорежущей стали на токарном станке, которой соответствует стойкость резцов 60 минут (время между двумя переточками режущей кромки инструмента).

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД



Сортовой прокат



МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД



Изготовление заготовок деталей машин обработкой давлением (горячей штамповкой и др.)



Заготовка детали



Предварительная термическая обработка заготовок



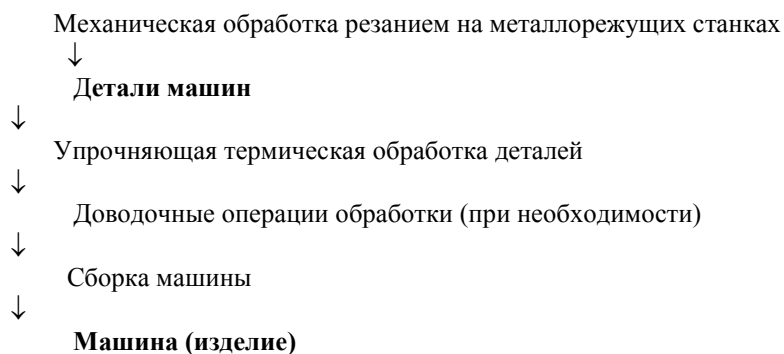


Рис. 8. Типовая укрупненная схема обработки и изготовления объемных деталей машин на машиностроительном заводе

При содержании углерода в конструкционных углеродистых и низколегированных сталях менее 0,5 % проводят обычно для заготовок нормализационный отжиг, а для сталей, имеющих более 0,5 % углерода – полный отжиг.

Типовая окончательная термическая обработка деталей машин и инструментов состоит из двух операций: 1 - закалки с получением на этапе охлаждения с большой скоростью (для углеродистых сталей в воде и других средах) из аустенита структуры мартенсита (А→М); 2 - отпуска закаленной стали с нагревом до температуры не выше температуры фазового превращения Ас₁. Применение термической обработки значительно изменяет механические свойства стали. Схемы основных видов термической обработки для конструкционных доэвтектоидных сталей представлены на рис. 9.

Данные о механических свойствах конструкционных среднеуглеродистых (улучшаемых) сталей различного химического состава после закалки и высокого отпуска приведены в табл. 9.

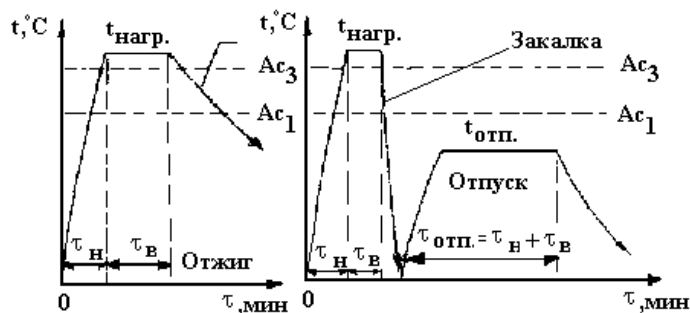


Рис. 9. Схемы термической обработки

конструкционных сталей

Таблица 9. Механические свойства некоторых типовых конструкционных среднеуглеродистых сталей после закалки и высокого отпуска

Марка стали	Оптовая цена ^{х)}	Критический диаметр, мм ^{хх)}	Для деталей с поперечным размером, мм ^{ххх)}	Механические свойства	
				$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа
45	1,0	12	15...20	490	730
40Х	1,2	15	25...35	800	900
40ХН	1,6	25	50...75	800	1000
40ХН2МА	2,1	100	75...100	950	1050
38ХН3М ФА	2,6	100	100...200	1070	1150

Примечания:

х) Относительные единицы: за 1.0 принята оптовая цена углеродистой качественной стали.

xx) Диаметр образца, закаливающегося насквозь с получением в центре микроструктуры из 95 % мартенсита и 5 % троостита.

xxx) Стали могут быть использованы для изготовления деталей с еще большим поперечным размером. Следует иметь в виду, что в этом случае изделия получают пониженные по сравнению с табличными значениями механических свойств в связи с недостаточной прокаливаемостью по сечению деталей большого поперечного диаметра.

Материальное обеспечение:

1. В работе используются лабораторные электрические печи, автоматические потенциометры для регулирования температуры нагрева в печи, бачки с водой и маслом для охлаждения, заточный станок (точило) для зачистки образцов от заусенцев и окалины, твердомеры, щипцы для загрузки образцов в печь и выгрузки, образцы сталей разных марок, линейка для измерения размеров образцов или штангенциркуль.
2. Работа выполняется в лаборатории термической обработки. Для нагрева образцов применяются электрические лабораторные камерные или муфельные печи. Примером камерной печи является печь СНОЛ-1.6.2. 5. ИП-М1^х) мощностью 3 кВт. Рабочая камера, в которой проводится нагрев, выполнена из жаростойкой керамики. Нагревательные элементы в виде спиралей расположены в углублениях по боковым стенкам, на поду и в своде печи. Для предохранения спиралей от повреждений и расположения нагреваемых образцов имеется на поду печи плоская керамическая плитка.
3. С целью измерения температуры в рабочую зону печи вставляется термопара. Рабочая камера печи спереди закрывается крышкой. Максимальная температура в рабочей зоне составляет 1100°C. Печь снабжена милливольтметром типа МП-64-02.
4. Для точного измерения и автоматического поддержания заданной температуры применен особый прибор - автоматический электромеханический *потенциометр* типа КСП4, к которому с помощью электрических проводов присоединена термопара. Прибор может автоматически записывать данные о температуре в печи на ленточную бумажную диаграмму в прямоугольных координатах.

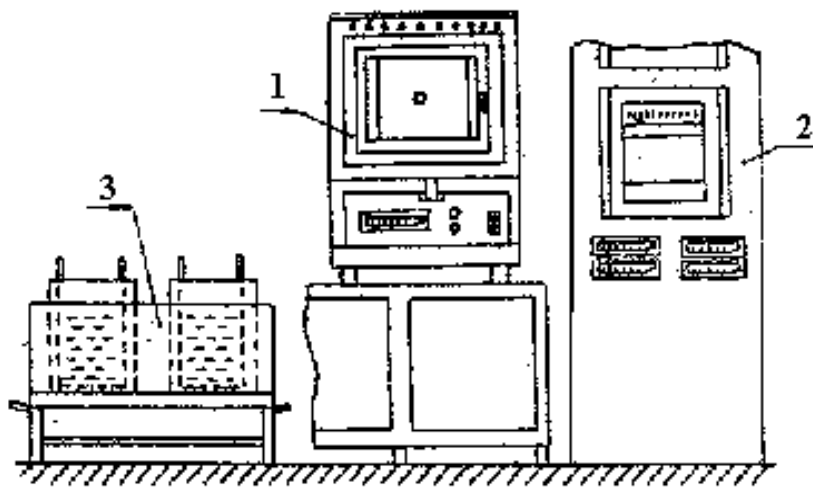


Рис. 10. Схема установки для проведения термической обработки:

1 – печь; 2 – шкаф с потенциометрами; 3 – бачки с охлаждающими жидкостями.

Рядом с печами располагаются на подставке бачки с водой и минеральным маслом. Бачки имеют "корзинки" с отверстиями, посредством которых образцы после завершения охлаждения вынимаются из охлаждающей среды. Схема установки для термической обработки показана на рис. 10.

Оценка механических свойств образцов проводится в данной работе по численному значению твердости. **Твердость** - свойство материала оказывать сопротивление пластической деформации при вдавливании под постоянной нагрузкой в плоскую поверхность материала шарика из закаленной твердой стали, алмазного конуса или пирамиды. Имеются различные методы измерения твердости: метод Бриннеля, Роквелла, Виккерса и др.

Порядок выполнения работы:

Практическая часть работы выполняется в следующем порядке:

1. Группе студентов до 3-4 человек преподаватель указывает номер выполняемого задания. Текст задания каждый студент записывает себе в отчет.
2. В соответствии с заданием преподаватель назначает марку стали, определяется ее структурный класс.
3. Определяется по заданию вид термической обработки: закалка, отжиг, закалка с отпуском.
4. Далее переходят к назначению режимов термической обработки: температуры нагрева, времени нагрева и выдержки, охлаждающей среды. Некоторые показатели режима в зависимости от конкретного задания указываются преподавателем.

Температура нагрева подсчитывается по формулам, приведенным в табл. 10. Численные значения температур фазовых превращений A_{c1} и A_{c3} принимаются по данным табл. 11. При этом вычисляют два численных значения температуры: минимальное t_{min} и максимальное t_{max} . Эти значения температуры характеризуют оптимальный интервал температуры нагрева. Фактическая величина температуры в печи должна находиться в этом интервале (не ниже t_{min}).

Пример. Закалка стали У12 ($A_{c1}=730^{\circ}C$): $t_{min} = 730 + 70 = 800^{\circ}C$;
 $t_{max} = 730 + 100 = 830^{\circ}C$.

Таблица 10. Температуры нагрева и охлаждающие среды при термической обработке стали

Вид термической обработки стали	Температура нагрева, $^{\circ}C$		Типовая охлаждающая среда
	Стали доэвтектоидные (менее 0,8 %С)	Стали эвтектоидные и заэвтектоидные (от 0,7...0,8 до 2,14%)	
Отжиг	$t_{отж} = t_{Ac3} + (30...50^{\circ}C)$	$t_{отж} = t_{Ac1} + (30...70^{\circ}C)$	С печью
Нормализационный отжиг	$t_{н.о.} = t_{Ac3} + (50...80^{\circ}C)$	$t_{н.о.} = t_{Acм} + (30...50^{\circ}C)$	На спокойном воздухе
Закалка	$t_{зак} = t_{Ac3} + (30...50^{\circ}C)$	$t_{зак} = t_{Ac1} + (70...100^{\circ}C)$	Углеродистые стали – в воде, легированные – в масле
Отпуск закаленной стали	Ниже A_{c1} (в зависимости от заданных свойств при 160...650 $^{\circ}C$)		Для большинства сталей – на воздухе

Таблица 11. Температуры критических точек A_{c1} , A_{c3} , A_{cm} некоторых сталей

Марка стали	30	35	40	45	50	40X	45Г2	35ХГСА	60С2
$A_{c1}, ^{\circ}C$	735	730	727	725	750	743	711	750	750
$A_{c3}, ^{\circ}C$	812	802	788	770	760	762	765	830	820
Марка стали	У7	У8	У10		У12	ШХ15	9ХС	ХВГ	Х12М
$A_{c1}, ^{\circ}C$	730	730	730		730	750	770	750	810
$A_{cm}, ^{\circ}C$	-	-	800		820	900	870	940	-

Время нагрева образцов до заданной температуры вычисляют по следующей эмпирической зависимости: $\tau_n = 1,5 D$, мин,

где D - диаметр или толщина образца мм.

Время выдержки при заданной температуре $\tau_b = 0,2 \tau_n$, мин. Общее время от загрузки образцов в рабочую камеру печи до их выгрузки из печи составляет сумму времени нагрева и выдержки:

$$\tau = \tau_n + \tau_b$$

Пример. Диаметр образца равен 12 мм:

$$\tau_n = 1,5 \cdot 12 = 18 \text{ мин}; \quad \tau_b = 0,2 \cdot 18 = 3,6 \text{ мин}; \quad \tau = 18,0 + 3,6 = 21,6 \text{ мин.}$$

Охлаждающая среда при термической обработке стали назначается по табл.10.

Студенты получают у лаборанта образцы стали заданной марки и зачищают их от заусенцев на заточном станке (точиле). Далее лаборант измеряет твердость образцов до термообработки методом Роквелла по шкале НРВ. Полученное число твердости переводится по таблице в шкалу НВ. Величину твердости записывают в таблицу.

После этого образцы с помощью щипцов загружаются в печь под руководством лаборанта. Предварительно печь отключается от электрической сети. После загрузки образцов в печь дверца закрывается, и печь включается в электрическую сеть. По истечении времени нагрева и выдержки печь

отключается от электрической сети, образцы с помощью щипцов быстро выгружаются из печи и помещаются в заданную охлаждающую среду.

После завершения охлаждения образцы зачищаются на заточном станке (точиле) и лаборант измеряет твердость в зависимости от вида термической обработки по шкале HRC или HRB. Полученные числа твердости переводятся по таблице в шкалу HB. Величины твердости записывают в таблицу. Форма таблицы для записи результатов термической обработки по всему заданию дана ниже:

Влияние термической обработки на твердость стали

Марка стали. Вид термообработки (т.о.)	Режим термообработки			Твердость стали				
	t, °C	τ, мин	Среда охлаждения	до т.о.		после т.о.		
				RB	B	RB	RC	B

В работе несколько человек студентов выполняют одно из практических заданий по термической обработке сталей с заданным содержанием углерода. На небольших образцах сталей в лабораторных условиях имитируется реальная термическая обработка заготовок, деталей машин и инструментов. Практические задания даны ниже.

Задани 1. Изучение влияния охлаждающей среды (скорости охлаждения) на твердость стали.

Четыре образца углеродистой стали заданной марки нагреть, выдержать и охладить: первый образец в воде (полная закалка), второй - в минеральном масле (частичная закалка), третий - на воздухе (нормализационный отжиг), четвертый - в печи (полный отжиг). Измерить твердость образцов до и после термической обработки.

Таблица 12. Скорость охлаждения в различных средах

Охлаждающая среда	вода	масло	воздух	с печью
Примерная скорость охлаждения, градусов /с	600	100	1	0,05

По полученным данным строится график зависимости твердости стали от скорости охлаждения. Сделать выводы: после каких видов термической обработки достигается максимальная и минимальная твердость стали; - о влиянии скорости охлаждения на твердость стали.

Задание 2. Изучение влияния закалки на твердость стали с различным содержанием углерода.

Для нескольких образцов углеродистых сталей разных марок проводится закалка. Измеряется твердость образцов до и после закалки.

По полученным данным строятся два графика зависимости твердости от содержания углерода (до закалки для сталей марок У7, У8, У10 и после закалки для всех изученных сталей). Сделать выводы: -о влиянии закалки одной марки стали на твердость и о влиянии содержания углерода на твердость закаленной стали.

Задание 3. Изучение влияния температуры отпуска на твердость закаленной стали .

Три образца стали одной марки подвергнуть закалке. Измерить твердость каждого образца до и после закалки.

Провести отпуск закаленных образцов при температуре: первого—200°С, второго - 400°С, третьего - 600°С. Время нагрева и выдержки 30 мин. Измерить твердость после отпуска.

По полученным данным построить график зависимости твердости от температуры отпуска. Сделать выводы: -о влиянии температуры отпуска закаленной стали на твердость; -после отпуска при какой температуре достигается наиболее высокая и наименьшая твердость исследуемой стали.

По полученным данным на доске проводят построение графиков зависимостей твердости HB от изменяемых факторов: содержания углерода в стали; скорости охлаждения при термической обработке; температуры отпуска закаленных образцов. Для этого каждый студент отмечает в соответствующих координатах экспериментальные точки.

Далее студенты по заданиям формулируют выводы, которые записываются в отчет. Выводы в отчете каждого студента приводятся по всем трем заданиям.

Вопросы для подготовки к работе и самопроверке.

1. Понятие термической обработки.
2. Какие основные виды термической обработки применяются в машиностроении?
3. Какое влияние оказывают полный отжиг и полная закалка с отпуском на механические свойства конструкционной стали?
4. Какие печи применяются для термической обработки в лаборатории материаловедения?
5. Для каких целей применяются потенциометры?
6. Понятие твердости материалов.

7. Как определяется температура нагрева при закалке и отжиге?
 8. Какая охлаждающая среда применяется в случае нормализационного отжига?

Форма представления результата: В конце занятия преподаватель путем устного опроса проверяет усвоение знаний по вопросам для самопроверки. Оформленные отчеты проверяются и подписываются преподавателем.

Критерии оценки

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Лабораторная работа №8

Изучение микроструктуры цветных сплавов

Цель работы: изучить классификацию, микроструктуру, свойства и назначение типовых цветных сплавов машиностроения.

Выполнив работу, Вы будете

уметь: проводить микроанализ цветных сплавов и по виду структуры определять структурные составляющие.

Материальное обеспечение: микроскопы, коллекция микрошлифов цветных сплавов, фотографии микроструктур, диаграммы состояния рассматриваемых сплавов.

Задание: Изучить микроструктуры цветных сплавов.

Краткие теоретические сведения:

К цветным относится обширная группа металлов следующих классов:

- *легкие* металлы являются основой сплавов для машиностроения, судостроения, самолетостроения. Это преимущественно алюминий и титан, реже магний;
- *легкоплавкие* металлы преимущественно используются для изготовления антифрикционных сплавов: это свинец, олово, цинк. Такие сплавы часто в виде тонкого слоя наносятся на рабочую поверхность стальной основы подшипников скольжения машин и механизмов;
- *редкоземельные* металлы применяются в качестве добавок к различным сплавам (сталям и др.) с целью улучшения их свойств;
- *благородные* металлы (золото, серебро, платина и др.) используются в электротехнике, электронике, радиотехнике;
- *урановые* металлы получили применение в атомной энергетике;
- *тугоплавкие* металлы (ниобий, тантал, молибден, вольфрам) применяются для изготовления изделий, работающих при особо высоких температурах до 1500...2000 °С.

Из цветных металлов наибольшее использование имеет **алюминий**, содержание которого в земной коре равно 8,8 %. Алюминиевые сплавы применяют для кузовов, рам, элементов дверей, радиаторов, колес автомобилей, блоков цилиндров, головок блоков, поршней двигателей внутреннего сгорания и других деталей машин.

Алюминиевые сплавы остаются одним из основных конструкционных материалов в производстве летательных аппаратов. Из них изготавливают элементы конструкций самолетов, воспринимающие действие механических сил: шпангоуты, лонжероны, нервюры и др. Сплавы в виде

листов применяют для обшивки корпусов ракет и самолетов, изготовления топливных и масляных баков (сплав алюминий-магний, дуралюмин, алюминий - литиевые сплавы и др.). Поковки и штамповки получают из ковочных сплавов марок 1360 (АК6) и 1380 (АК8). В серийном производстве освоены новые алюминиевые сплавы, имеющие в два раза меньшее содержание вредных примесей и повышенное сопротивление к образованию трещин. Из этих сплавов промышленность производит листы длиной до 9 метров и плиты длиной до 25 метров.

Расширяется применение титановых сплавов преимущественно в судостроении и авиационной технике. Сплавы обычно получают способом вакуумно-дуговой плавки с расходуемым электродом. Выплавляемые титановые слитки имеют диаметр 500...800 мм, массу 5...8 тонн и далее подвергаются обработке давлением: ковке на молотах, прокатке на станах и др. Основными видами деформируемых титановых полуфабрикатов являются поковки, штамповки, прутки, профили, трубы.

На основе алюминия, меди, магния, титана и некоторых других цветных металлов разработаны сплавы, перечень основных видов которых по государственным стандартам приведен в табл. 16.

Таблица 16. Перечень основных разновидностей промышленных цветных материалов по государственным стандартам

№ ГОСТа	Наименование стандарта
493-79	Бронзы безоловянные литейные. Марки
613-79	Бронзы оловянные литейные. Марки
1320-74	Баббиты оловянные и свинцовые. Технические условия
1583-89Е	Сплавы алюминиевые литейные. Марки
2856-79	Сплавы магниевые литейные. Марки
4784-74	Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки
5017-74	Бронзы оловянные, обрабатываемые давлением. Марки
14957-76	Сплавы магниевые деформируемые. Марки
15527-70	Сплавы медноцинковые (латуни), обрабатываемые давлением. Марки
17711-80	Сплавы медно-цинковые (латуни) литейные. Марки
18175-78	Бронзы безоловянные, обрабатываемые давлением. Марки
19807-91	Титан и сплавы титановые деформируемые. Марки
28873-90	Сплавы на основе тяжелых цветных металлов, обрабатываемые давлением. Унифицированные марки.

Описание микроструктур цветных сплавов лабораторной коллекции шлифов дано в табл. 17, а схемы микроструктур приведены на рис. 14. Применяемые в современной технике цветные материалы на основе алюминия, меди, титана и других металлов подразделяются на деформируемые и литейные. Из *деформируемых сплавов* получают различными способами горячей и холодной обработки давлением кованные и штампованные заготовки, прутки, листы и прочие полуфабрикаты. Основу их структуры составляют твердые растворы.

Детали из *литейных сплавов* не обрабатываются давлением и ставятся в конструкцию машин в литом состоянии в виде фасонных отливок. Для изготовления из них отливок они должны обладать хорошими литейными технологическими свойствами: высокой способностью жидких сплавов к заполнению полостей литейной формы (жидкотекучестью), малой усадкой, небольшой склонностью к образованию трещин и др.

Таблица 17. Перечень лабораторной коллекции микрошлифов цветных сплавов

№	Наименование	Марка	ГОСТ	Химический	Обраб	Структурны
---	--------------	-------	------	------------	-------	------------

шлиф а	е			состав, %	отка сплава	е составляющ ие
42	Дуралюмин	Л160	4784-74	Al-основа; 3,8...4,8Cu; 1,2...1,8Mg; 0,3...0,9Mn.	Отжиг	α -раствор и частицы интерметаллидов
43	Медно-цинковый сплав (латунь)	Л68	15527-70	Cu – основа 30-33 Zn	Холодная деформация и отжиг	Зерна α -раствора с двойниковыми кристаллами (светлые и темные)
44	Титановый сплав	BT3-1	19807-91	Ti-основа; 5,5...7Al; 2...3Mo;1; 2...5Cr; 0,15...0,4 Si; 0,2...0,7 Fe.	Отжиг	α -раствор (светлый) и β -раствор (темный)
45	Силумин	AK12	1583-89E	Al-основа; 10...13 Si	Литьё без модифицирования	Эвтектика (α +Si) и крупные кристаллы Si.
46	Силумин	AK12	1583-89E	Al-основа; 10...13 Si	Литьё с модифицированием	Дисперсная эвтектика (α +Si) и α -раствора (светлый)
47	Магниеый сплав	MJ15	2856-79	Mg – основа 7,5...9 Al; 0,2...0,8 Zn; 0,15...0,5 Mn.	Литьё и закалка	Перенасыщенный α -раствор и Mg_4Al_3
48	Бронза оловянная	БрО10Ф1	-	Cu – основа 9...11 Sn; 0,8...1,2 P	Литьё	Дендриты α -раствора (темные), эвтектоид (светлый) и Cu_3P
49	Баббит	Б83	1320-74	Sn – основа; 10...12 Sb; 5,5...6,5 Cu	Литьё	α -раствор, светлые крупные кристаллы β и мелкие Cu_3Sn

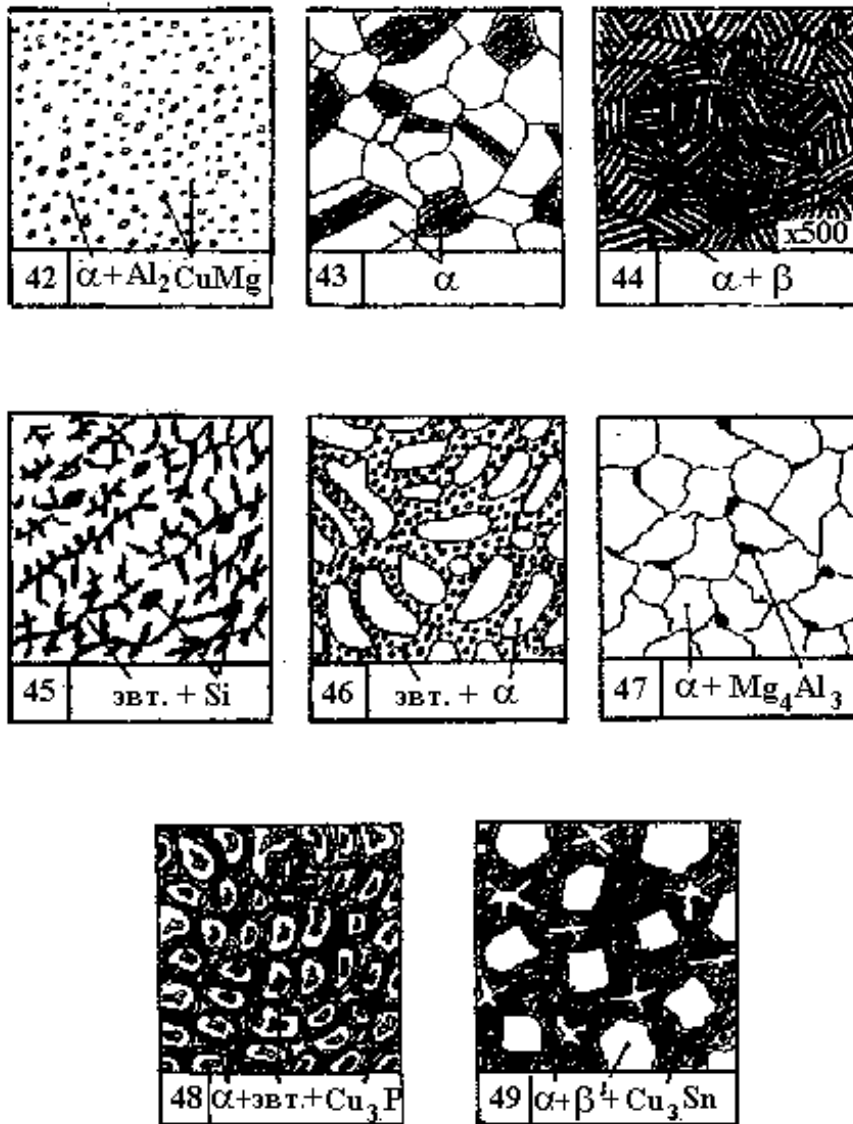


Рис. 14. Схемы микроструктур цветных сплавов

Широкое использование получили материалы алюминий – медь – магний, дополнительно легированные марганцем (*дуралюмины*). В отожженном состоянии при содержании 3,8...4,8 % меди микроструктура дуралюминов состоит из α - твердого раствора меди в алюминии и вторичных дисперсных включений интерметаллических соединений CuAl_2 , Al_2CuMg (S-фазы).

Наиболее распространенными деформируемыми медными сплавами являются *медно-цинковые сплавы* (латуни). Двухкомпонентные сплавы медь-цинк при содержании до 39 % цинка имеют микроструктуру из одного α -твердого раствора цинка в меди (латунь Л68). Микроструктура образца, подвергнутого холодной деформации и рекристаллизационному отжигу, состоит из равновесных зерен твердого раствора α , имеющих вследствие анизотропии (зависимости свойств от направления) различный цвет от светлого до разных оттенков темного. Эти латуни применяются для получения ленты, трубок.

У латуней с содержанием 39...46 % цинка микроструктура состоит из зерен α - твердого раствора и фазы β' (упорядоченный твердый раствор на основе соединения CuZn). Такие двухфазные латуни имеют повышенную прочность при пониженной пластичности и изготавливаются в виде прутков и других полуфабрикатов.

Большинство деформируемых промышленных *титановых сплавов* получают после отжига микроструктуры из α - раствора или $\alpha + \beta$ - растворов на основе титана. Твердый раствор α на основе $\text{Ti}\alpha$ имеет гексагональную кристаллическую решетку, β - раствор на основе $\text{Ti}\beta$ - решетку объемно-центрированного куба. Титановые сплавы характеризуются высокой удельной прочностью, хорошей сопротивляемостью коррозии.

Широкое применение имеют литейные сплавы алюминий-кремний (*силумины*). У заэвтектического сплава микроструктура состоит из эвтектики и первичных более крупных кристаллов

кремния, например, у силумина АК12. Эвтектика представляет собой смесь α - твердого раствора кремния в алюминии и грубых игольчатых кристаллов кремния, играющих роль внутренних надразов (концентраторов напряжения). При модифицировании жидкого силумина натрием в количестве 0,05...0,08 % эвтектика измельчается и состоит из α раствора и мелких зерен кремния. Микроструктура модифицированного доэвтектического силумина имеет первичные светлые дендриты твердого раствора α и мелкозернистую эвтектику. Измельчение эвтектики и отсутствие в микроструктуре грубых кристаллов первичного хрупкого кремния позволяет несколько повысить прочность и пластичность силумина. Силумины применяют для изготовления фасонных отливок сложной формы.

Из литейных сплавов меди используются наиболее широко *бронзы*. Литая оловянная бронза с содержанием олова до 5...6 % имеет структуру α - твердого раствора олова в меди с развитой дендритной ликвацией. Микроструктура литой бронзы, содержащей более 6 % олова, состоит из дендритов твердого раствора α и извилистых светлых включений хрупкого эвтектоида (дисперсной смеси двух фаз: α - раствора и $Cu_{31}Sn_8$ (δ -фазы)).

Оловянная бронза, раскисленная фосфором, дополнительно имеет в микроструктуре небольшие включения химического соединения Cu_3P светло-голубого цвета, например, бронза марки БрО10Ф1. Оловянные бронзы применяются для изготовления сложных по форме отливок, подшипников скольжения, арматуры.

Из *магниевого* литейных сплавов наиболее широко используются сплавы магний – алюминий – цинк, например, марки МЛ5. В литом состоянии микроструктура сплава МЛ5 состоит из α - твердого раствора алюминия и цинка в магнии и включений хрупкого химического соединения Mg_4Al_3 . Применение длительного нагрева отливок при 400 °С приводит к растворению части включений химического соединения в твердом растворе, что позволяет повысить пластические свойства. Охлаждение в воде дает перенасыщенный α -раствор с частицами Mg_4Al_3 (закалка). Магниевого сплавы характеризуются небольшой плотностью (1,7 г/см³).

Для заливки вкладышей подшипников скольжения широкое применение получили сплавы олово – сурьма – медь, например, *оловянный баббит* Б83. Микроструктура баббита состоит из мягкого α - твердого раствора сурьмы в олове и крупных светлых кристаллов упорядоченной β' -фазы на основе химического соединения $SnSb$ с высокой твердостью. Введение небольшого количества меди обеспечивает кристаллизацию в жидком растворе олова с сурьмой разветвленных дендритов ранее затвердевающего химического соединения $Cu_{31}Sn_8$, которые препятствуют ликвации в сплаве по плотности ("всплыванию") кристаллов β' - фазы.

Наличие в микроструктуре баббита мягкой, пластичной основы из раствора α и включений кристаллов химических соединений с высокой твердостью обеспечивает сочетание прирабатываемости подшипника к валу с износостойкостью и небольшой коэффициент трения между валом и подшипником при наличии жидкостного трения.

Порядок выполнения работы:

1. Используя диаграммы состояния латуней и бронз, определить микроструктуры заданных марок медных сплавов.
2. Описать превращения, происходящие при охлаждении сплавов.
3. Дать определения структурных составляющих исследуемых сплавов.
4. Рассмотреть микроструктуры сплавов на фотографиях и под микроскопом.
5. Зарисовать схемы микроструктур изученных сплавов.
6. Также исследовать алюминиевые сплавы и антифрикционные сплавы.

Форма представления результата: указать тему и цель работы, схемы микроструктур изученных сплавов с указанием марки сплава, структурных составляющих.

Критерии оценки

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой:

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
80 ÷ 89	4	хорошо
70 ÷ 79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

Практическая работа №17,18

Выбор марки сплавов цветных металлов для конкретных деталей

Цель работы: – научиться классифицировать, расшифровывать и характеризовать область применения цветных сплавов;

– закрепить знания по условному обозначению и определению области применения в соответствии с маркировкой и химическим составом согласно ГОСТ.

Вы будете: уметь – классифицировать заданные цветные сплавы;

– определить состав цветных сплавов и дать характеристику возможному их применению.

Краткие теоретические сведения

В современном машиностроении, энергетике, радиоэлектронике и других отраслях народного хозяйства широкое применение находят цветные металлы и сплавы на их основе.

Цветные металлы и их сплавы обладают различными физико-химическими, механическими и технологическими свойствами, благодаря которым они нашли широкое применение: высокой устойчивостью против коррозии, электро- и теплопроводностью, способностью подвергаться различным видам обработки.

Медь. По ГОСТ 859-2001 первичная техническая медь выпускается в виде катодов, слитков, полуфабрикатов, прутков,

которые перерабатываются в круглые, квадратные, шестигранные 64 горячекатаные и тянутые ленты, труб, проволоки электротехнической, фольги медной и рулонной и электролитической и медных порошков. Медь в этой продукции в зависимости от массовой доли примесей выпускается следующих марок: М00А, М00БК, М0А, М0, МБ, М1, М2, М2Р, М3, М3Р, М4. В маркировке первичной технической меди приняты следующие обозначения: М – медь; цифры от 00 до 4 – массовая доля естественных примесей от 0,01 до 1,00 %; Б – бескислородная, Р – раскисленная, А – анодная, К – катодная.

Латуни. Сплавы меди с цинком называются латунями. По сравнению с медью латунь обладает более высокой прочностью, твердостью, упругостью, коррозионной стойкостью, меньшей пластичностью и высокими технологическими свойствами (литейными свойствами, деформируемостью и обрабатываемостью резанием). По ГОСТ 15527-70 латунь выпускается в виде проволоки, лент, полос, труб, тянутых и прессованных изделий в отожженном и нагартованном состоянии.

Простые латуни состоят из меди и цинка. Марки простых латуней: Л96, Л90, Л85, Л80, Л70, Л68, Л63, Л60. Латуни маркируются буквой Л – латунь, после которой стоят цифры, указывающие содержание в ней меди в процентах. Например, Л63 означает, что латунь состоит из 63% меди и 37% цинка.

Сложные латуни состоят из меди, цинка, алюминия, железа, марганца, никеля, олова, свинца и других химических элементов. По ГОСТ 15527-70 выпускаются следующие марки сложных латуней: ЛА77-2, ЛАЖ60-1-1, ЛАМш59-3-2, ЛАНКМц75-2-2,5- 0,5-0,5, ЛЖМц59-1-1, ЛЖС58-1-1, ЛН65-5, ЛЖц58-2, ЛМцА57-1-1, ЛО90-1, ЛО70-1, ЛО62-1, ЛО60-1, ЛС63-3, ЛС74-3, ЛС74-3, ЛС64-3, ЛС60-1, ЛС59-1, ЛС59-3, ЛС74-3, ЛМш68-0,05.

Сложные латуни маркируются буквой Л – латунь, после которой следуют буквы, обозначающие легирующие элементы: А – алюминий, Ж – железо, Мц – марганец, К – кремний, С – свинец, О – олово, Мш – мышьяк, Н – никель. Первые цифры, стоящие за буквами, обозначают массовую долю меди в процентах, последующие цифры – массовую долю компонентов в процентах в той последовательности, в какой они приведены в буквенной части условного обозначения. Количество цинка определяется по разности. Например, латунь марки ЛС60-1 имеет следующее содержание компонентов: 60% меди, 1% свинца, 39% цинка. 65

Приведенные марки сложных латуней обрабатываются давлением. Кроме того, выпускается большая группа литейных латуней в виде чушек (ГОСТ 1020-77) следующих марок: ЛС, ЛСД, ЛС1, ЛОС, ЛК, ЛК1, ЛК2, ЛКС, ЛМцС, ЛМцЖ, ЛЖ, ЛАЖМц.

Бронзы. Бронзами называются сплавы меди с оловом и другими химическими элементами. По способу переработки различают литейные и деформируемые бронзы, по химическому составу – оловянистые и безоловянистые. Оловянистые бронзы (ГОСТ 613-79) выпускаются в виде чушек следующих марок: БрО3Ц12С5, БрО3ЦТС5Н1, БрО4Ц4С17, БрО5Ц5С5, БрО5С25, БрО6Ц6С3, БрО8Ц4, БрО10Ф01, БрО10Ц2, БрО10С10, БрО4Ц7С5.

Безоловянистые бронзы (ГОСТ493-79) выпускаются в виде чушек для последующего литья следующих марок: БрА9Мц2Л, БрА10Мц2Л, БрА9ЖЗЛ, БрА10ЖЗМц2, БрА10Ж4Н4Л, БрА11Ж6Н6, БрА9Ж4Н4Мц1, БрС30, БрА71Мц15ЖЗН2Ц2, БрСуЗНЦЗС20Ф.

Маркируют бронзы буквами Бр – бронза, за которыми следуют буквы, обозначающие легирующие элементы, введенные в бронзу: А – алюминий, Ж – железо, Н – никель, С – свинец, Су – сурьма, Ц – цинк, Ф – фосфор, и далее цифры, показывающие содержание этих элементов в процентах. Количество меди определяется по разности 100% и суммарного содержания легирующих элементов в процентах.

Алюминий. По ГОСТ 11069-2001 в зависимости от химической чистоты выпускается первичный алюминий трех групп: особой чистоты (А999), высокой чистоты (А995, А99, А97, А95), технической чистоты (А85, А8, А7, А7Е, А6, А5, А5Е, АО). В маркировке первичного алюминия цифры соответствуют массовой доле чистого алюминия. Например, марка алюминия А999 означает, что массовая доля чистого алюминия составляет 99,999%, примесей не более 0,001%.

По ГОСТ 2685-75 литейные алюминиевые сплавы выпускаются следующих групп и марок:

- сплавы на основе системы алюминий – кремний – АЛ2, АЛ4, АЛ4-1, АЛ-9, АЛ9-1, АЛ-34, АК9, АК7;
- сплавы на основе системы алюминий – кремний – медь – АЛ3, АЛ5, АЛ5-1, АЛ6, АЛ32 и др.; 66
- сплавы на основе системы алюминий – медь – АЛ7, АЛ19, АЛ33;
- сплавы на основе системы алюминий – магний – АЛ8, АЛ13, АЛ22, АЛ23, АЛ23-1, АЛ27, АЛ27-1, АЛ28;
- сплавы на основе системы алюминий и прочие компоненты – АЛ1, АЛ11, АЛ21, АЛ24, АЛ25, АЛ30 и др.

Литейные алюминиевые сплавы идут на изготовление фасонных отливок, работающих при различных нагрузках: корпусов приборов, кронштейнов, блоков цилиндров, головок цилиндров, поршней и т.д.

Разновидностью деформируемых алюминиевых сплавов являются силумины, которые иногда также применяются в качестве литейных сплавов. Сплавы в чушках используются для подшихтовки при выплавке деформируемых сплавов, сплавы в слитках – для обработки давлением и в виде готовых изделий, полученных обработкой давлением в горячем и холодном состоянии: прутки, фасонные профили, трубы, листы, ленты, полосы, поковки, штамповки и проволока.

Деформируемые алюминиевые сплавы, неупрочняемые термической обработкой (ММ, М, ДМН, АМ4С, АМг1, АМг2, АМг3, АМг4, АМг4,5, АМгВС, АМг5, АМг6), - это группы сплавов системы алюминий – марганец и сплавы системы алюминий – магний, так называемые сплавы АМг.

Дюралюминий (Д1, Д16, В65, Д18, В95 и др.) – это наиболее распространенный представитель деформируемых алюминиевых сплавов, упрочняемых термической обработкой.

Алюминиевые сплавы для поковок и штамповок (АК4, АК4-1, АК5, АК6, АК8) обладают высокой прочностью, твердостью, а также пластичностью в горячем состоянии.

Магний. В зависимости от массовой доли примесей по ГОСТ 804-95 выпускается первичный магний следующих марок:

Мг96 (99,96% магния), Мг95 (99,95% магния), Мг90 (99,90% магния). В состав примесей входят такие химические элементы, как железо, алюминий, марганец, кремний, никель, медь.

По ГОСТ 2856-79 выпускаются следующие магниевые сплавы для производства фасонных отливок в виде чушек: МЛ3, МЛ4, МЛ4пч, МЛ5, МЛ5пч, МЛ6, МЛ8, МЛ9, МЛ10, МЛ11, МЛ12, МЛ15, МЛ19 (пч – повышенной чистоты).

Из этих сплавов получают фасонные отливки сложной 67 формы.

Литейные магниевые сплавы применяют для изготовления деталей в самолетостроении и приборостроении (арматура,

штурвалы, корпуса приборов и др.). К деформируемым магниевым сплавам относятся сплавы на основе алюминия, цинка, марганца, циркония с различной степенью легирования.

По ГОСТ 14957-76 выпускаются следующие марки магниевых деформируемых сплавов: МА1, МА2, МА5, МА8, МА11, МА13, МА14, ВМД1. Магниевые деформируемые сплавы идут на изготовление различных деталей в авиационной, автомобильной промышленности и станкостроении: масло- и бензобаки, арматура топливных, гидравлических и масляных систем, обшивка самолетов, детали грузоподъемных машин, автомобилей и др.

Титан. В зависимости от массовой доли примесей выпускают технический титан следующих марок: ВТ1-00, ВТ1-0, ВТ1 (ГОСТ 19807-74). Титановые литейные сплавы выпускают следующих марок: ВТ1, ВТ5Л, ВТ3-1Л, ВТ1Л, ВТ21Л. Титановые литейные сплавы идут на изготовление фасонных отливок различной формы и труб.

Задание на проведение работы

1. Прочитайте краткие теоретические сведения.
2. В соответствии с заданным вариантом (предложенным преподавателем) определите химический состав сплава.

3. Опишите область применения сплава и обоснуйте способы изготовления деталей из заданного сплава (литье, ковка и т.д.).
3. Определите возможность и методы повышения механических свойств заданного сплава.
- Вопросы для самоконтроля:
1. Какими свойствами должен обладать сплав вкладыша подшипника?
 2. Какими свойствами должны обладать сплавы для изготовления резьбовых деталей трубопроводов?
 3. Какие сплавы маркируются САП?
 4. Каков химический состав силуминов и их основные свойства?

Практическая работа №19,20 Маркировка цветных сплавов

Цель работы: – научиться классифицировать, расшифровывать и характеризовать область применения цветных сплавов;

– закрепить знания по условному обозначению и определению области применения в соответствии с маркировкой и химическим составом согласно ГОСТ.

Вы будете: уметь – классифицировать заданные цветные сплавы;

– определить состав цветных сплавов и дать характеристику возможному их применению.

Задание для выполнения работы:

1. Запишите условные обозначения легирующих элементов или их название в марках цветных металлов и сплавов (таблица 1)

Таблица 1

Наименование элемента	Обозначение	Наименование элемента	Обозначение
Алюминий			Н
Бериллий		Олово	
	Бо	Свинец	
Железо		Серебро	
	Кд		Су
	К		Т
Магний		Фосфор	
Марганец		Хром	
	М		Ц
Мышьяк		Редкоземельные	

1. Определите химический состав сплавов цветных металлов. Заполните таблицу 2

Таблица 2

Результаты работы по классификации и маркировке цветных сплавов

Марка материала	Наименование материала	Расшифровка материала

3. Расшифруйте марку **БрОЦС 4-4-4**

Номера вариантов ответов				
1-й	2-й	3-й	4-й	5-й
Бронза, 4% олова, 4% цинка, 4% свинца	Оловянистая бронза, 4% олова, 4% цинка, 4% свинца	Латунь, 4% олова, 4% цинка, 4% свинца	Бронза свинцовая, 4% олова, 4% цинка, 4% свинца	Бронза, 4% медь, 4% олова, 4% свинца

4. Определите химический состав:

простых латуней по маркам: Л63, Л85, Л90, Л96;

сложных латуней: ЛАЖ60-1-1Л, ЛА77-2, ЛО70-1, ЛМцЖ52-4-1, ЛА67-2,5.

2. Определите химический состав бронз по их маркам:

БрОЦСН3-7-5-1, БрАЖ9-4, БрАЖН10-4-4Л, БрАЖМц10-3-1, БрОС8-12, БрБН1-7, БрКМц3-1.

Контрольные вопросы

1. Какие металлы относятся к цветным металлам?
2. На какие пять групп подразделяются цветные металлы?
3. Как подразделяются сплавы на основе меди?
4. Какие сплавы называются латунями и как они маркируются?
5. Какие сплавы называются бронзами и как они маркируются?
6. Какие сплавы на основе алюминия относятся к литейным и деформируемым сплавам и как они маркируются?
7. Что такое титан? Как маркируются титановые сплавы?