

Министерство образования и науки Челябинской области
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
«Южно-Уральский государственный технический колледж»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
по учебной дисциплине «Материаловедение»**

для студентов специальности
22.02.03 Литейное производство черных и цветных металлов
(базовая подготовка)

Челябинск, 2021

Методические рекомендации
составлены в соответствии с
программой учебной
дисциплины
«Материаловедение»

ОДОБРЕНО
Предметной (цикловой)
комиссией
протокол №
«__» _____ 2021 г.

Председатель ПЦК
Алябьева О.Е.

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора по НМР
_____ Т.Ю. Крашакова
«__» _____ 2021 г.

Автор: Мороз Ю.А., преподаватель Южно-Уральского государственного
технического колледжа.

АКТ СОГЛАСОВАНИЯ

на методические рекомендации по выполнению практических работ по учебной дисциплине
«Материаловедение» для специальности 22.02.03 Литейное производство черных и цветных
металлов,

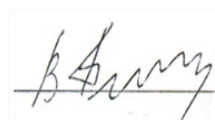
актуализированной преподавателем Южно-Уральского государственного
технического колледжа Мороз Ю.А.

Методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических работ составлены в соответствии с программой учебной дисциплины «Материаловедение».

Методические рекомендации к лабораторным и практическим работам имеют единую структуру: цели, общие положения, ход работы, форму отчета по работе, справочные данные, литературу. Тематика работ разнообразна. Темы работ определены, исходя из логики изучения дисциплины «Материаловедение» и направлены на углубление теоретических знаний и формирование умений проводить эксперименты на лабораторных работах с использованием лабораторного оборудования.

Методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических работ по дисциплине «Материаловедение» соответствуют программе учебной дисциплины и могут использоваться в образовательном процессе.

Ведущий специалист кузнечно-литейного дивизиона
«ООО ЧТЗ УРАЛТРАК»



В.Н.Федоров

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические рекомендации по выполнению лабораторных и практических работ по учебной дисциплине «Материаловедение» предназначены для обучающихся по специальности 22.02.03 Литейное производство черных и цветных металлов (базовая подготовка). Лабораторные и практические занятия являются важным элементом учебной дисциплины. В процессе выполнения лабораторных и практических работ обучающиеся систематизируют и закрепляют полученные теоретические знания, развивают интеллектуальные и профессиональные умения, формируют элементы компетенций будущих специалистов.

Для закрепления теоретических знаний и приобретения необходимых практических умений программой учебной дисциплины «Материаловедение» предусматриваются 9 лабораторных и 4 практические работы, направленные на формирование *элементов следующих компетенций*:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

ПК 1.1. Выбирать исходные материалы для производства отливок.

ПК 1.2. Анализировать свойства и структуры металлов и сплавов для изготовления отливок.

Студент в процессе работы должен **уметь**:

- распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;
- определять виды конструкционных материалов;
- выбирать материалы для конструкций по их назначению и условиям эксплуатации;
- проводить исследования и испытания материалов.

Студент в процессе работы должен **знать** (актуализация):

- закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, основы их термообработки, способы защиты металлов от коррозии;
- классификацию и способы получения композиционных материалов;
- принципы выбора конструкционных материалов для применения в производстве;
- строение и свойства металлов, методы их исследования;
- классификацию материалов, металлов и сплавов, их области применения.

Описание каждой лабораторной и практической работы содержит номер, название и цель работы, формируемые в процессе выполнения работы знания, умения и теоретическое изложение необходимого, варианты заданий, описание алгоритма выполнения, контрольные вопросы.

Для получения дополнительной, более подробной информации по основным вопросам учебной дисциплины в конце методических рекомендаций приведен перечень информационных источников.

Отчеты студентов по лабораторным и практическим работам должны содержать номер, название и цель работы, выполненные задания и их результаты, выводы по проделанной работе, ответы на контрольные вопросы.

Оценка отлично – ставится за правильно выполненную работу с верными ответами на вопросы.

Оценка хорошо – ставится за выполненную работу с небольшими недочетами, исправленными самим студентом, с верными ответами на вопросы.

Оценка удовлетворительно – ставится за работу с небольшими неточностями, которые сам студент не мог исправить и не смог ответить на большинство вопросов.

Оценка неудовлетворительно ставится в случае отсутствия отчета по работе.

Титульный лист и структура работы должны быть оформлены в соответствии с приложениями Б, В, Г.

ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

№ темы	Наименование работы	Объем (часа)
Тема 1.1	Лабораторная работа 1. Определение твёрдости металлов по Бринеллю и Роквеллу	2
Тема 1.1	Лабораторная работа 2. Определение ударной вязкости стали	2
Тема 1.1	Лабораторная работа 3. Исследование работы металлографического микроскопа	2
Тема 1.3	Лабораторная работа 4. Исследование микроструктуры железоуглеродистых сплавов	2
Тема 1.3	Практическая работа 1. Построение диаграмм железоуглеродистых сплавов	4
Тема 1.4	Лабораторная работа 5. Проведение закалки и отпуска стальных образцов с испытанием твердости	2
Тема 1.4	Лабораторная работа 6. Исследование микроструктуры сталей после термической и химико-термической обработки	4
Тема 1.5	Практическая работа 2. Выбор режима закалки стальной детали	2
Тема 1.5	Практическая работа 3. Выбор режима отпуска закаленной детали в зависимости от требуемой твердости	2
Тема 2.2	Лабораторная работа 7. Исследование микроструктуры чугунов	2
Тема 2.2	Практическая работа 4. Выбор режима термообработки чугунной отливки	2
Тема 2.5	Лабораторная работа 8. Исследование микроструктуры цветных металлов и сплавов	2
Тема 2.7	Лабораторная работа 9. Исследование микроструктуры и свойств легированных сталей	2

Лабораторная работа №1

Тема: Определение твёрдости металлов по Бринеллю и Роквеллу

Цель: формирование умений определять твердость материалов с помощью лабораторного оборудования по Роквеллу и Бринеллю

Оборудование: твердомеры Роквелла, лупа Бринелля, переводные таблицы, образцы сталей

знания (актуализация):

- методы измерения твердости;

умения:

- пользоваться лабораторным оборудованием;
- использовать методы Роквелла и Бринелля при испытании металла на твердость на лабораторном оборудовании;
- пользоваться нормативной и справочной документацией;

Теоретический материал

Твёрдость – способность материала сопротивляться проникновению в него другого, более твёрдого тела.

Способ Бринелля основан на том, что в плоскую поверхность металла (образца) вдавливают стальной закалённый шарик 10 мм; 5 мм; 2 мм под постоянной нагрузкой соответственно 3000кГ; 1000кГ и 750 кГ. В результате получается отпечаток в виде лунки, чем больше отпечаток, тем мягче материал. Измерил диаметр отпечатка с помощью оптической лупы, по таблице находят соответствующие значения твёрдости НВ.

Преимущества способа Бринелля заключается в простоте испытания и точности получаемых результатов. Способом Бринелля не рекомендуется измерять твёрдость материалов с НВ > 450, например закалённой стали, т.к. при измерении шарик деформируется и показания искажаются. Нельзя также испытывать тонкие материалы, т.к. при испытании шарик продавливает образец.

Способ Роквелла применяют при испытании твёрдых материалов. В образец вдавливают алмазный конус при вершине 120° или стальной закалённый шарик диаметром 1,59 мм. Твёрдость по Роквеллу измеряется в условных единицах. Значение твёрдости определяют по глубине отпечатка и отсчитывают по шкале индикатора, установленного на приборе. Испытание с помощью алмазного конуса применяют для твёрдых материалов при нагрузке $P = 150 \text{ кГ}$ (1500 Н) или 60 кГ (600 Н) и отсчитывают по чёрной шкале («С» или «А»).

Обозначение твёрдости: HRC – $P = 150 \text{ кГ}$; HRA – $P = 60 \text{ кГ}$.

Нагрузку $P = 60 \text{ кГ}$ применяют при испытании очень твёрдых или тонких изделий. Если при испытании берётся стальной шарик и общая нагрузка $P = 100 \text{ кГ}$ (1000 Н), то твёрдость отчитывается по шкале «В» и обозначается HRB.

Задание: Определить твердость металла по методу Роквелла и Бринелля.

Ход работы

Определение твердости по методу Роквелла

1. Перед выполнением работы внимательно ознакомьтесь с инструкцией по технике безопасности при работе с прибором Роквелла и Бринелля.
2. Установите образец на столик прибора таким образом, чтобы алмазный конус был направлен в центральную часть образца, а образец был параллелен поверхности столика.

3. Вращением маховика поднимите столик до соприкосновения алмазного конуса с образцом (маленькая стрелка на индикаторе должна встать против красной точки; этим устанавливается предварительная нагрузка $P = 10 \text{ кГ} = 100 \text{ Н}$).
4. Поворотом диска установите большую стрелку на «0» чёрной шкалы «С»;
5. Включите прибор и проведите измерение.
6. Повторите измерения подобным образом 3 раза в разных точках образца.
7. Данные измерений занесите в таблицу 1.
8. На образце с отпечатками замерьте с помощью оптической лупы диаметр 3-х отпечатков, для чего совместите один край отпечатка с «0» шкалы лупы; другой край покажет диаметр отпечатка;
9. Пользуясь переводными таблицами, переведите значения твёрдости по Роквеллу HRC в числа твёрдости HB и занести в таблицу.

Таблица 1- Показатели измерений

№ измерения	Твёрдость		
	по Бринеллю	по Роквеллу	по HB (перевод)
	Диаметр отпечатка, мм	HRC	
1			
2			
3			
4			
5			
6			

10. Сделайте вывод.

11. Ответьте на контрольные вопросы:

1) В чём преимущество и недостатки метода Бринелля?

2) Почему образец должен устанавливаться параллельно поверхности столика?

3) Каким способом измеряют твёрдость закалённой стальной пластины толщиной 15 мм? 3 мм? Почему?

4) При замере твёрдости на приборе Бринелля на одном образце получился диаметр отпечатка 3,3 мм, на другом – 4,2 мм. Какой образец мягче? Почему?

12. Сдайте отчет преподавателю.

Лабораторная работа №2

Тема: Определение ударной вязкости стали

Цель работы: формирование умений определять ударную вязкость металлов и осуществлять испытания на ударную вязкость металлов

Оборудование: маятниковый копер, образцы для испытания на ударную вязкость, штангенциркуль.

знания (актуализация):

- метод определения ударной вязкости;

умения:

- пользоваться лабораторным оборудованием;

- использовать метод определения ударной вязкости при испытании металла на ударную вязкость на лабораторном оборудовании;

- осуществлять расчет ударной вязкости.

Теоретический материал

Материалы, применяемые для изготовления деталей, работающих в условиях ударных нагрузок, подвергаются испытанию на ударную вязкость.

При испытании образец устанавливается в опорах маятникового копра надрезом в сторону, противоположную удару маятника. Маятник поднимают, при этом он приобретает запас потенциальной энергии. Падая маятник ударяет по образцу и разрушает его, на это расходуется часть энергии, оставшаяся часть энергии поднимает маятник на некоторую высоту. Работу, поглощаемую при разрушении образца, называют ударной вязкостью.

$$K_C = \frac{K}{S_0},$$

Ударная вязкость K_C вычисляется по формуле:

где K – работа удара, затраченная на излом образца, Дж ($\text{кг} \cdot \text{м}$);

S_0 – площадь поперечного сечения образца в месте надреза, м^2 (см^2).

Для испытания применяют стандартный образец

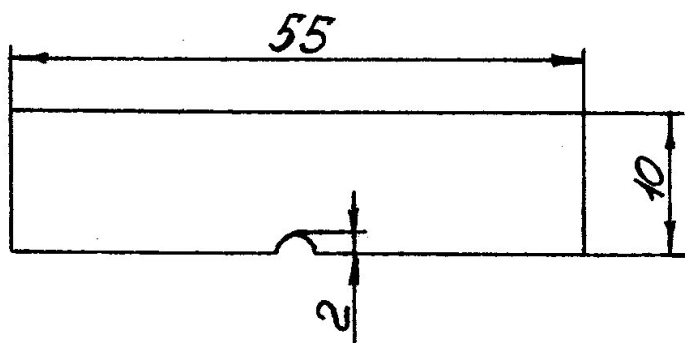


Рисунок 1 – Эскиз образца для разрушения

Задание: Определить ударную вязкость металла.

Ход работы

1. Перед выполнением работы внимательно ознакомьтесь с инструкцией по технике безопасности при работе с маятниковым копром.
2. Запишите наименование материала образца в графу 2 таблицы 3.
3. Измерьте линейные размеры образца в месте надреза и занести в графу 3 таблицы 2.

Таблица 2 - Показатели измерений

№п/п	Материал образца	Размеры поперечного сечения образца, см	Площадь поперечного сечения образца, см^2	Полная потенциальная энергия, запасённая маятником, $\text{кг} \cdot \text{м}$	Вредная работа, совершаемая маятником на разрушение образца, $\text{кг} \cdot \text{м}$	Полезная работа, совершаемая маятником на разрушение образца, $\text{кг} \cdot \text{м}$	Ударная вязкость K_C , $\text{кг} \cdot \text{м}/\text{см}^2$
1	2	3	4	5	6	7	8
1							

3. Рассчитайте площадь поперечного сечения образца и заполните графу 4 таблицы 2.
4. Нажмите на тормозную педаль и поднимите маятник до заданного положения, закрепите защёлкой; зафиксируйте полную энергию, запасённую маятником по шкале, и заполните графу 5 таблицы 2.
4. Поместите образец на опоры надрезом в сторону, противоположную удару.
5. Опустите защёлку и произведите удар по образцу.
6. Зафиксируйте вредную работу, совершаемую маятником, по шкале и заполните графу 6 таблицы 2.
7. На обратном движении маятника опустите тормозную педаль, чтобы остановить качение маятника, зафиксируйте полезную работу и заполните графу 7 таблицы 2.
8. Рассчитайте значение ударной вязкости КСУ и заполните графу 8 таблицы 2.
9. Сделайте вывод.
10. Ответьте на контрольные вопросы:
 - 1) Почему при испытаниях применяют стандартный образец?
 - 2) Какие правила техники безопасности необходимо соблюдать при испытаниях?
 - 3) Зачем на стандартном образце делают надрез?
11. Сдайте отчет преподавателю.

Лабораторная работа №3

Тема: Исследование устройства и принципа работы металлографического микроскопа

Цель: формирование умений осуществлять настройку и применять металлографический микроскоп для исследования микроструктуры сталей.

Оборудование: металлографический микроскоп «МИМ-7», набор микрошлифов

знания (актуализация):

- устройства металлографического микроскопа «МИМ-7»;

умения:

- пользоваться металлографическим микроскопом «МИМ-7».

Теоретический материал

Общий вид микроскопа МИМ-7 показан на рисунке 1. На основании установлен осветитель 15 и корпус 2, на котором смонтированы все узлы микроскопа.

Осветитель имеет фонарь 14, состоящий из лампы накаливания, закрытой кожухом. При настройке освещения винтами 27 осветитель можно перемещать в горизонтальном направлении фиксируя его положение зажимным винтом 16. Лампа включается в сеть переменного тока через трансформатор с переключателем для регулировки накала лампы.

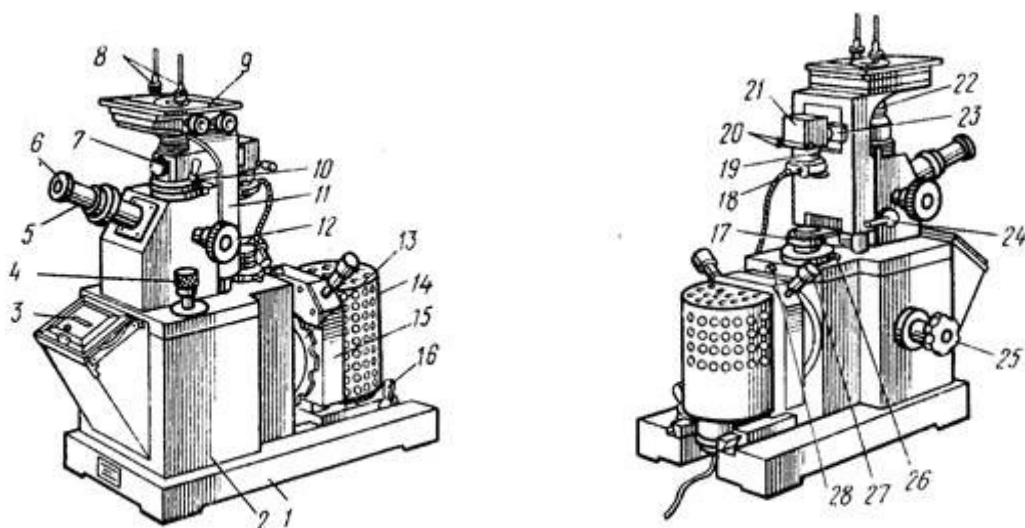


Рисунок 1 - Микроскоп МИМ-7.

К нижней части корпуса перед осветителем прикреплен диск 13 с набором светофильтров. С противоположной стороны корпуса находится устройство для фотографирования объекта с рамкой 3. В рамке закрепляется матовое стекло для наводки на резкость или кассета с пластинкой 9x12 см. Длительность выдержки обеспечивает фотозатвор 18. Слева от наблюдателя в нижней части корпуса имеется рукоятка 25 переключения фотоокуляров. На горизонтальной плоскости нижней части корпуса укреплен узел апертурной диафрагмы 17, в отверстие которой устанавливается кольцо с накаткой, винт 28 для фиксирования положения апертурной диафрагмы при ее повороте и винт 26 для смещения диафрагмы при установке косого освещения.

К передней верхней части корпуса прикреплен раздвижной тубус 5, для визуального изучения объекта; в отверстие тубуса вставляется окуляр 6. При визуальном наблюдении объекта тубус должен быть выдвинут до упора, а при фотографировании вдвинут до предела. На горизонтальной плоскости верхней части корпуса имеется вертикальный иллюминатор 7, на верхнее отверстие которого устанавливается объектив 22. На патрубке иллюминатора установлена рамка с линзами 23 для создания светлого и темного полей и рукоятка 10 для включения диафрагмы при работе в темном поле. В нижней части кожуха 21 имеются центровочные винты 20 полевой диафрагмы. Отверстие диафрагмы устанавливают поводком 19.

К верхней части корпуса прикреплен подвижный кронштейн 11 с предметным столиком 9, в отверстие которого вставляются сменные подкладки для изучения объектов различной величины. В предметный столик ввинчиваются держатели 8 шлифа. Для вертикального перемещения предметного столика (при смене объектива и для грубой наводки на резкость) служит макрометрический винт 12. Положение столика в вертикальной плоскости фиксируется зажимным винтом 24. Для тонкой наводки на резкость служит микрометрический винт 4, при вращении которого объектив перемещается в вертикальном направлении.

Задание: описать устройство, принцип действия и порядок работы на микроскопе МИМ-7М

Ход работы

1. Перед выполнением работы внимательно ознакомьтесь с инструкцией по технике безопасности при работе с металлографическим микроскопом МИМ-7М.

2. Определите увеличение микроскопа как произведение увеличения объектива, на увеличение даваемое окуляром.
3. В отверстие тубуса вставьте окуляр.
4. Вращением микрометрического винта поднимите предметный столик и вставьте объектив в посадочное отверстие.
5. Вращением микровинта опустите предметный столик.
6. Установите на предметный столик микрошлиф стали и наведите отверстие в предметном столике на шлиф.
7. Наблюдая в окуляр, вращением макровинта произведите грубую наводку на фокус.
8. Винтом закрепите предметный столик в установленном положении.
9. Наблюдая в окуляр, вращением микровинта произведите точную настройку на фокус.
10. Наблюдая в окуляр, передвигайте предметный столик с помощью винтов и просматривайте структуру стали в разных местах шлифа.
12. По результатам работы сделайте вывод.
13. Ответьте на контрольные вопросы:
 - 1) Для чего предназначен металлографический микроскоп?
 - 2) Как определить увеличение микроскопа?
 - 3) Для чего поверхность микрошлифа подвергают травлению?
13. Сдайте отчет преподавателю.

Лабораторная работа №4

Тема: Исследование микроструктуры железоуглеродистых сплавов в равновесном состоянии

Цель работы: Формирование умений исследовать микроструктуру железоуглеродистых сплавов в равновесном состоянии с помощью металлографического микроскопа

Оборудование: металлографический микроскоп «МИМ-7М», набор микрошлифов углеродистых сталей с различным содержанием углерода.

Теоретический материал

Диаграмма состояния сплавов железа с цементитом показывает превращения, происходящие при различных температурах в железоуглеродистых сплавах.

Железоуглеродистые сплавы с концентрацией углерода до 2,14% называются сталями, а с концентрацией свыше 2,14% - чугунами.

Из диаграммы (рисунок 1) видно, что структура стали в равновесном состоянии определяется содержанием углерода.

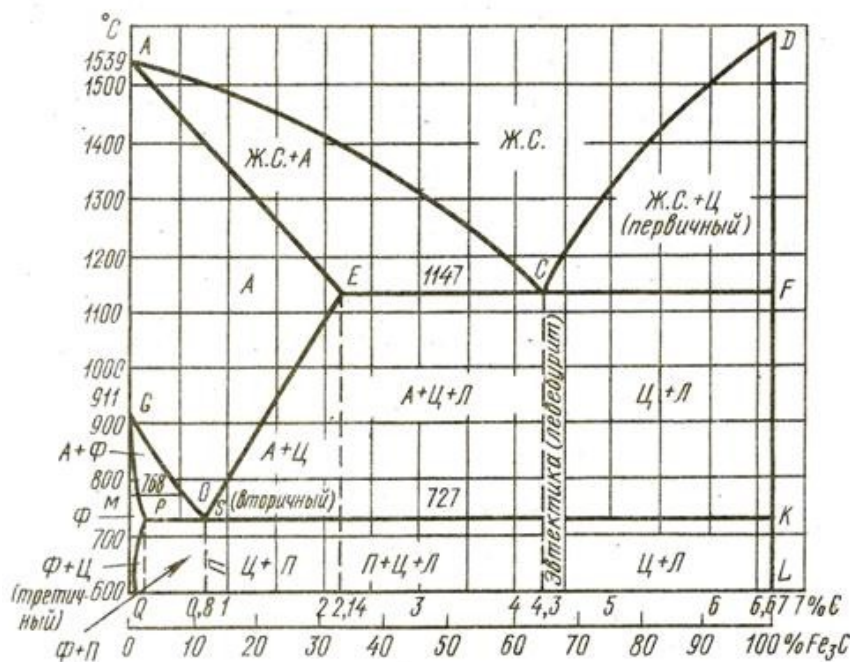


Диаграмма состояния железо - цементит
А- аустенит, П - перлит, Л - ледебуриг, Ф - феррит, Ц - цементит

Рисунок 1 – Диаграмма состояния Fe-Fe₃C

Все стали с содержанием углерода до 0,8% состоят из феррита (светлый фон) и перлита (тёмный фон) и называются доэвтектоидными.

Феррит имеет зернистое строение, обладает магнитными свойствами и является самой пластичной и мягкой составляющей железоуглеродистых сплавов. Твёрдость HB = 80.

Перлит представляет собой эвтектоидную смесь, состоящую из мелких пластинок или зёрен цементита, расположенных в ферритной основе.

В доэвтектоидных сталях количество перлита увеличивается, а феррита – уменьшается пропорционально возрастанию содержания углерода. Зная процентное содержание углерода, можно определить марку стали.

Сталь с содержанием углерода 0,8% называется эвтектоидной. Её структура – перлит. Стали с содержанием углерода от 0,8 до 2,14% - заэвтектоидные, их структура – перлит и цементит вторичный.

Чугуны, кристаллизующиеся по диаграмме железо-цементит, называются белыми. В них весь углерод находится в связанном состоянии в виде цементита. Белые чугуны подразделяются на доэвтектические, эвтектические и заэвтектические.

Эвтектический белый чугун содержит 4,3% углерода, его структура – ледебуриг. Доэвтектические белые чугуны содержат углерода от 2,14 до 4,3%, их структура – перлит, вторичный цементит и ледебуриг. Заэвтектические белые чугуны содержат более 4,3% углерода, их структура – первичный цементит в виде крупных игл и ледебуриг.

Задание: Исследовать микроструктуру железоуглеродистых сплавов в равновесном состоянии

Ход работы

1. Перед выполнением работы внимательно ознакомьтесь с инструкцией по технике безопасности при работе с металлографическим микроскопом МИМ-7М.

2. Установите на предметный столик микрошлиф стали 80 так, чтобы плоскость шлифа была расположена перпендикулярно к оптической оси объекта.
3. Посмотрите микроструктуру шлифа стали 80.
4. Заполните таблицу 3:
 - 4.1 В графе №3 – напишите химический состав стали, исходя из его маркировки.
 - 4.2 В графе № 4 – зарисуйте микроструктуру стали 80.
 - 4.3 В графе №5 – напишите структурные составляющие стали 80.
5. Повторите выше описанные операции с микрошлифом стали 60 и У12А (п. 2-4).

Таблица 3 - Результаты исследования

№п/п	Наименование и марка сплава	Содержание углерода	Микроструктура	
			зарисовка	структурные составляющие
1	2	3	4	5
1	Сталь 80			
2	Сталь У12А			
3	Сталь 60			

6. По результатам работы сделайте вывод.
7. Ответьте на контрольные вопросы:
 - 1) Чем отличается структура стали 80 от стали У12А?
 - 2) Чем отличается структура стали 80 от стали 60?
 - 3) Как влияет процентное содержание углерода на твердость и прочность железоуглеродистых сплавов?
8. Сдайте отчет преподавателю.

Лабораторная работа №5

Тема: Проведение закалки и отпуска стальных образцов с испытанием твёрдости

Цель работы: формирование умений осуществлять термообработку и проводить испытания металла на твердость.

Оборудование: муфельная электрическая печь, закалочный бак с водой, твердомер Роквелла, клещи, образцы стали 45, марочник сталей.

знания (актуализация):

- свойства металлов;
- температурные режимы закаливания металлов.

умения:

- пользоваться лабораторным оборудованием;
- осуществлять термообработку металла для увеличения показателей твердости;
- проводить эксперимент;
- измерять твердость.

Теоретический материал

Закалкой называют процесс термической обработки – нагрев стали выше термической температуры, выдержка и последующее быстрое охлаждение с целью получения неравновесной структуры. В результате закалки повышается прочность и твёрдость и

понижается пластичность стали. Основные параметры при закалке: температура нагрева, выдержка и скорость охлаждения.

При закалке доэвтектоидные стали нагреваются до температуры на $30 \div 50$ градусов выше точки A_{c3} .

При закалке заэвтектоидные стали нагреваются до температуры на $30 \div 50$ градусов выше точки A_{c4} .

В зависимости от размеров деталей и теплопроводности стали выбирают время нагрева. Время выдержки при температуре закалки выбирают таким, чтобы полностью завершились фазовые превращения. Практически время нагрева в электропечах принято $1,5 \div 2$ мин на 1 мм сечения.

Скорость охлаждения стали, нагретой до температуры закалки, оказывает решающее влияние на результат закалки. Наиболее распространённые закалочные среды: вода, водные растворы солей и щелочей, масло, воздух, расплавленные соли.

Вода охлаждает гораздо быстрее, чем масло: в 6 раз быстрее при температуре $550 - 650\text{ }^{\circ}\text{C}$ и в 28 раз быстрее при $200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Поэтому воду применяют для охлаждения сталей с большой критической скоростью закалки (углеродистых сталей), а в масле охлаждают стали с малой критической скоростью закалки (легированные стали). Основным недостатком воды как охладителя – высокая скорость охлаждения при пониженных температурах в области образования мартенсита, что приводит к возникновению больших структурных напряжений и создаёт опасность возникновения трещин. Добавление к воде солей, щелочей увеличивает её закаливающую способность.

Масло охлаждает значительно медленнее, чем вода, но преимущество масла как охладителя заключается также в том, что оно обладает наибольшей скоростью охлаждения в области температур мартенситного превращения, поэтому при охлаждении в масле опасность образования трещин резко уменьшается. Недостатки масла – это легкая воспламеняемость, пригорание к поверхности деталей.

Основные способы закалки:

- закалка в одной среде;
- закалка в двух средах (через воду в масло);
- ступенчатая закалка;
- изотермическая закалка.

Отпуском называют процесс термической обработки – нагрев закалённой стали до температуры не выше точки A_{c1} .

Отпуск проводят для снижения или полного устранения внутренних напряжений, уменьшения хрупкости закалённой стали и получения требуемой структуры и механических свойств. В зависимости от температуры отпуск делят на низкий, средний и высокий.

Низкий отпуск – нагрев стали до температуры не более $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ и охлаждение для получения структуры мартенсита отпуска и частичного снятия внутренних напряжений.

Средний отпуск – нагрев стали от $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ и охлаждение для получения структуры троостита отпуска.

Высокий отпуск – нагрев стали от $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ и охлаждение для получения структуры сорбита отпуска. Закалку с высоким отпуском называют улучшением.

Задание: Провести закалку и отпуск стальных образцов с испытанием твердости методом Роквелла.

Ход работы

1. Перед выполнением работы внимательно ознакомьтесь с инструкцией по технике безопасности при работе с муфельной электропечью и твердомером Роквелла.

2. Определите температуру закалки стали 45 по диаграмме «железо-цементит», сравните её со справочными данными по марочнику.
3. Замерьте твёрдость образцов до закалки (в нормализованном состоянии) методом Роквелла и занести результаты в таблицу 5.

Таблица 5 - Показатели измерений

№п/п	Марка стали	Твёрдость до закалки, HRC ₃	Закалка			Твёрдость после закалки, HRC ₃	Отпуск			Твёрдость после отпуски, HRC ₃
			Температура, °C	Время нагрева и выдержки, мин	Охлаждающая среда		Температура, °C	Время нагрева и выдержки, мин	Охлаждающая среда	

4. Определите время выдержки в печи, исходя из размеров детали.
5. Определите температуру нагрева в печи, исходя из процентного содержания углерода.
6. Загрузите образцы в печь, нагретую до заданной температуры, и выдержите установленное время.
7. Закалите образцы в воде, не допуская образования «паровой рубашки»:
 - перемещайте образцы клещами в воде «восьмёркой»;
 - образец возьмите клещами за «бочку», а не за торцы.
6. После остывания образцов замерьте твёрдость и занесите результаты в таблицу 5.
7. Произведите отпуск образцов при температуре равной 600 °C в течение 30 минут с охлаждением на воздухе (для экономии времени охлаждение можно провести в воде).
8. Замерьте твёрдость и занесите результаты в таблицу 5.
9. По результатам работы сделайте вывод.
10. Ответьте на контрольные вопросы:
 - 1) Как выбрать температуру закалки доэвтектоидной и заэвтектоидной стали?
 - 2) Почему при закалке детали (образцы) необходимо прокачивать?
 - 3) Почему твёрдость образцов из стали 45 после закалки в масле меньше, чем при закалки в воде?
 - 4) Какой способ закалки используется в лабораторной работе?
 - 5) Что такое улучшение?
11. Сдайте отчет преподавателю.

Лабораторная работа № 6

Тема: Исследование микроструктуры сталей после термической и химико-термической обработки

Цель: формирование умений определять микроструктуру сталей после термической и химико-термической обработки с помощью лабораторного оборудования

Оборудование: металлографический микроскоп «МИМ-7», набор микрошлифов сталей 45, У10 и 20, плакат «Диаграмма железо-цементит».

знания (актуализация):

- микроструктура сталей после термической и химико-термической обработки;

умения:

- пользоваться лабораторным оборудованием;

- различать структуры различных сталей после термической и химико-термической обработки.

Теоретический материал

Целью термической обработки стали является изменение свойств путём изменения её фазового состава и структуры. Равновесная структура стали, соответствующая диаграмме состояния «железо-цементит», формируется в результате отжига. В результате полного отжига доэвтектоидная сталь приобретает равновесную структуру перлита и феррита с высокой пластичностью и вязкостью. После нормализации доэвтектоидная сталь имеет такую же структуру, что и после полного отжига, но перлит становится более дисперсным, при этом незначительно увеличиваются твёрдость и прочность.

После закалки углеродистые стали получают следующую структуру:

- доэвтектоидные стали – мартенсит (полная закалка);
- заэвтектоидные – мартенсит и карбиды (неполная закалка).

Применение неполной закалки для заэвтектоидных сталей позволяет получить высокую твёрдость за счёт наличия в структуре карбидов (цементита Fe_3C).

Мартенситная структура обладает высоким уровнем остаточных напряжений, высокой твёрдостью, прочностью, хрупкостью. Поэтому для снижения остаточных напряжений и получения более равновесных структур распада мартенсита закалённую сталь подвергают отпуску. При низком отпуске частично снимаются напряжения и получается структура мартенсит отпуска, при среднем отпуске – троостит отпуска, при высоком – сорбит отпуска. Образующиеся при отпуске феррито-цементитные смеси – троостит отпуска и сорбит отпуска – имеют зернистое строение в связи с округлой формой частиц карбидной фазы в отличие от имеющих пластинчатое строение троостита и сорбита, образуемых в результате диффузионного превращения переохлаждённого аустенита.

После цементации поверхность низкоуглеродистой стали насыщается углеродом с образованием цементита – карбидов железа. Карбиды располагаются по границам зёрен перлита и могут образовывать цементитную сетку. Цементированный слой состоит (условно) из трёх зон:

- заэвтектоидной – расположенной у поверхности и имеющей структуру заэвтектоидной стали (перлит и цементит) с содержанием углерода 0,8 – 1,0%;
- эвтектоидной – имеющей структуру эвтектоидной стали – перлит с содержанием углерода 0,8%;
- доэвтектоидной – имеющей структуру доэвтектоидной стали – перлит и феррит, содержание углерода 0,8%.

После цементации деталь обязательно подвергают закалке и низкому отпуску, при этом получается структура мартенсит отпуска – в цементированном слое, а в сердцевине детали – малоуглеродистый мартенсит. В результате закалки твёрдость и износостойкость поверхности детали становятся высокой, а твёрдость сердцевины детали повышается незначительно из-за низкого содержания углерода. В связи с наивысшим содержанием углерода самая высокая твёрдость наблюдается на поверхности детали.

Задание: Определить структуру металла после термической и химико-термической обработки.

Ход работы

1. Перед выполнением работы внимательно ознакомьтесь с инструкцией по технике безопасности при работе с металлографическим микроскопом.
2. Установите на предметный столик микрошлиф стали 45 так, чтобы плоскость шлифа была расположена перпендикулярно к оптической оси объекта.
3. Посмотрите микроструктуру шлифа стали 45 на микроскопе.

4. Заполните таблицу 6:

4.1 В колонке №3 – напишите вид термообработки, исходя из микроструктуры стали 45, увиденной в микроскоп.

4.2 В колонке № 4 – зарисуйте микроструктуру стали 45.

4.3 В колонке №5 – напишите структурные составляющие стали 45.

5. Повторите выше описанные операции с микрошлифом стали 20 и У10 (п. 2-4).

Таблица 6 - Микроструктура сталей

№п/п	Наименование и марка сплава	Вид термообработки	Микроструктура	
			Зарисовка	Структурные составляющие
1	2	3	4	5
1	Сталь 45			
2	Сталь У10			
3	Сталь 20			

6. По результатам работы сделайте вывод.

7. Ответьте на контрольные вопросы:

1) Почему после закалки повышается твёрдость?

2) Зачем после закалки делают отпуск?

3) Почему после цементации, закалки и низкого отпуска поверхность детали становится очень твёрдой, а твёрдость сердцевины возрастает незначительно?

8. Сдайте отчет преподавателю.

Лабораторная работа № 7

Тема: Исследование микроструктуры чугунов

Цель работы: формирование умений исследовать структуру различных чугунов с помощью лабораторного оборудования.

Оборудование: металлографический микроскоп «МИМ-7М», набор микрошлифов различных чугунов, плакат «Диаграмма состояния сплавов железа - цементит».

знания (актуализация):

- виды чугунов;
- структуры и механические свойства чугунов различных марок.

умения:

- различать структуры чугунов с помощью микроскопа.

Теоретический материал

В зависимости от характера структуры различают белый, половинчатый, серый, ковкий и высокопрочный чугун. В белом чугуне весь углерод находится в связанном состоянии, т.е. в виде цементита Fe_3C . Такой чугун имеет белый излом, очень твёрдый, хрупкий, поэтому не применяется для изготовления деталей машин, а используется для отливки деталей с последующим отжигом на ковкий чугун. Кристаллизуется по диаграмме «Fe-Fe₃C». Белый чугун в зависимости от содержания углерода бывает доэвтекктическим (от 2,14 до 4,3% углерода), эвтекктическим (4,3% углерода) и заэвтекктическим (от 4,3 до 6,67% углерода). В структуре белого чугуна присутствуют перлит, ледебурит и цементит первичный.

Половинчатый чугун содержит углерод в связанном состоянии (цементит) и в свободном (графит). Структура – перлит, ледебурит и пластинчатый графит.

Механические свойства чугуна определяются свойств его металлической основы, а также количеством, размером и характером распределения в ней графитовых включений. В состав серых чугунов входят следующие элементы: 2,9 – 3,6% углерода, 0,3 – 1,4% марганца, 1,5 – 3,5% кремния, до 0,12% серы, до 0,5% фосфора. Содержание кремния и марганца меняются в зависимости от марки и назначения чугуна. Структура металлической основы и характер расположения в ней графитовых включений зависят от состава, условий отливки и последующей термической обработке чугуна. Так, повышенное содержание марганца препятствует, а повышенное содержание кремния способствует выделению графита. Медленное охлаждение чугуна способствует, а ускорение препятствует выделению графита. Введение небольших количеств магния, кремния, силикокальция в чугун перед разливкой (модифицирование чугуна) способствует выделению графита в глобулярной или мелкопластинчатой форме.

Количество, размер и форма графитовых включений выявляется на нетравленных шлифах при увеличении в 100 раз. При травлении чугуна выявляется его металлическая основа.

Микроструктура серого чугуна состоит из включений пластинчатого графита и перлитной, феррито-перлитной или ферритной металлической основы, а также фосфидной эвтектике (при повышенном содержании фосфора в чугуне). Серые чугуны имеют хорошие литейные свойства, хорошо обрабатываются резанием, износостойкие, имеют высокие демпфирующие способности (свойство гасить вибрацию). Из них изготавливают станины различного оборудования, коленчатые и распределительные валы тракторных и автомобильных двигателей и другие детали.

Ковкий чугун состоит из графита хлопьевидной формы и перлитной, перлитно-ферритной или ферритной металлической основы. Ковкий чугун более пластичен по сравнению с серым, но его никогда не коуют. Отливки из ковкого чугуна получают из отливок белого чугуна длительным отжигом, при этом происходит распад цементита с выделением графита хлопьевидной формы. Из ковкого чугуна изготавливают детали высокой прочности, способные воспринимать повторно-переменные и ударные нагрузки и работающие в условиях повышенного износа: картер заднего моста, тормозные колодки, ступицы, шестерни и др.

Высокопрочный чугун получают модифицированием жидкого чугуна магнием и кремнием перед заливкой. В результате получаются мелкие включения графита шаровидной формы. Шаровидный графит, имеющий минимальную поверхность при данном объеме, значительно меньше ослабляет металлическую основу чугуна, чем пластинчатый графит. Металлическая основа высокопрочных чугунов – перлитная, перлитно-ферритная и ферритная. Чугуны с шаровидным графитом имеют более высокие механические свойства, в частности, прочность, по сравнению с серыми чугунами, хорошие литейные свойства, обрабатываемость резанием, способность гасить вибрации, высокую износостойкость. Из высокопрочного чугуна изготавливают детали прокатных станов, кузнечно-прессового оборудования, тракторов, автомобилей (коленвалы, гильзы цилиндров, поршни).

Задание: Исследовать микроструктуру чугунов с помощью металлографического микроскопа «МИМ-7М».

Ход работы

1. Установите на предметный столик микрошлиф чугуна так, чтобы плоскость шлифа была расположена перпендикулярно к оптической оси объекта.
2. Глядя в окуляр микроскопа, определите микроструктуру чугуна.
3. По микроструктуре (увиденной в окуляр микроскопа) определите вид чугуна.

4. Заполните таблицу 7:

4.1 В графе № 2 – напишите вид чугуна.

4.2 В графе №3 – зарисуйте микроструктуру чугуна.

4.3 В графе № 4 – напишите структурные составляющие.

4.4 В графе №5 – напишите область применения данной марки чугуна.

Таблица 7 - Микроструктура чугуна

№п/п	Вид чугуна	Микроструктура	
		зарисовки	структурные составляющие
1	2	3	4

5. Сделайте вывод.

6. Ответьте на контрольные вопросы:

1. Чем (по структуре) отличается высокопрочный чугун от ковкого?

2. Чем (по структуре) отличается высокопрочный чугун от серого?

3. Чем (по структуре) отличается серый чугун от ковкого?

7. Сдайте отчет преподавателю.

Лабораторная работа № 8

Тема: Исследование микроструктуры цветных металлов

Цель работы: формирование умений исследовать микроструктуру промышленных сплавов цветных металлов.

Оборудование: металлографический микроскоп «МИМ-7М», микрошлифы цветных сплавов, справочник по цветным металлам.

знания (актуализация):

- микроструктура промышленных сплавов цветных металлов;

умения:

- пользоваться лабораторным оборудованием;
- определять микроструктуры цветных металлов с помощью металлографического микроскопа «МИМ-7М»;

Теоретический материал

Наиболее широко распространены цветные сплавы на основе меди, алюминия и олова. *Сплавы на основе меди* – латуни (сплав меди с цинком) и бронзы (сплавы меди с другими элементами: оловом, алюминием, кремнием, бериллием и т.д.). Они бывают деформируемые и литейные.

Латуни, содержащие до 39% цинка, являются однофазными (структура состоит из α -фазы). Эти латуни пластичны, хорошо обрабатываются давлением в горячем состоянии, коррозионностойкие, имеют хорошие литейные свойства. Латуни, содержащие от 39 до 46% цинка, являются двухфазными – имеют структуру $\alpha+\beta$. В-фаза хрупкая и твёрдая, поэтому двухфазные латуни имеют более высокую прочность и меньшую пластичность, чем однофазные.

Микроструктура литой α -латуни имеет дендритное строение, а микроструктура деформированной α -латуни после холодной обработки и рекристаллизационного отжига состоит из зёрен с двойниками и отличается низкой твёрдостью и высокой пластичностью.

Микротруктура $\alpha + \beta$ -латуни состоит из светлых полей α -фазы и тёмных полей β -фазы. Для повышения механических свойств и химической стойкости в латуни вводят легирующие элементы: алюминий, никель, марганец, кремний.

Бронзы по основным легирующим элементам подразделяют на оловянистые, свинцовистые, кремнистые, бериллиевые и т.д.

Микроструктура литой оловянистой бронзы (10% Sn) состоит из тёмных дендритов α -твёрдого раствора олова в меди, богатых медью, и светлых дендритов, богатых оловом и содержащие эвтектонид $\alpha + \text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$. Двухфазная алюминиевая бронза БрА10 наряду с кристаллами α -фазы имеет в структуре эвтектонидную составляющую δ . Такие бронзы могут подвергаться закалке. Если их нагреть до β -фазы и затем охладить в воде, то образуется игольчатая структура, подобная структуре мартенсита.

Сплавы на основе алюминия обладают малой плотностью, бывают литейные и деформируемые. Для получения прочных сплавов их легируют различными элементами в количествах, способствующих образованию двухфазной структуры. Дюралюмины (Д1, Д16) – деформируемые сплавы алюминия с медью, магнием и марганцем. Для упрочнения их подвергают закалке и естественному старению. Микроструктура сплава Д1 после такой термообработки состоит из твёрдого раствора и высокодисперсных включений CuAl_2 и Al_2MgCu , располагающихся по границам и внутри зёрен.

Наиболее распространёнными литейными алюминиевыми сплавами являются силумины – сплавы алюминия и кремния (АЛ2, АЛ9). Для повышения механических свойств силумины модифицируют, вводя в расплав смесь солей NaF и NaCl . Структура немодифицированного силумина АЛ2 состоит из α -твёрдого раствора кремния в алюминии (основной светлый фон) и эвтектики $\alpha + \text{Si}$ (тёмные участки) грубого строения, в которой кремний находится в виде крупных игл. Немодифицированный силумин обладает низкими механическими свойствами. Структура модифицированного силумина АЛ2 мелкозернистая и состоит из первичных дендритов α -твёрдого раствора (светлый фон) и мелкой (дисперсной) эвтектике $\alpha + \text{Si}$ (тёмный фон).

Сплавы на основе олова и свинца – баббиты применяются в качестве антифрикционных (подшипниковых). Структура таких сплавов состоит из вязкой, пластичной основы и твёрдых (опорных) включений. Структура оловянистого баббита Б83 состоит из твёрдого α -раствора сурьмы в олове (вязкая составляющая), светлых крупных кристаллов прямоугольной формы и треугольной формы SnSb и мелких кристаллов, соединения Cu_3Sn (твёрдые опорные включения).

Задание: Исследовать микроструктуру промышленных сплавов цветных металлов с помощью металлографического микроскопа «МИМ-7М».

Ход работы

1. Установите на предметный столик микрошлиф сплава цветного металла так, чтобы плоскость шлифа была расположена перпендикулярно к оптической оси объекта.
2. Глядя в окуляр микроскопа, определите микроструктуру сплава цветного металла.
3. По микроструктуре (увиденной в окуляр микроскопа) определите вид сплава цветного металла.
4. Заполните таблицу 8:
 - 4.1 В графе № 2 – напишите вид сплава цветного металла.
 - 4.2 В графе №3 – зарисуйте микроструктуру сплава цветного металла.
 - 4.3 В графе № 4 – напишите структурные составляющие.

Таблица 8 - Микроструктура сплава цветного металла

№п/п	Вид сплава цветного металла	Микроструктура	
		зарисовки	структурные составляющие
1	2	3	4

5. Сделайте вывод.

6. Ответьте на контрольные вопросы:

- 1) Из чего состоит микроструктура силумина АЛ2?
 - 2) Из чего состоит микроструктура дюралюмина Д1?
 - 3) Из чего состоит микроструктура латуни Л90?
 - 4) Из чего состоит микроструктура бронзы состава 10% Sn?
7. Сдайте отчет преподавателю.

Лабораторная работа №9

Тема: Исследование микроструктуры и свойств легированных сталей

Цель работы: формирование умений исследовать микроструктуру и свойства легированных сталей на микроскопе.

Оборудование: металлографический микроскоп «МИМ-7М», набор микрошлифов сталей, марочник сталей.

знания (актуализация):

- микроструктура и свойства легированных сталей;

умения:

- пользоваться лабораторным оборудованием;
- различать структуры и свойства различных легированных сталей

Теоретический материал

Легированными называют стали, содержащие наряду с углеродом различные элементы (как правило, металлы), вводимые для получения требуемых свойств. Легирующие элементы взаимодействуют в стали с железом и углеродом, влияют на распад аустенита и мартенситное превращение. Они могут растворяться в металлической основе стали, тем самым упрочняя её, изменять интервалы температур устойчивого состояния феррита и аустенита, то обусловлено влиянием легирующих элементов на полиморфизм железа.

Легирующие элементы снижают критическую скорость заковки, что позволяет получить структуру мартенсита даже при охлаждении на воздухе. По структуре в отожжённом состоянии легированные стали делят на классы: перлитный (доэвтектоидные, эвтектоидные и заэвтектоидные стали), ферритный, аустенитный, карбидный (ледебуритный), по структуре в нормализованном состоянии – перлитный, мартенситный, аустенитный.

К *перлитному* классу относятся конструкционные и инструментальные низколегированные стали, например 45Х, 38ХС, 9ХС и др.

К *мартенситному* классу – среднелегированные стали – 18Х2Н4МА, 40Х13 и др.

К *аустенитному* классу – стали с высоким содержанием Ni, Mn – 12Х18Н9Т и др. Такие стали коррозионностойкие и жаропрочные.

Карбидные (ледебуритные) – это инструментальные стали, содержат большое количество углерода и карбидообразующих элементов, в структуре присутствуют первичные карбиды (отсюда и название класса) – P18, P6M5, X12M и др.

К *ферритному* классу относятся стали с большим содержанием Cr, Si и др. элементов, сужающих область существования аустенита, например, стали 12X17, 15X28.

Задание. Исследовать микроструктуру легированных сталей с помощью металлографического микроскопа «МИМ-7М».

Ход работы

1. Установите на предметный столик микрошлиф стали так, чтобы плоскость шлифа была расположена перпендикулярно к оптической оси объекта.
2. Глядя в окуляр микроскопа, определите микроструктуру стали.
3. По микроструктуре (увиденной в окуляр микроскопа) определите структурный класс стали.
4. Заполните таблицу 9:
 - 4.1 В графе № 3 напишите химический состав стали, исходя из его маркировки.
 - 4.2 В графе №4 зарисуйте микроструктуру стали.
 - 4.3 В графе № 5 напишите структурный класс стали.
 - 4.4. В графе № 6 укажите основные свойства стали определенного класса, выделив характерные особенности

Таблица 9 - Микроструктура стали

Марка стали	Термообработка	Химический состав, %	Микроструктура	Структурный класс стали	Основные свойства
1	2	3	4	5	6
45X	Нормализация				
45X	Закалка с высоким отпуском				
P18	Ковка и отжиг				
P18	Закалка и трехкратный отпуск				
12X18H9T	Закалка в воде при $t = 1110\text{ }^{\circ}\text{C} - 1150\text{ }^{\circ}\text{C}$				
40X13	Закалка в масле или на воздухе при $t = 1000\text{ }^{\circ}\text{C} - 1050\text{ }^{\circ}\text{C}$				
12X17	Закалка в воде при $t = 1100\text{ }^{\circ}\text{C} - 1150\text{ }^{\circ}\text{C}$				

5. Сделайте вывод.
6. Ответьте на контрольные вопросы:
 - 1) Для чего изготавливают легирование стали?
 - 2) Какую структуру должны иметь коррозионностойкие стали?

4) Для чего быстрорежущие стали должны иметь высокую твёрдость? Каким образом она достигается?

7. Сдайте отчет преподавателю.

Практическое занятие №1

Тема: Построение кривых охлаждения железоуглеродистых сплавов

Цель работы: Формирование умений строить кривые охлаждения железоуглеродистых сплавов

знания (актуализация):

- принципы построения кривых охлаждения железоуглеродистых сплавов
- виды диаграмм железоуглеродистых сплавов;

умения:

- строить кривые охлаждения железоуглеродистых сплавов;
- читать диаграммы железоуглеродистых сплавов.

Теоретический материал

В доэвтектоидной стали при охлаждении происходят следующие превращения: до точки t_L начинается первичная кристаллизация: из жидкого сплава выделяются кристаллы аустенита. Процесс кристаллизации продолжается до точки t_c , при этом скорость охлаждения замедляется, т.к. выделяется теплота кристаллизации. Кривая охлаждения становится более полой. В интервале температур от t_c до A_{r3} (линия GS) превращений в сплаве не происходит, поэтому он охлаждается быстрее, и кривая становится круче. В точке A_{r3} начинается вторичная кристаллизация: из аустенита выделяются кристаллы феррита. Процесс выделения феррита продолжается до температуры 727°C - точка A_{r1} . В этом интервале температур (от A_{r3} до т. A_{r1}) скорость охлаждения замедляется, потому что выделяется теплота кристаллизации феррита, и кривая охлаждения становится более полой.

В точке A_{r1} оставшийся аустенит приобретает эвтектоидную концентрацию углерода – 0,8% и при постоянной температуре превращается в перлит. На кривой охлаждения образуется горизонтальный участок – площадка.

При дальнейшем охлаждении превращения не происходят, сталь охлаждается быстро, кривая охлаждения становится круче. Доэвтектоидная сталь ниже точки A_{r1} состоит из перлита и феррита.

Аналогично строятся кривые охлаждения эвтектоидной и заэвтектоидной сталей.

В заэвтекктическом чугуна происходят следующие превращения: до точки t_L сплав находится в жидком состоянии. В точке t_L начинается первичная кристаллизация: из жидкого сплава выделяются кристаллы цементита первичного. Процесс кристаллизации продолжается до точки t_c , скорость охлаждения замедляется, т.к. выделяется теплота кристаллизации, кривая охлаждения становится полой. В точке t_c оставшаяся жидкая часть сплава приобретает эвтектическую концентрацию (4,3% углерода) и при постоянной температуре (1147°C) превращается в ледебурит. На кривой охлаждения образуется горизонтальный участок. В интервале температур t_c и A_{r1} происходит быстрое охлаждение. При температуре A_{r1} аустенит, входящий в состав ледебурита, превращается в перлит, поэтому на кривой охлаждения вновь появляется горизонтальный участок. Ниже точки A_{r1} превращений в сплаве не происходит, поэтому кривая охлаждения становится круче. Ниже точки A_{r1} заэвтектический чугун состоит из ледебурита (перлитного) и цементита первичного.

Аналогично строятся кривые охлаждения для эвтектического и доэвтектического чугунов.

Задание: Построить кривые охлаждения сплавов со следующим содержанием углерода: 0,4%; 0,8%; 1,2%; 3,2; 4,3; 5,0%.

Ход работы

1. Начертите диаграмму Fe-Fe₃C (Приложение А).
 2. Обозначьте на диаграмме критические точки.
 3. Начертите 6 графиков, в координатах: время охлаждения – температура для построения кривых охлаждения.
 4. Постройте кривую охлаждения для сплава с содержанием углерода равным 0,4%:
 - 4.1 Отметьте на диаграмме **точку** концентрации углерода, равную 0,4%.
 - 4.2 Проведите через отмеченную точку перпендикуляр.
 - 4.3 Обозначьте точки пересечения этого перпендикуляра с линиями диаграммы.
 - 4.4 Перенесите эти точки на первый график в координатах: время охлаждения – температура.
 - 4.5 Пронумеруйте перенесенные точки.
 - 4.6 Соедините перенесенные точки плавными линиями.
 5. Постройте кривые охлаждения для сплавов с содержанием углерода равным: 0,8%; 1,2%; 3,2; 4,3; 5,0% (п.4), повторив выше описанные действия.
 6. Сделайте вывод по выполненной работе.
 7. Ответьте на контрольные вопросы.
 8. Оформите отчет и сдайте преподавателю.
- Контрольные вопросы:
- 1) Что общего между эвтектическим и эвтектоидным сплавом?
 - 2) Почему на отдельных участках наклон кривых охлаждения более пологий?
 - 3) Чем объясняется наличие горизонтальных площадок на кривых охлаждения

Практическое занятие №2

Тема: Выбор режима закалки стальной детали

Цель работы: формирование умений выбирать режим закалки стальной детали
знания (актуализация):

- виды закалки сталей;
- режимы закалки;
- методика построения графика термообработки

умения:

- назначать закалку сталей;
- строить график термообработки.

Теоретический материал

Температура закалки определяется по формуле:

$T_{зак} = A_{с3} + 30 \dots 50^{\circ}\text{C}$ – для доэвтектоидных сталей,

$T_{зак} = A_{с1} + 30 \dots 50^{\circ}\text{C}$ – для заэвтектоидных сталей.

Время нагрева детали под закалку зависит от нагревающей способности среды, размеров и формы деталей, от их укладки в печи и определяется по формуле:

$T_n = 0, D_1 K_1 K_2 K_3, \text{мин. (1)}$,

где D_1 – минимальный размер (минимальная толщина), мм

K_1 – коэффициент среды (для газа – 2, для соли-1, для металла – 0,5),

K2 – коэффициент формы (для шара – 1, для цилиндра – 2, для параллелепипеда – 2,5, для пластины – 4),

K3 – коэффициент равномерности нагрева (всесторонний нагрев – 1, односторонний нагрев – 4).

Все это относится к температуре нагрева 800-900°C, если температура больше, то время нагрева меньше, и наоборот, чем меньше температура, тем медленнее нагрев. Детали из углеродистых конструкционных сталей закаливают в воде, углеродистых инструментальных – через воду в масло, легированных – в масле.

Задание: Назначить режим закалки детали (марка стали и размеры детали получить у преподавателя). При работе использовать диаграмму Fe-Fe₃C и марочник сталей и сплавов.

Ход работы

1. Для заданной марки стали определить температуру Aс3 по диаграмме Fe-Fe₃C и по марочнику.
2. Рассчитать температуру закалки и сравните ее со справочными данными.
3. Определить время нагрева под закалку и охлаждающую среду.
4. Построить график закалки в координатах «температура - время».
5. По результатам работы сделать вывод о проделанной работе.
6. Оформить отчет и сдать преподавателю.

Практическая работа №3

Тема: Выбор режима отпуска закаленной детали в зависимости от требуемой твердости

Цель работы: Формирование умений назначать режим отпуска закаленной детали в зависимости от требуемой твердости, назначать время отпуска и среду охлаждения.

знания (актуализация):

- виды отпуска;
- режимы отпуска;
- методика построения графика отпуска;

умения:

- назначать отпуск стали;
- строить график отпуска.

Теоретический материал

Отпуск - заключительная операция термообработки стали, которая заключается в нагреве ниже температуры перлитного превращения (727°C), выдержке и последующем охлаждении. При отпуске формируется окончательная структура стали. Цель отпуска – получение заданного комплекса механических свойств и полное или частичное закалочных напряжений. Выбор твердости детали после закалки и отпуска определяется условиями работы этой детали и зависит от температуры отпуска: чем выше температура, тем сильнее снижается твердость. Это связано с распадом мартенсита и образованием различных ферритно-карбидных смесей – троостита отпуска и сорбита отпуска.

Виды отпуска:

1. Низкий отпуск – температура 150-220°C – делают для режущего и измерительного инструмента из углеродистых и легированных сталей, а также машиностроительных деталей, которые должны обладать высокой твердостью и износостойкостью. Микроструктура стали после такого отпуска – отпущенный мартенсит.

2. Средний отпуск – температура 350-450°C – обеспечивает высокий предел прочности, упругости и выносливости, хорошую сопротивляемость ударным нагрузкам. Применяется для пружин, рессор и инструмента, который должен иметь значительную прочность при достаточной вязкости. Микроструктура стали после среднего отпуска – троостит отпуска.
3. Высокий отпуск – температура 450-650°C, микроструктура – сорбит отпуска. Закалка с высоким отпуском называется улучшением, а стали, подвергаемые улучшению – улучшаемыми. Детали из таких сталей после закалки и высокого отпуска имеют оптимальное сочетание прочности и пластичности, что позволяет применять их в условиях воздействия высоких напряжений и ударных нагрузок. Это основной вид термообработки конструкционных сталей.

Отпуск легированных сталей проводят при более высоких температурах, чем углеродистых, чтобы ускорить диффузию легирующих элементов. Все легирующие элементы, особенно хром, молибден, кремний затрудняют процесс распада мартенсита при нагреве, тем самым температуру отпуска.

Задание: Назначить режим отпуска закаленной детали (необходимые данные для работы по своему варианту получить у преподавателя). При работе использовать марочник сталей и сплавов.

Ход работы

1. Заданную твердость в единицах HRCэ перевести в числа твердости HB.
2. По марочнику найти температуру отпуска для данной марки стали и твердости HB.
3. Рассчитать время отпуска, определить охлаждающую среду, исходя из размеров образца и марки стали.
4. Построить график отпуска в координатах «температура - время».
5. По результатам работы сделать вывод.
6. Оформить отчет и сдать преподавателю.

Практическое занятие №4

Тема: Выбор режима термообработки чугуновой отливки

Цель работы: формирование умений выбирать режим термообработки чугуновой отливки

знания (актуализация):

- виды термообработки для чугуновой отливки;
- режимы термообработки чугуновой отливки;
- методика построения графика термической обработки;

умения:

- назначать термическую обработку для чугуновой отливки;
- строить график термической обработки

Теоретический материал

После литья чугунные отливки обычно подвергают отжигу. Вид отжига определяется микроструктурой чугуна: если в ней нет свободного цементита или он содержится в количестве, допускаемыми техническими условиями на данный чугун, то делают низкотемпературный отжиг с целью снятия внутренних напряжений, возникших в результате затвердевания отливки. Температура такого отжига – 550-650°C, нагрев ведут медленно, со скоростью не более 100°C в час. Продолжительность отжига зависит от размеров отливки и составляет от 3-х до 7 часов. Охлаждение отливок после отжига проводится с печью со скоростью не более 50°C в час с целью предотвращения возникновения новых напряжений в отливках. Наличие в микроструктуре свободного, то есть не связанного в перлит, цементита приводит к снижению механических свойств, повышению твердости и хрупкости и, следовательно, ухудшению обрабатываемости резанием.

Присутствие на поверхности отливки свободного цементита, приводящего к увеличению твердости, называется отбелом. Причиной отбела могут быть отклонения по химическому составу и повышенная скорость затвердевания отливки. Для устранения отбела отливки подвергают высокотемпературному отжигу, при котором происходит распад свободного цементита с образованием графита. Режим такого отжига:

- Посадка отливок в печь при температуре не выше 200°C, чтобы не допустить возникновения температурных напряжений;
- Медленный нагрев со скоростью не более 100°C в час до температуры 700...750°C, выдержка при этой температуре 1...1,5 часа для выравнивания температуры;
- Нагрев до температуры 920...950°C, выдержка 3...3,5 часа;
- Охлаждение с печью со скоростью не более 50°C в час до температуры 150...200°C, дальнейшее охлаждение – на воздухе или с печью.

Задание: Назначить режимы термообработки отливки из чугуна марки СЧ20 для снятия внутренних напряжений и для устранения отбела.

Ход работы

1. Назначить режим отжига с целью снятия внутренних напряжений в отливке.
2. Назначить режим отжига для устранения отбела.
3. Построить графики режимов отжига в координатах «температура - время».
4. Ответить на контрольные вопросы.
5. По результатам работы сделать вывод.
6. Оформить отчет и сдать преподавателю.

Литература

Основные источники:

1. Черепяхин А.А. Материаловедение [текст]: учебник / А.А. Черепяхин, И.И. Колтунов, В.А. Кузнецова — 4-е изд., -М.: КНОРУС, 2018. — 238 с. — (Среднее профессиональное образование).

2. Марочник сталей и сплавов [Текст]: / Под. Ред. Зубченко А. - М.: Иновационное машиностроение, 2016. - 1216 с.

Дополнительные источники:

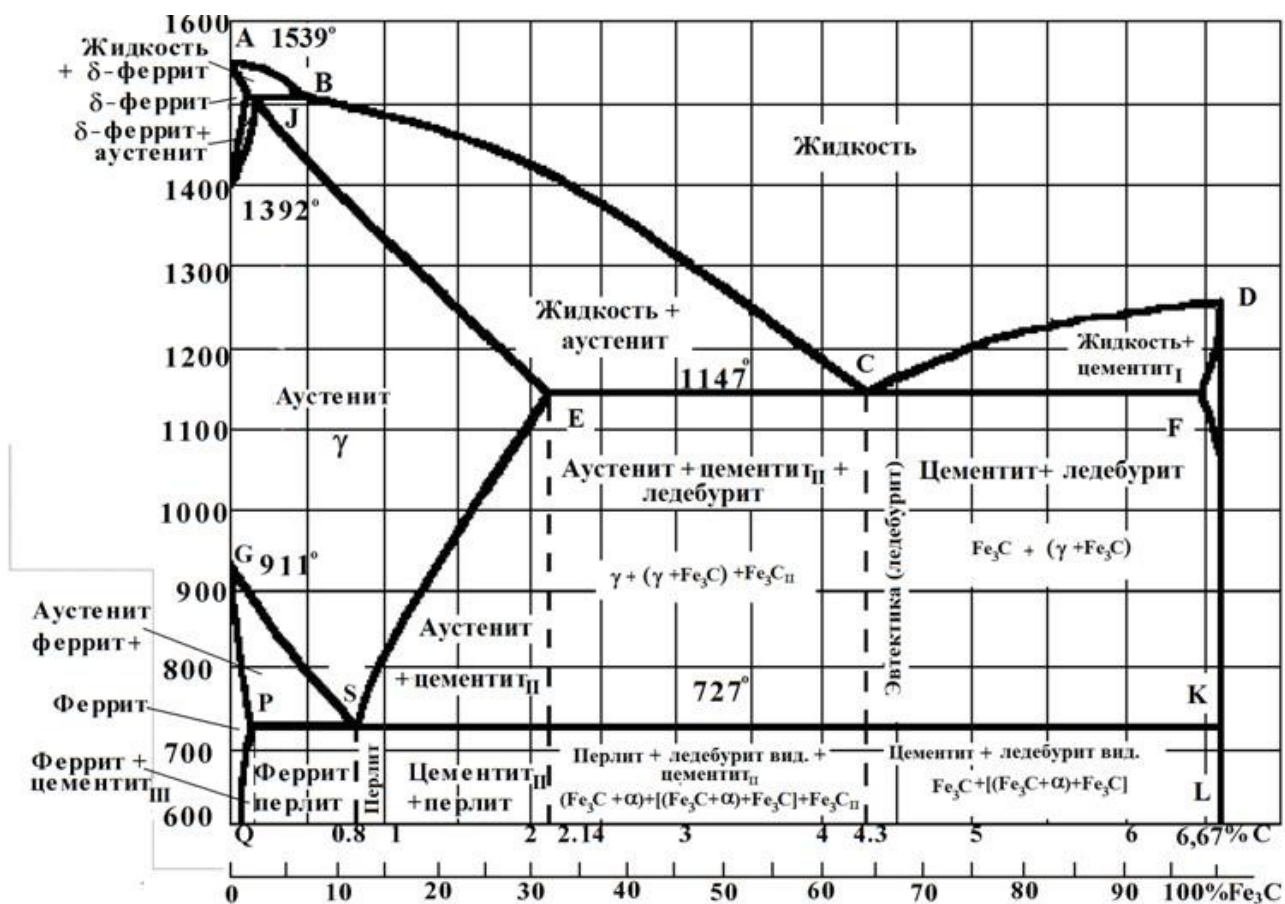
4. Давыдова, И. С. Материаловедение [Электронный ресурс] : учеб. пособие/ И. С. Давыдова, Е. Л. Максина. - М.: ИЦ РИОР: ИНФРА-М, 2016. - 228 с. - (ВПО: Бакалавриат). – Режим доступа: www.znaniyum.com <http://znaniyum.com/catalog/product/413652>.

5. Черепяхин А.А., Смолькин А.А. Материаловедение: Учебник / - М.:КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 288 с. (Переплёт 7БЦ)

Интернет-ресурсы:

1. <http://supermetalloved.narod.ru>
2. <http://www.sinol.by/materialovedenie>
3. <http://materiall.ru>
4. <http://mtkm.omgtu.ru>

Диаграмма железо – цементит



Министерство образования и науки Челябинской области
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
«Южно-Уральский государственный технический колледж»

ОТЧЕТ

по выполнению лабораторных и практических работ
по учебной дисциплине «Материаловедение»

выполнил _____

группа _____

проверил _____

Челябинск, 20

Требования к содержанию и оформлению отчета

1. Структура отчета должна содержать:

- Тему практической работы (название).
- Цель практической работы.
- Ход работы.
- Вывод.
- Ответы на контрольные вопросы.

1. Отчет должен быть оформлен на листе формата А4 в программе Word, Шрифт Times New Roman, кегль 14, межстрочный интервал 1,5.

ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

№ темы	Наименование работы	Объем (час.)	Оцен ка	Роспись
Тема 1.1	Лабораторная работа 1. Определение твёрдости металлов по Бринелю и Роквеллу	2		
Тема 1.1	Лабораторная работа 2. Определение ударной вязкости стали	2		
Тема 1.1	Лабораторная работа 3. Исследование работы металлографического микроскопа	2		
Тема 1.3	Лабораторная работа 4. Исследование микроструктуры железоуглеродистых сплавов	2		
Тема 1.3	Практическая работа 1. Построение диаграмм железоуглеродистых сплавов	4		
Тема 1.4	Лабораторная работа 5. Проведение закалки и отпуска стальных образцов с испытанием твердости	2		
Тема 1.4	Лабораторная работа 6. Исследование микроструктуры сталей после термической и химико-термической обработки	4		
Тема 1.5	Практическая работа 2. Выбор режима закалки стальной детали	2		
Тема 1.5	Практическая работа 3. Выбор режима отпуска закаленной детали в зависимости от требуемой твердости	2		
Тема 2.2	Лабораторная работа 7. Исследование микроструктуры чугунов	2		
Тема 2.2	Практическая работа 4. Выбор режима термообработки чугуновой отливки	2		
Тема 2.5	Лабораторная работа 8. Исследование микроструктуры цветных металлов и сплавов	2		
Тема 2.7	Лабораторная работа 9. Исследование микроструктуры и свойств легированных сталей	2		

