

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)**

Институт машиностроения и автомобильного транспорта

Кафедра технологии функциональных и конструкционных материалов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторным работам по дисциплине **«Металлография»**
для направления подготовки
22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Составитель:
Л.В.Картонова

Владимир – 2019 г.

УДК 620.22

*Рассмотрены и одобрены на заседании УМК направления
22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»
Протокол № 9 от 7.06. 2019 г.*

Рукописный фонд кафедры ТФ и КМ ВлГУ

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Металлография» для направления подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»/ Владим. гос. ун-т; Сост.: Л.В.Картонова. Владимир. 2019. – 43 с.

Содержит методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Металлография» для направления подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Табл. 6. Ил. 15. Библиогр.: 8 назв.

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные работы является формой групповой аудиторной работы в небольших группах для освоения практических навыков с целью формирования основных профессиональных компетенций (ПК-4, 5, 12), необходимых для освоения основной образовательной программы.

Таблица. Перечень работ лабораторного практикума

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Формируемые компетенции
1.	Изучение металлографического микроскопа	ПК-4, ПК-5, ПК-12
2.	Количественный металлографический анализ	ПК-4, ПК-5, ПК-12
3.	Измерение микротвердости	ПК-4, ПК-5, ПК-12
4.	Изучение влияния термической обработки на структуру углеродистых сталей	ПК-4, ПК-5, ПК-12
5.	Металлография сварных швов	ПК-4, ПК-5, ПК-12
6.	Изучение структуры чугуна с различной формой графита	ПК-4, ПК-5, ПК-12
7.	Металлография меди и сплавов на её основе	ПК-4, ПК-5, ПК-12

Приступая к выполнению лабораторной работы, студент должен заранее, при подготовке к работе, ознакомиться с методическими материалами по данной работе и с рекомендованной литературой, изложенными в практикуме по заданной тематике.

В течение очередного лабораторного занятия студенты должны защитить оформленный отчет по предыдущей работе и выполнить следующую работу.

Лабораторная работа N 1

ИЗУЧЕНИЕ МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОГО МИКРОСКОПА

Цель работы: изучить оптической и механической схемы микроскопа.

Задания

1. Используя литературные источники, ознакомиться с оптической и механической схемой микроскопа.
2. Освоение методов подбора оптики, настройки микроскопа.
3. Определить цену деления окуляр-микрометра и по заданию преподавателя измерить несколько микроскопических объектов.
4. Ответить на контрольные вопросы.
5. Составить отчет.

Общие положения

Микроструктуру металлов и сплавов наблюдают в оптическом микроскопе МИМ-7, МИМ-8 и др. Практически увеличение микроскопа определяется произведением увеличения окуляра на увеличение объектива.

Металлографический микроскоп позволяет рассматривать при увеличении непрозрачные тела в отраженном свете. В качестве источника света используют низковольтные электрические лампы накаливания и реже лампы напряжения 110-120 В переменного и постоянного тока. Для уменьшения рассеивания световых лучей и повышения четкости изображения в осветительную систему введен коллектор 2. Светофильтры 4 (цветные, матовые или дымчатые стеклянные пластинки) отбирают лучи требуемой длины волны, т.е. определенного цвета, и позволяют установить нужную интенсивность освещения с тем, чтобы избежать излишнего утомления глаз наблюдателя.

Человеческий глаз обладает неодинаковой чувствительностью к разным цветам спектра; наибольшей чувствительностью он обладает к желто-зеленым цветам. Поэтому применение желто-зеленого светофильтра, отфильтровывающего другие составляющие белого цвета, позволяет более четко наблюдать особенности структуры. Апертурная диафрагма 5 необходима для ограничения светового пучка и получения большей четкости изображения, полевая диафрагма 18 – для ограничения освещенного поля рассматриваемого участка на микрошлифе.

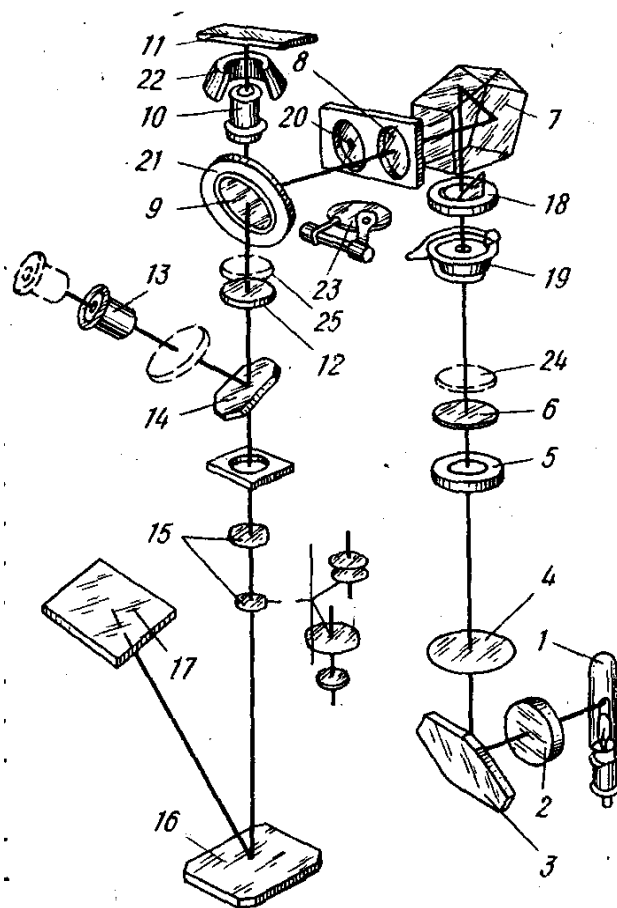


Рис.1.1. Оптическая схема и работа металлографического микроскопа МИМ-7:

- 1 – осветитель (лампа); 2 – коллектор; 3 – зеркало; 4 – светофильтр;
- 5 – апертурная диафрагма; 6 – линза; 7 – призма; 8 – линза для работы в светлом поле; 9 – отражательная пластинка; 10 – объектив; 11 – объект;
- 12 – ахроматическая линза; 13 – окуляр; 14 – зеркало; 15 – фотоокуляр;
- 16 – зеркало; 17 – фотопластинка; 18 – полевая диафрагма; 19 – затвор;
- 20 – линза для работы в темном поле; 21 – кольцевое зеркало;
- 22 – параболическое зеркало; 23 – заслонка (включается при работе в темном поле); 24 – поляризатор; 25 – анализатор

Структуры исследуются в темном и светлом поле. При микроанализе для большинства металлов и других непрозрачных материалов и сплавов применяют наблюдение в светлом поле, т.е. при вертикальном освещении. Световые лучи, преломляясь пентапризмой 7, проходят через линзу светлого поля, попадают на отражающую пластинку 9 и направляются через объектив 10 на микрошлиф, установленный на предметном столике. Отразившись от микрошлифа, лучи вновь проходят через объектив и, выходя через него параллельным пучком, попадают на отражательную пластинку и ахроматическую линзу 12. Зеркало 14 отклоняет лучи в сторону окуляра 13.

Окуляры не только дают мнимое увеличение (т.е. увеличение промежуточного изображения), но и исправляют оптические дефекты, которые полностью не устраняются даже в объективах сложной конфигурации. Практически увеличение микроскопа определяется произведением увеличения окуляра на увеличение объектива, при использовании следующих характеристик: фокусного расстояния, числовой апертуры объектива и увеличения окуляра.

Для выявления отдельных мелких рельефных частиц на гладком поле, например, при исследовании неметаллических включений, целесообразно применять темнопольное освещение. Работа микроскопа для исследования в темном поле будет отличаться от описанной схемы исследования в светлом поле тем, что вместо линзы 8 устанавливается линза 20. Центральная часть одной из поверхностей линзы 20 покрыта черным непрозрачным лаком в виде диска, задерживающего центральную часть светового пучка и пропускающего краевые лучи, проходящие через прозрачную часть линзы 20 и попадающие на кольцевое зеркало 21. Для того чтобы световые лучи не попадали на отражающую пластинку, используется заслонка 23. При исследовании в темном поле применяют эпиобъективы, имеющие вокруг оправы с объективными линзами параболическое зеркало 22. Отразившись от кольцевого зеркала, световые лучи падают на внутреннюю зеркальную поверхность параболического зеркала и, отразившись от него, концентрируются на микрошлифе. От поверхности шлифа в объектив отразится только часть лучей, имеющих диффузный характер. Эти лучи обычно отражаются от

выступающих над остальной поверхностью объекта фаз. То есть исследование в темном поле не дает полной характеристики структуры и его следует рассматривать как дополняющее основное исследование в светлом поле.

При фотографировании зеркало 14 выключается выдвиганием тубуса вместе с окуляром и зеркалом, и лучи направляются непосредственно к фотоокуляру 15, проходят через него на зеркало 16, от которого отражаются и попадают на матовое стекло, где и дают изображение. Отраженные от микрошлифа световые лучи могут направляться на матовое стекло через проекционный окуляр. Для фиксирования микроструктуры матовое стекло заменяется кассетой с фотопластинкой 17.

После фотографирования применяют обычные в фотографии приемы: проявление, фиксирование, промывание негатива и печатание позитивного изображения на фотобумагу.

Механическая система микроскопа. Металлографический микроскоп имеет штатив, тубус и предметный столик (рис. 1.2). Шлиф устанавливают на предметном горизонтальном столике, так, чтобы обеспечить перпендикулярное расположение подготовленной для исследования поверхности шлифа по отношению к оптической оси объектива. В центре столика устанавливают сменные подкладки с отверстием разного размера, через которое лучи света попадают на микрошлиф и отражаются от него. Предметный столик можно перемещать в двух взаимно перпендикулярных горизонтальных плоскостях с помощью специальных винтов; это позволяет перемещать микрошлиф на нужное расстояние и просматривать микроструктуру в различных участках без изменения выбранного фокусного расстояния

Для получения более четкого изображения шлиф, установленный на столике, находят на фокус. Для этой цели в штативе микроскопа имеется макроскопический винт, вращением которого поднимают или опускают столик, обеспечивая приблизительное фокусирование. Точное фокусирование достигается микроскопическим винтом, один оборот которого смещает объектив к шлифу на доли миллиметра (в большинстве конструкций микроскопов деление барабана микровинта

равно 2 мкм). Чем больше увеличение объектива, тем меньше должно быть расстояние между шлифом и объективом.

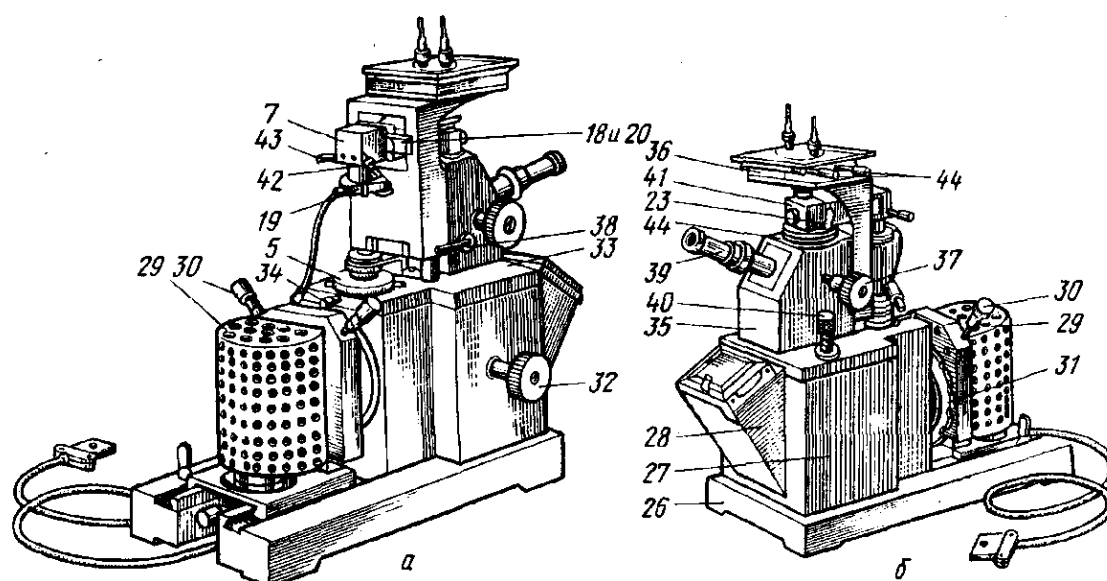


Рис. 1.2. Микроскоп МИМ-7:

а – вид со стороны трансформатора; б – вид со стороны фотокамеры; 1 – 25 – см. рис.1.1; 26 – плита; 27 – основание или корпус фотокамеры; 29 – фонарь осветителя; 30 - винты, центрирующие лампу; 31 – диск со светофильтром; 32 - рукоятка для поворота диска с тремя фотоокулярами; 33 – рукоятка для смещения и поворота диафрагмы 5; 34 – винт, фиксирующий поворот диафрагмы 5; 35 – корпус микроскопа; 36 – предметный столик; 37 – макроскопический винт для вертикального перемещения столика; 38 – стопорное устройство макровинта; 39 - визуальный тубус; 40 – микрометрический винт; 41 – осветительный тубус; 42 – рукоятка полевой диафрагмы; 43 – механизм центрировки; 44 – винты для перемещения предметного столика в двух взаимно перпендикулярных направлениях

Порядок выполнения работы

Первое задание студенты выполняют при подготовке к работе.

Второе задание выполняется под руководством преподавателя всей группой.

Третье и четвертое задание выполняется на металлографическом микроскопе бригадами по несколько человек.

Увеличение микроскопа определяется по таблице увеличений при визуальном наблюдении, используя следующие характеристики: фокусное расстояние, числовая апертура объектива и увеличение окуляра.

При измерении микроскопического объекта при помощи окулярных и объективных микрометров необходимо сначала определить цену деления окуляр-микрометра:

1. Вставить окуляр-микрометр и объектив.
2. На подкладку предметного столика поместить объект-микрометр таким образом, чтобы шкала с делениями находилась над объективом.
3. Вращением макроскопического и микроскопического винтов навести на фокус шкалу объект-микрометра.
4. Вращением окуляра совместить шкалу окуляр-микрометра со шкалой объект-микрометра, установив параллельно штрихи обеих шкал.
5. Определить, в какое число делений окуляр-микрометра укладывается шкала объект-микрометра (если она полностью укладывается в поле зрения микроскопа) или в какое число делений окуляр-микрометра укладывается определенное количество делений шкалы объект-микрометра (если она полностью не уменьшается в поле зрения микроскопа).
6. Определить цену деления шкалы окуляр-микрометра $C_{ок}$ по формуле

$$C_{ок} = \frac{C_{об} \cdot A_{об}}{A_{ок}} \text{ мм},$$

где $C_{об} = 0,01 \text{ мм}$ – цена деления шкалы объект-микрометра; $A_{об}$ - число совмещенных делений объект-микрометра; $A_{ок}$ - число совмещенных делений окуляр-микрометра.

Например, шкала объект-микрометра укладывается на 25 делениях шкалы окуляр-микрометра. Тогда

$$C_{ок} = \frac{0,01 \cdot 100}{25} = 0,04 \text{ мм}.$$

Для измерения микроскопических объектов необходимо:

1. Настроить микроскоп на измеряемый объект.

2. Совместить данный объект со шкалой окуляр-микрометра.
3. Измерить микроскопический объект, т.е. определить, сколько делений шкалы окуляр-микрометра занимает объект.
4. Определить величину измеряемого объекта, для чего полученное число делений шкалы окуляр-микрометра, которое занимает объект, умножить на цену деления окуляр-микрометра.

Например, объект занимает 6 делений шкалы окуляр-микрометра. Цена деления окуляр-микрометра 0,04 мм. Величина измеряемого объекта $6 \cdot 0,04 = 0,24$ мм.

Содержание отчета

1. Название, цель работы и задание.
2. Оптическая схема металлографического микроскопа (по заданию преподавателя).
3. Результаты измерения микроскопических объектов.
4. Список используемой литературы.

Контрольные вопросы

1. Принципиальная оптическая схема микроскопа МИМ-7.
2. Максимальное увеличение микроскопа. Разрешающая способность микроскопа.
3. Что собой представляют границы зерен?
4. Оценка зерна в металлах и сплавах с помощью окуляр-микрометр и объект-микрометра.

Лабораторная работа № 2

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Цель работы: приобретение навыков по определению величины зерна.

Задания

1. Используя литературу, изучить методы выявления и определения величины зерна.
2. Определить величину зерна методом подсчета зерен.
3. Определить величину зерна методом подсчета пересечений границ зерен.
4. Определить величину зерна сравнением с эталонными шкалами.
5. Ответить на контрольные вопросы.
6. Составить отчет.

Общие положения

Все существующие стандартные методы количественного металлографического анализа основаны на исследовании структуры выявленной в сечении микрошлифа (ГОСТ 5639-82).

Величина зерна в плоскости металлографического шлифа определяется методами:

- визуального сравнения видимых под микроскопом зерен с эталонами шкал с определением номера зерна;
- подсчета количества зерен, приходящихся на единицу поверхности шлифа, с определением среднего диаметра и средней площади зерна;
- подсчета пересечений границ зерен отрезками прямых с определением среднего условного диаметра в случае равноосных зерен, количества зерен в 1 мм^3 в случае неравноосных зерен;

- измерения длин хорд под микроскопом или с использованием микрофотографий с определением относительной доли зерен определенного размера;
- ультразвуковым.

Величину зерна *методом сравнением с эталонными шкалами* определяют при увеличении 100^x . После просмотра всей площади шлифа выбирают несколько типичных мест и сравнивают с эталонами, приведенными в шкалах приложения (ГОСТ 5639-82). Сравнение можно проводить, наблюдая изображение в окуляре микроскопа или фотоснимке. Шкалы 1-3 представлены десятью эталонами в виде схематизированной сетки, ограничивающей размеры зерен. Эталоны приведены в виде круга диаметром 79,8 мм, что соответствует площади на шлифе $0,5 \text{ мм}^2$.

Средние численные значения площади зерна, числа зерен в 1 мм^3 , диаметра и условного диаметра, а также числа зерен на площади в 1 мм^2 , соответствующие эталонам шкалы G (-3) – 14, приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1.

Номер зерна G	Средняя площадь сечения зерна a, мм ²	Число зерен на площади 1 мм ² m			Среднее число зерен в 1 мм ³ N _v	Средний диаметр зерна d _m , мм	Средний условный диаметр зерна d _L , мм
		минимальное	среднее	максимальное			
-3	1	0,75	1	1,5	1	1,0	0,875
-2	0,5	1,5	2	3	2,8	0,707	0,650
-1	0,25	3	4	6	8	0,5	0,444
0	0,125	6	8	12	22,6	0,353	0,313
1	0,0625	12	16	24	64	0,250	0,222
2	0,0312	24	32	48	181	0,177	0,157
3	0,0156	48	64	96	512	0,125	0,111
4	0,00781	96	128	192	1448	0,088	0,0783
5	0,00390	192	256	384	4096	0,062	0,0553
6	0,00195	384	512	768	11585	0,044	0,0391
7	0,00098	768	1024	1536	32768	0,031	0,0267
8	0,00049	1536	2048	3072	92682	0,022	0,0196
9	0,000244	3072	4096	6144	262144	0,015	0,0138
10	0,000122	6144	8192	12288	741485	0,011	0,0099
11	0,000061	12288	16384	24576	2097152	0,0079	0,0069
12	0,000030	24576	32768	49152	5931008	0,0056	0,0049
13	0,000015	49152	65536	98304	16777216	0,0039	0,0032
14	0,000008	98304	131072	96608	47449064	0,0027	0,0027

Метод *подсчета зерен* заключается в определении количества зерен на единице поверхности шлифа (1 мм^2) и расчете средней площади зерна и среднего диаметра зерен. Подсчет зерен можно проводить на микрофотографиях, в которых поле зрения ограничивают одной из плоских фигур: окружностью диаметром $79,8 \text{ мм}$ или квадратом со стороной $70,7 \text{ мм}$, или прямоугольником с размерами сторон 65×77 , 60×83 , 55×91 или $50 \times 100 \text{ мм}$, что соответствует $0,5 \text{ мм}^2$ поверхности шлифа при увеличении 100^\times .

Подсчитывают число зерен, попавших внутрь выбранной фигуры (n_1), и число зерен, пересеченных ее границами (n_2).

Общее количество зерен (n_{100}) на площади $0,5 \text{ мм}^2$ шлифа при увеличении 100^\times для круга подсчитывают по формуле:

$$n_{100} = n_1 + \frac{1}{2}n_2.$$

Количество зерен m , приходящихся на 1 мм^2 площади шлифа, определяют по формуле $m = 2n_{100}$.

Подсчет зерен проводят не менее чем в трех характерных местах шлифа и по полученным результатам рассчитывают среднеарифметическое значение.

Среднюю площадь сечения зерна (a) в мм^2 определяют по формуле:

$$a = \frac{1}{m},$$

Средний диаметр зерна (d_m) в мм определяют по формуле:

$$d_m = \frac{1}{\sqrt{m}}.$$

Сравнением полученных значений m , a и d_m со значениями соответствующих параметров в табл. 2.1 определяют номер величины зерна G .

Метод подсчета пересечений границ зерен состоит в подсчете зерен, пересеченных отрезком прямой, и определении среднего условного диаметра – в случае равноосных зерен или количества зерен в 1 мм^3 – в случае неравноосных зерен.

Подсчет пересечений зерен в обоих случаях можно проводить на микрофотографиях, на которых проводят несколько отрезков произ-

вольной длины (например 80 или 100 мм при увеличении 100^x , что соответствует длине 0,8 или 1 мм на шлифе). Длину отрезков выбирают с таким расчетом, чтобы каждый из них пересекал не менее 10 зерен, при этом увеличение подбирают так, чтобы на исследуемой поверхности было не менее 50 зерен. Подсчитывают точки пересечений отрезков прямых линий с границами зерен. Зерна на концах прямой, не пересеченные ею целиком, принимают за одно зерно.

Определяют суммарную длину отрезков L , выраженную в миллиметрах натуральной величины на шлифе, и суммарное число пересеченных зерен N .

Измерения проводят не менее чем в пяти характерных местах шлифа. Подсчет количества пересечений равноосных зерен проводят на двух взаимно перпендикулярных отрезках прямых, проведенных в каждом из пяти мест шлифа.

Средний условный диаметр зерна (d_L) в мм вычисляют по формуле:

$$d_L = \frac{L}{N},$$

где L — суммарная длина отрезков, мм; N — общее число зерен, пересеченных отрезками длиной L .

Порядок выполнения работы

Первое задание студенты выполняют при подготовке к работе.

Второе задание выполняется индивидуально под руководством преподавателя.

Подсчет зерен проводится на микрофотографиях: диаметр окружности 79,8 мм, что соответствует площади на шлифе $0,5 \text{ мм}^2$. При этом выбирают три наиболее характерных участка структуры (увеличение 100^x). Полученные значения заносятся в табл. 2.2. Номер величины зерна G определяют путем сравнения значений m , a и d_m со значениями соответствующих параметров в табл. 2.1.

Третье задание также выполняется индивидуально под руководством преподавателя.

Таблица 2.2. Расчет средней площади и среднего диаметра зерна

Номер поля зрения	Количество зерен		Общее количество зерен на площади $0,5 \text{ мм}^2$ n_{100}	Количество зерен на площади 1 мм^2 m	Средняя площадь $a, \text{ мм}^2$	Средний диаметр $d_m, \text{ мм}$
	внутри окружности n_1	пересеченных окружностью n_2				
1						
2						
3						
				$m_{\text{ср}} =$	$a =$	$d_m =$

Номер зерна по шкале G — .

При выполнении этого задания подсчет пересечений зерен проводится на микрофотографиях (увеличение 100^{\times}), на которых необходимо провести пять отрезков произвольной длины, например 60 мм. При увеличении 100^{\times} это соответствует длине 0,6 мм на шлифе. Результаты подсчета заносятся в табл. 2.3.

Таблица 2.3. Расчет среднего условного диаметра (равноосные зерна)

Количество полей зрения	Общая длина отрезков при $l = 0,6 \text{ мм}$	Число пересечений в каждом поле зрения на двух прямых					Общее число пересечений	Средний условный диаметр $d_L, \text{ мм}$	Номер зерна по шкале G
		1	2	3	4	5			
5	$5 \cdot 2 \cdot 0,6 = 6,0$								

Четвертое задание выполняется на металлографическом микроскопе бригадами по несколько человек. При этом проводится приближенная оценка рассматриваемой микроструктуры однофазного металла (сплава) путем сравнения по стандартным шкалам.

Содержание отчета

1. Название, цель работы, задание.
2. Краткое содержание работы.

3. Заполненные табл. 2.2. и 2.3.
4. Список использованной литературы.

Контрольные вопросы

1. Назовите методы количественного металлографического анализа
2. Чем характеризуется визуальный метод оценки?
3. Какова последовательность определения балла зерна метода подсчета количества зерен?
4. Как определить величину зерна методом подсчета пересечений границ зерен?

Лабораторная работа N 3

ИЗМЕРЕНИЕ МИКРОТВЕРДОСТИ

Цель работы: изучение устройства и принципа работы прибора ПМТ-3.

Задания

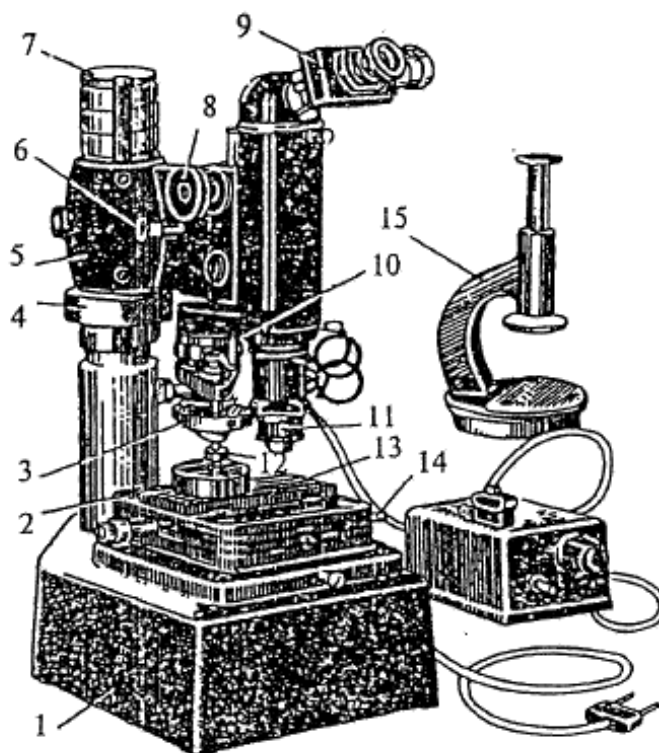
1. Используя учебники и пособия, изучить устройство и принцип работы прибора ПМТ-3.
2. По заданию преподавателя определить микротвердости выданных образцов однофазного материала.
3. По результатам заполнить таблицу.
4. Ответить на контрольные вопросы.
5. Составить отчет.

Общие положения

Испытания на твердость используются не только как средство контроля материалов, но и как средство для исследования фазовых и структурных превращений.

Под *микротвердостью* следует понимать твердость материалов в его микроскопических объемах. Статическое испытание микротвердости вдавливанием является наиболее распространенным методом.

На рис. 3.1 представлен общий вид прибора ПМТ-3.



*Рис. 3.1. Общий вид прибора ПМТ-3 для определения микротвердости:
1 – основание прибора; 2 – предметный столик; 3 – гиря из разновеса;
4 – гайка для перемещения кронштейна с брусом; 5 – кронштейн бруса;
6 – барашек микрометрического движения; 7 – колонна;
8 – барашек грубого движения; 9 – винтовой окулярный микрометр;
10 – рукоятка арретира; 11 – объектив; 12 – оправка с алмазным наконечником,
13 – планка для закрепления исследуемого образца;
14 – рукоятка для поворота столика; 15 – ручной прессик*

Результаты испытания главным образом зависят от формы индентора и прикладываемой нагрузки.

Число твердости H_μ определяется как отношение нагрузки к площади отпечатка:

$$H_\mu = \frac{2P \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = \frac{1,8544P}{d^2},$$

где α – угол при вершине между противоположащими гранями четырехгранной с квадратным основанием пирамиды, равный 136° ;

P – нагрузка, кг;

d – длина диагонали, мм.

Порядок выполнения работы

Первое задание студенты выполняют при подготовке к работе.

Второе и третье задания выполняются под руководством преподавателя бригадами по несколько человек. Данные заносятся в табл. 3.1.

Таблица 3.1.

№ образца	Материал (структура)	d_1	d_2	$d_1 - d_2$	$0,3 (d_1 - d_2)$	H_μ
1						
2						
3						
n						
Среднее значение						

Содержание отчета

1. Название, цель работы, задание.
2. Краткое содержание работы.
3. Заполненная табл. 3.1.
4. Список использованной литературы.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под микротвердостью?
2. Устройство и работа прибора ПМТ-3?
3. Как определяется значения микротвердости?
4. С чем связаны погрешности, возникающие при определении микротвердости?

Лабораторная работа N 4

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Цель работы: изучение влияние термической обработки на структуру углеродистых сталей.

Задания

1. Используя литературные источники, изучить влияние термической обработки на структуру углеродистых сталей.
2. Изучить и нарисовать структуры сталей 45 и У12 после полной и неполной закалки.
3. Изучить и нарисовать структуры стали 45 после низкого, среднего и высокого отпуска.
4. Изучить структуру пластинчатого и зернистого перлита, мартенсита при 1000-кратном увеличении. Произвести сравнительную оценку рассмотренных структур по стандартной шкалой.
5. Ответить на контрольные вопросы.
6. Составить отчет.

Общие положения

Как известно, операциями термической обработки являются отжиг, нормализация, закалка и отпуск. Отжиг и нормализация – это чаще

всего предварительная ТО, заключается в подготовке структуры к последующим операциям механической обработки, либо окончательной ТО.

Закалка с последующим отпуском являются наиболее распространенным видом окончательной ТО для углеродистых сталей.

При закалке сталь нагревают до аустенитного или аустенитно-карбидного состояния, выдерживают в течение времени, необходимого для завершения фазовых превращений, и охлаждают со скоростью выше критической для получения мартенситной структуры.

В зависимости от температуры нагрева различают полную и неполную закалку. При полной закалке сталь нагревают до температур однофазной аустенитной области (рис. 4.1) на 30 - 50°C выше линии A_3 и A_{cm} . Полная закалка применяется только для доэвтектоидных сталей. Микроструктура после полной закалки этих сталей будет состоять из мелкоигльчатого мартенсита и небольшого количества остаточного аустенита.

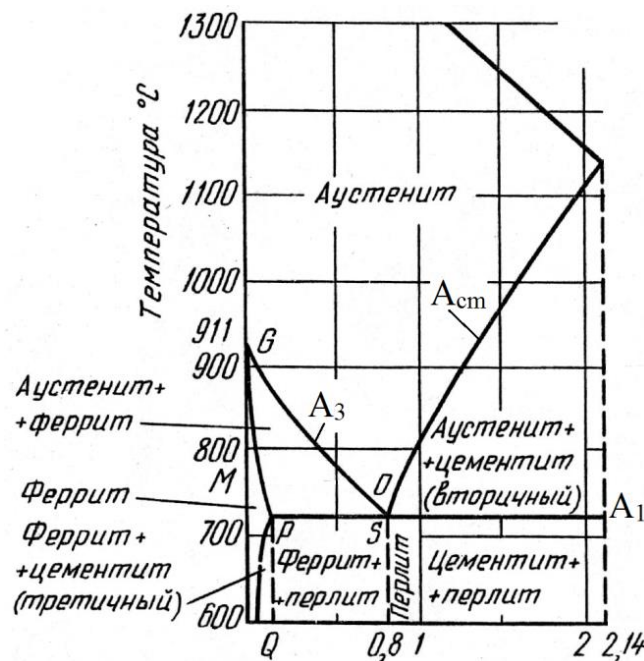


Рис. 4.1. Участок диаграммы Fe-Fe₃C

Микроструктура заэвтектоидных сталей после полной закалки состоит из крупноигльчатого мартенсита и повышенного количества остаточного аустенита. Это объясняется тем, что нагрев этих сталей до

температур, на 30 - 50°C превышающих линию $A_{ст}$, приводит к сильному росту зерна аустенита и увеличению содержания углерода в аустените (за счет растворенного цементита). Большое зерно аустенита приводит к получению крупноигльчатого мартенсита, а повышенное содержание углерода в аустените - к получению большого процента остаточного аустенита вследствие снижения температуры точек M_n и M_k .

Наличие большого количества остаточного аустенита ведет к снижению твердости, крупное зерно - к снижению ударной вязкости, а отсутствие включений цементита - к снижению износостойкости. Поэтому заэвтектоидные стали подвергают неполной закалке.

При неполной закалке заэвтектоидную сталь нагревают до температур между линиями $A_{ст}$ и A_1 , т.е. до двухфазного состояния аустенит плюс цементит.

При последующем охлаждении аустенит превратится в мартенсит. Цементит должен быть в виде мелких равномерно распределенных по объему зернышек. Это обеспечивается предварительной термической обработкой - отжигом на зернистый перлит. Если же перед закалкой микроструктура стали состояла из пластинчатого перлита и замкнутой сетки цементита, то после неполной закалки сетка цементита сохраняется. Сталь, имеющая в своей структуре мартенсит, остаточный аустенит и замкнутую сетку цементита, будет хрупкой. Итак, для заэвтектоидных сталей следует рекомендовать неполную закалку как обеспечивающую более высокие эксплуатационные свойства и экономически более выгодную.

Доэвтектоидные стали при неполной закалке нагревают до температур, лежащих между линиями A_3 и A_1 , т.е. до структуры аустенит плюс феррит. При последующем быстром охлаждении аустенит перейдет в мартенсит, а феррит останется без изменения. Микроструктура доэвтектоидной стали после неполной закалки представляет собой мелкоигльчатый мартенсит, феррит и остаточный аустенит. Сталь, имеющая такую структуру, будет мягкой и недостаточно прочной.

Закалка стали сопровождается увеличением объема, что вызывает появление значительных внутренних напряжений, которые могут вызывать коробление изделий и появление трещин. Поэтому закаленные изделия всегда подвергают отпуску. Отпуск – важнейшая операция термической обработки, формирующая структуру и свойства стали.

Отпуск представляет собой нагрев закаленной стали до температуры ниже точки A_{c1} , выдержки при этой температуре с последующим произвольным охлаждением. Отпуск чаще всего является конечной операцией термической обработки. Влияние температуры отпуска на твердость сталей представлено на рис. 4.2.

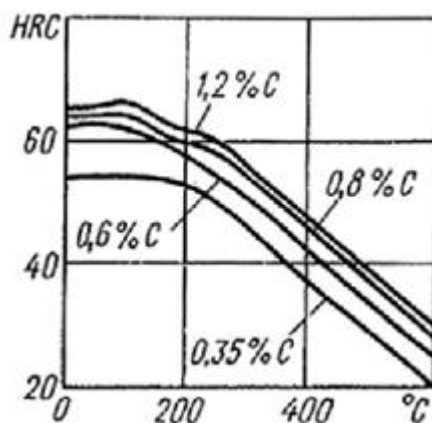


Рис.4.2. Зависимость твердости углеродистых сталей от температуры отпуска

В зависимости от температуры различают низкий, средний и высокий отпуск.

Низкий отпуск (120 - 250 °C) применяют для инструментов, цементованных, цианированных изделий, которым необходимы высокая твердость (60 - 65 HRC) и износостойкость. После такого отпуска у закаленной на мартенсит стали сохраняется игольчатая структура мартенсита, но иглы становятся менее острыми, несколько расплывчатыми, такой мартенсит называется отпущенным мартенситом. Характерным является то, что если в мартенсите после закалки иглы светлые, то в отпущенном мартенсите они темные. Изменение цвета игл

мартенсита связано с изменениями, происходящими в нем при нагревании до указанных температур. При нагревании мартенсита из него выделяется углерод в виде карбидных частиц, но когерентно связанных с исходной фазой. Это приводит к уменьшению степени тетрагональности решетки железа.

Средний отпуск (350 - 450 °С) на отпущенный троостит применяют для стальных пружин, рессор и упругих элементов приборов, которые в работе должны сочетать свойства высокой упругости, прочности и достаточной вязкости. Структура отпущенного троостита является продуктом распада закаленного мартенсита и представляет собой высокодисперсную смесь частиц феррита и цементита. Под микроскопом троостит отпуска выглядит темной массой, в которой слабо различается игольчатое строение цементита.

Высокий отпуск (500 - 600 °С) на сорбит отпуска широко, применяется к изделиям из машиностроительных сталей, содержащих от 0,35 до 0,6% углерода. Сорбит отпуска, подобно отпущенному трооститу, представляет собой ферритно-цементитную смесь, но грубого строения.

Двойная операция (закалка с высоким отпуском) называется улучшением, так как после такой термической обработки сталь приобретает наиболее благоприятное сочетание механических свойств: высокую вязкость и пластичность.

Порядок выполнения работы

Первое задание студенты выполняют при подготовке к работе.

Второе и третье задания выполняется под руководством преподавателя бригадами по несколько человек. Каждая бригада работает с микроскопом МИМ-7, изучает и зарисовывает в квадрате 40x40 мм в виде схемы микроструктуры комплекта микрошлифов в количестве семи штук. Под каждым рисунком указываются увеличение микроскопа, марка стали и обозначаются стрелками структурные составляющие. Сравнение изучаемых структур и зарисовка их схем ведется с использованием альбома фотографий микроструктур.

Четвертое задание выполняется студентами по микрофотографиям.

Содержание отчета

1. Название, цель работы, задание.
2. Краткое содержание работы.
3. Рисунки микроструктур и их описание.
4. Список использованной литературы.

Контрольные вопросы

1. Что происходит при закалке стали?
2. Как неполная закалка влияет на структуру и свойства стали?
3. Какие дефекты могут возникнуть при закалке стали?
4. Как и из каких соображений выбирают температуру отжига стали?
5. Какие бывают виды отжига и каково их назначение?
6. Как и для чего производится нормализация?
7. Что происходит при отпуске стали?
8. Каково назначение низкого, среднего и высокого отпуска?
9. Как осуществить термообработку для получения заданной структуры стали (зернистый перлит, мартенсит, бейнит, троостит, сорбит)?

Лабораторная работа N 5

МЕТАЛЛОГРАФИЯ СВАРНЫХ ШВОВ

Цель работы: изучение микроструктуры сварных соединений.

Задания

1. Используя литературные источники, изучить порядок проведения металлографического контроля сварных швов.
2. При разных увеличениях провести металлографическое исследование микроструктуры сварных соединений.
3. Изучить строение зоны термического влияния, схематично зарисовать структуру характерных участков зоны термического влияния.
4. Ответить на контрольные вопросы.
5. Составить отчет.

Общие положения

Данный вид контроля включает исследование макро- и микроструктуры и осмотр изломов сварных соединений. Исследование изломов швов производят невооруженным глазом или с помощью лупы.

По виду и цвету поверхности свежего излома определяют наличие непроваров, раковин, пор, шлаковых включений, а также пластические свойства наплавленного металла.

Мелкозернистый волокнистый серый излом, без блеска характеризует хорошую пластичность и высокую ударную вязкость металла. Крупнокристаллический блестящий излом указывает на хрупкость и низкую ударную вязкость металла. Исследование макроструктуры заключается в изучении макрошлифов сварного шва. Макрошлифы – образцы, вырезанные из сваренных пластин и изделий в направлении поперек или вдоль шва и отшлифованные наждачной бумагой № 00. Исследуемая поверхность образца обычно включает полное сечение

наплавленного металла шва с прилегающими к нему зонами термического влияния и основного неизменившегося металла. Поверхность макрошлифа промывают спиртом и травят специальными реактивами, после чего осматривают невооруженным глазом или с помощью лупы при увеличении до 10.

Макроисследования выявляют такие дефекты сварки, как непровары, трещины, поры, шлаковые включения, крупнозернистость основного и наплавленного металла, неоднородность структуры металла и другие.

На протравленной поверхности отчетливо видны границы и размеры основных зон сварного шва:

- наплавленного металла;
- термического влияния;
- основного неизмененного металла;
- участка сплавления основного металла с наплавленным;
- отдельные слои наплавленного металла.

Для получения документальных данных макроструктуры фотографируют. Местные скопления серы в металле (даже при содержании ее до 0,04%), которые часто приводят к трещинам, можно определить по специальным отпечаткам. Для этого лист бромосеребряной фотобумаги выдерживают 8 мин. в 5%-ном растворе серной кислоты и затем накладывают на макрошлиф. По истечении 3 мин его снимают и по коричневым точкам и штрихам на фотобумаге судят о количестве серы. Отпечаток затем закрепляют в 10%-ном растворе гипосульфита. Сталь склонна к трещинообразованию, если на отпечатке сера расположена в виде вытянутых строчек или больших местных скоплений.

Исследование микроструктуры сварных швов заключается в изучении поверхности протравленных микрошлифов с помощью микроскопа при увеличениях от 100 до 2000. Микрошлифы изготавливаются и обрабатываются так же, как и макрошлифы, но их поверхность дополнительно полируется на полировальном станке.

Наиболее часто обнаруживаются такие дефекты сварки: микропоры; шлаковые включения; непровары, микротрещины; нитриды (со-

единения железа с азотом в виде продолговатых игл), снижающие пластичность металла; окисные пленки по границам зерен наплавленного металла при его пережоге; карбиды — соединения железа и других элементов с углеродом — в сталях аустенитного класса (выпадение карбидов хрома уменьшает сопротивляемость коррозии нержавеющей стали); укрупненные зерна феррита или наличие видманштеттовой структуры, которые свидетельствуют о перегреве металла и его низких механических свойствах; отбеливание при сварке чугуна; структуры закалки (троостит и мартенсит) при сварке легированных и углеродистых сталей.

Измерение твердости позволяет подтвердить данные микроисследований о характере структур металла шва и оценить его механические свойства. Твердость замеряется при помощи прибора Роквелла на макрошлифах через каждые 1-2 мм в направлении от верхних слоев металла к нижним, а также в перпендикулярном направлении с таким расчетом, чтобы пересечь все зоны шва. Результаты измерений приводятся в виде графиков и таблиц. Металлографические исследования позволяют наиболее тщательно контролировать качество металла швов, но связаны с разрушением сварных соединений.

Участок 1 неполного расплавления – тонкая переходная полоска от металла шва к основному металлу. Максимальные температуры нагрева – от температуры плавления металла до температуры солидус. Следовательно, здесь есть и жидкая и твердая фазы, облегчающие развитие крупного зерна.

На данном участке происходит непосредственное сращивание кристаллов металла шва с зерном основного металла, поэтому он зачастую определяет качество сварного соединения. Структура феррито-перлитная с окантовкой перлитных выделений ферритными прослойками.

Участок 2 перегрева лежит в интервале максимальных температур нагрева $T_c \sim 1130$ °С. В этих условиях зерно успевает сильно вырасти, а последующая перекристаллизация при охлаждении не дает его заметного измельчения. Поэтому металл участка перегрева имеет крупнозернистое строение. Феррит окружает укрупненные перлитные

зерна своеобразной каймой, причем иногда здесь можно видеть видманштеттовскую структуру. Участок перегрева отличается ухудшенными механическими свойствами (прочностью, пластичностью). Поэтому чем он меньше, тем выше качество сварного соединения.

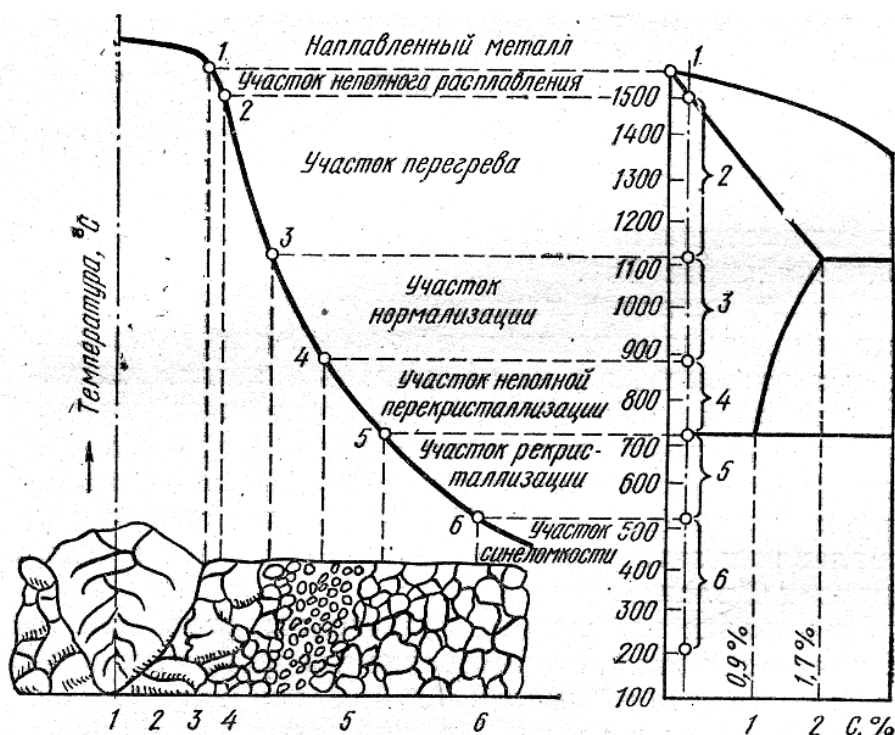
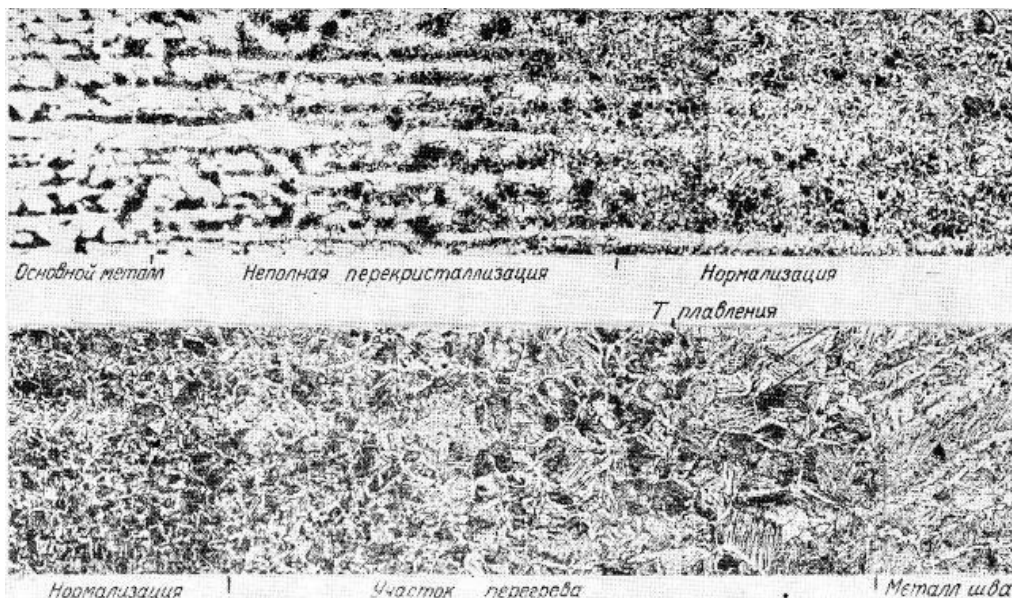


Рис. 5.1. Зона термического влияния:

- 1 – неполного расплавления; 2 – перегрева; 3 – нормализации;
- 4 – неполной перекристаллизации; 5 – рекристаллизации;
- 6 – синеломкости.

Участок 3 нормализации находится в тех областях металла, которые нагреваются до максимальных температур, отвечающих точке. Так как длительность пребывания металла при этих температурах невелика, зерно аустенита заметно вырасти не успевает. Последующая перекристаллизация при охлаждении металла приводит к получению мелкой равноосной структуры. Металл этого участка имеет самые высокие механические свойства.

Участок 4 неполной перекристаллизации наблюдается в области нагрева металла до максимальных температур между точками. Протекающие здесь превращения таковы: при достижении металлом в процессе нагрева температуры, соответствующей точке, происходит эвтектоидное превращение, т. е. перлит переходит в аустенит и затем феррит начинает растворяться в аустените. Каждой температуре, лежащей выше, отвечает какое-то количество феррита, растворившегося в аустените, и только в полоске металла, примыкающего к участку нормализации, где будет достигнута температура точки, в аустените растворится весь феррит. Таким образом, в интервале температур часть феррита не растворится в аустените и сохранит свой старый размер зерен. Тот же феррит, который растворился в аустените, при последующем охлаждении металла будет выделяться из аустенита и образовывать несколько новых зерен феррита. Закончится вторичная кристаллизация эвтектоидным превращением оставшегося аустенита в перлит.

Конечная структура металла на этом участке состоит из крупных зерен феррита, не прошедших перекристаллизацию, и расположенных вокруг них колоний мелких зерен феррита и перлита, образовавшихся в результате перекристаллизации. Механические свойства этого участка хуже, чем свойства участка нормализации.

Участок 5 рекристаллизации наблюдается при сварке металла, подвергнутого холодной обработке давлением. Максимальная температура нагрева металла находится в пределах 500 °С. Здесь протекает рекристаллизация зерен феррита, т.е. рост этих зерен из их раздробленных частей, полученных при пластической деформации металла. Такой рост возможен за счет перехода атомов железа из решетки одного зерна

в соседнюю, обладающую меньшей свободной энергией. Конечно, в этом случае никакого полиморфного превращения железа нет.

Пластическая деформация металла сопровождается значительным упрочнением за счет сдвига и поворота образовавшихся обломков кристаллитов, а протекающая в таком металле рекристаллизация возвращает ему прежние механические свойства. Структуру участка рекристаллизации составляют равноосные зерна феррита и перлита. Если свариваемая сталь не подвергалась пластической деформации, то на участке рекристаллизации никаких структурных изменений не произойдет.

Участок б синеломкости нагревается до максимальных температур 200–500°C. Он характеризуется снижением пластических свойств без видимых изменений структуры. Явление синеломкости объясняют выделением из твердого раствора субмикроскопических частиц различных примесей, располагающихся по границам зерен.

Порядок выполнения работы

Первое задание студенты выполняют при подготовке к работе.

Второе и третье задания выполняются под руководством преподавателя бригадами по несколько человек. При этом студенты схематично зарисовывают рассмотренные микроструктуры и описывают строение зон термического влияния.

Содержание отчета

1. Название, цель работы, задание.
2. Краткое содержание работы.
3. Рисунки микроструктур с описанием строения зон термического влияния.
4. Список использованной литературы.

Контрольные вопросы

1. Какие реактивы используются при травлении стали?
2. Какие реактивы используются при травлении цветных сплавов?
3. Зоны сварного шва.
4. Строение зоны термического влияния.

Лабораторная работа N 6

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ЧУГУНА С РАЗЛИЧНОЙ ФОРМОЙ ГРАФИТА

Цель работы: изучение структуры чугунов с различной формой графита.

Задания

1. Используя литературные источники, изучить структуры белого, серого, ковкого и высокопрочного чугунов.
2. Используя литературные источники, изучить процесс получения ковких чугунов.
3. Нарисовать схему получения ковких чугунов с разными металлическими основами.
4. Изучить микроструктуру ковких чугунов с различной структурой металлической основы.
5. При 100-кратном увеличении провести определение графита в структуре чугуна с пластинчатым графитом по стандартной методике.
6. При 100х-кратном увеличении провести определение графита в структуре высокопрочного чугуна с шаровидным графитом по стандартной методике.
7. Ответить на контрольные вопросы.
8. Составить отчет.

Общие положения

Сплавы железа с углеродом, которые содержат более 2,14% углерода, называются чугунами. Кроме углерода, чугуны содержат повышенное количество кремния, марганца, серы и фосфора. Углерод в чугуне может находиться в связанном виде - в виде цементита или в свободном - в виде графита.

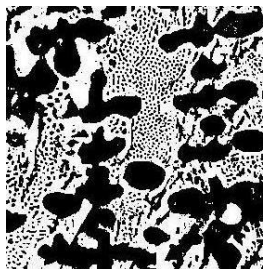
Различают следующие виды чугунов:

- 1) *белый чугун*, в котором весь углерод находится в связанном состоянии, в виде цементита;
- 2) *серый чугун*, в котором большая часть или весь углерод находится в свободном состоянии в виде пластинчатого графита;
- 3) *ковкий чугун*, в котором большая часть или весь углерод находится в свободном состоянии в виде хлопьевидного графита;
- 4) *высокопрочный чугун*, в котором большая часть или весь углерод находится в виде шаровидного графита.

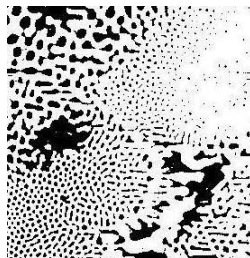
В белом чугуне весь углерод находится в виде цементита (Fe_3C), поэтому этот чугун очень твердый и хрупкий. Структурные превращения происходят в соответствии с диаграммой Fe- Fe_3C . При кристаллизации белых чугунов образуется эвтектика - ледебурит. Как указывалось выше, ледебурит – это механическая смесь аустенита и цементита. Он образуется при температурах 1147°C ; при 727°C аустенит, входящий в состав ледебурита, превращается в перлит; ниже 727°C ледебурит представляет собой смесь перлита и цементита.

По содержанию углерода *белые чугуны* делятся на *доэвтектические* (2 - 4,3%), *эвтектические* (4,3%) и *заэвтектические* (больше 4,3%). Доэвтектические белые чугуны имеют структуру, состоящую из перлита и ледебурита. Чем больше углерода в доэвтектическом чугуне, тем больше содержание ледебурита. Эвтектический белый чугун состоит только из ледебурита. Заэвтектический чугун состоит из крупных пластин первичного цементита и ледебурита. Чем больше углерода в заэвтектическом чугуне, тем больше он содержит первичного цементита.

Доэвтектический
белый чугун



Эвтектический
белый чугун



Заэвтектический
белый чугун



Рис.6.1 Микроструктуры белых чугунов

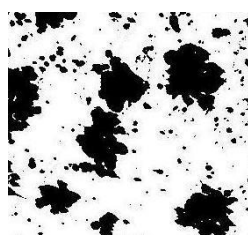
При присутствии углерода в чугунах в свободном виде, в виде графита, свойства чугунов определяются его формой. Графит в чугунах можно рассматривать как концентратор внутренних напряжений.

В серых чугунах графит выделяется в виде пластин, т.е. наблюдается самая высокая концентрация внутренних напряжений, следовательно, серые чугуны будут иметь низкие механические свойства. Прочность серых чугунов на растяжение находится в пределах 100 - 350 МПа (ГОСТ 1412-85).

Серый чугун
(металлическая основа
и пластинчатый гра-
фит)



Ковкий чугун
(металлическая основа и
хлопьевидный графит)



Высокопрочный чугун
(металлическая основа
и шаровидный графит)

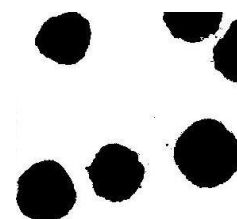


Рис. 6.2. Микроструктуры чугунов

В ковких чугунах хлопьевидная форма графита является более компактной в сравнении с пластинчатым графитом, поэтому вызывает меньшую концентрацию внутренних напряжений, следовательно, механические свойства ковких чугунов будут выше по сравнению с механическими свойствами серых чугунов. Прочность ковкого чугуна может

меняться от 300 до 800 МПа (ГОСТ 26358-87). Кроме того, ковкий чугун более пластичен, чем серый. Относительное удлинение равно 2-15%.

В высокопрочных чугунах присутствующий шаровидный графит меньше ослабляет металлическую основу и обеспечивает высокие механические свойства. Прочность этого чугуна 350 - 1000 МПа (ГОСТ 7293-85).

Кроме того, свойства серого, ковкого и высокопрочного чугунов определяются структурой металлической основы. Металлическая основа этих чугунов бывает ферритной, феррито-перлитной, перлитной. Чугуны на ферритной основе обладают несколько большей пластичностью, а чугуны на перлитной основе имеют несколько большую прочность.

Серый чугун
на ферритной основе



Серый чугун
на феррито-перлитной
основе

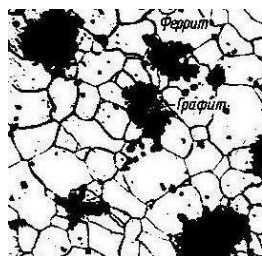


Серый чугун
на перлитной основе

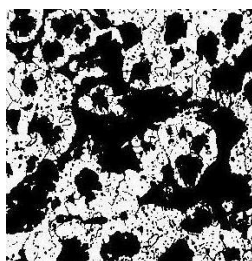


Рис.6.3. Микроструктуры серых чугунов

Ковкий чугун
на ферритной ос-
нове



Ковкий чугун
на феррито-перлитной
основе



Ковкий чугун
на перлитной основе

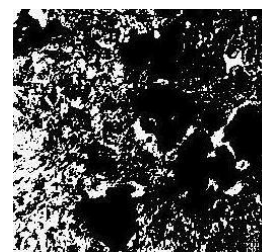
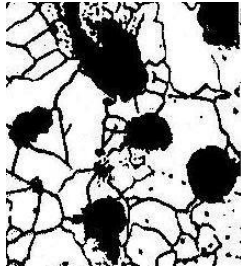


Рис.6.4. Микроструктуры ковких чугунов

Высокопрочный чугун
на ферритной основе



Высокопрочный чугун
на феррито-перлитной основе

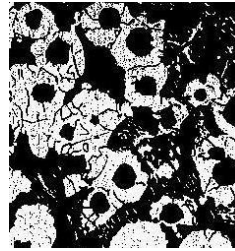


Рис.6.5. Микроструктуры высокопрочных чугунов

Порядок выполнения работы

Первое, второе и третье задание студенты выполняют при подготовке к работе.

При выполнении третьего задания следует обратить внимание на фазовые превращения, протекаемые при получении ковких чугунов.

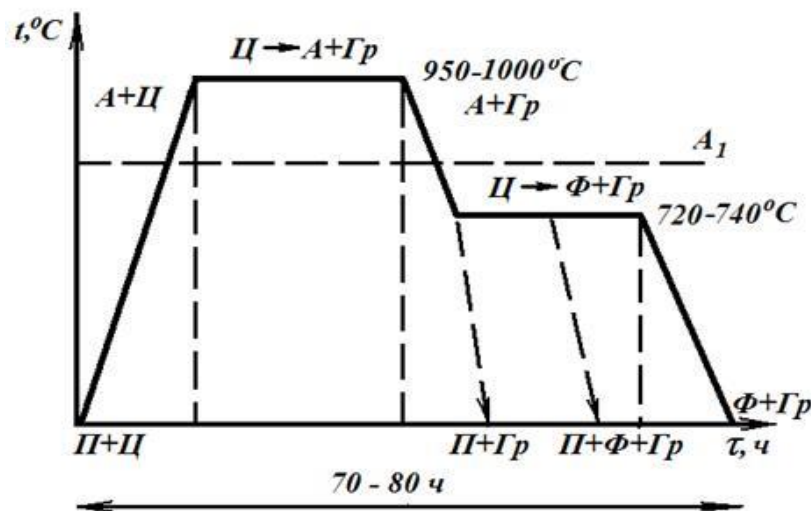


Рис. 6. 6. Получение ковких чугунов

Четвертое, пятое и шестое задания выполняется под руководством преподавателя бригадами по несколько человек. Каждая бригада работает с микроскопом МИМ-7, изучает и зарисовывает в квадрате $40 \times 40 \text{ мм}$ в виде схемы микроструктуры предложенных преподавателем комплекта микрошлифов.

Описание образцов в пятом и шестом задании производится в соответствии со шкалой 1А, 1В, 3А, 3В приложениями 3 ГОСТ 3443-87.

Содержание отчета

1. Название, цель работы, задание.
2. Краткое содержание работы.
3. Зарисованная схема получения ковких чугунов.
4. Рисунки микроструктур и их описание.
5. Список использованной литературы.

Контрольные вопросы

1. Какую микроструктуру имеют белые доэвтектические, эвтектические и заэвтектические чугуны?
2. Как получают ковкие чугуны на ферритной, феррито-перлитной и перлитных основах?
3. Какой серый чугун на ферритной, феррито-перлитной или перлитной основе обладает наибольшей прочностью и какой наибольшей пластичностью?
4. Определение формы включений графита в структуре чугуна с пластинчатым графитом.
5. Определение расположения включений графита в структуре чугуна с пластинчатым графитом.
6. Определение формы включений графита в структуре высокопрочного чугуна с шаровидным графитом.
7. Определение расположения включений графита в структуре высокопрочного чугуна с шаровидным графитом.

Лабораторная работа N 7

МЕТАЛЛОГРАФИЯ МЕДИ И СПЛАВОВ НА ЕЕ ОСНОВЕ

Цель работы: изучение микроструктуры меди и сплавов на ее основе

Задания

1. Используя литературные источники, изучить диаграммы состояния Cu-Zn, Cu-Sn.
2. Провести под микроскопом анализ структуры следующих сплавов: латуней (α , $\alpha + \beta$), оловянистой бронзы Бр05 (литой и после деформации).
3. Определить с помощью металлографического анализа виды брака, возникающих при термической обработке, медных образцов.
4. Ответить на контрольные вопросы.
5. Составить отчет.

Общие положения

Медные сплавы по химическому составу подразделяются на латуни, бронзы и медно-никелевые сплавы.

Латуни – сплавы меди с цинком содержат не более 45 % цинка с небольшим количеством других компонентов. Латуням присущи все положительные свойства меди (высокая электро- и теплопроводность, коррозионная стойкость, пластичность) при более высокой прочности и лучших технологических свойствах.

В зависимости от числа компонентов различают простые (двойные) и специальные (многокомпонентные) латуни. Строение и свойства простых латуней зависят от содержания в них цинка.

Латуни, содержащие до 39 % цинка (Л90, Л80, Л68), имеют однофазную структуру (α -раствор), представляют собой твердый раствор цинка в меди. Они не упрочняются при термической обработке, так как

при нагревании до температуры плавления их структура не изменяется, такие латуни пластичны, хорошо обрабатываются давлением в горячем и холодном состояниях.

Латуни, содержащие 40 – 45 % цинка (Л60, Л59, ЛЦ40Мц1,5), имеют двухфазную структуру ($\alpha + \beta$ -раствор), β -фаза представляет собой твердый раствор на основе химического соединения CuZn (рис. 7.1). Латуни, имеющие двухфазную структуру, обладают повышенной твердостью, хорошо обрабатываются давлением в горячем состоянии, но в холодном состоянии пластичность их невелика.

На рис. 8.1, *а* и *б* приведена микроструктура литейной латуни и латуни после деформирования.

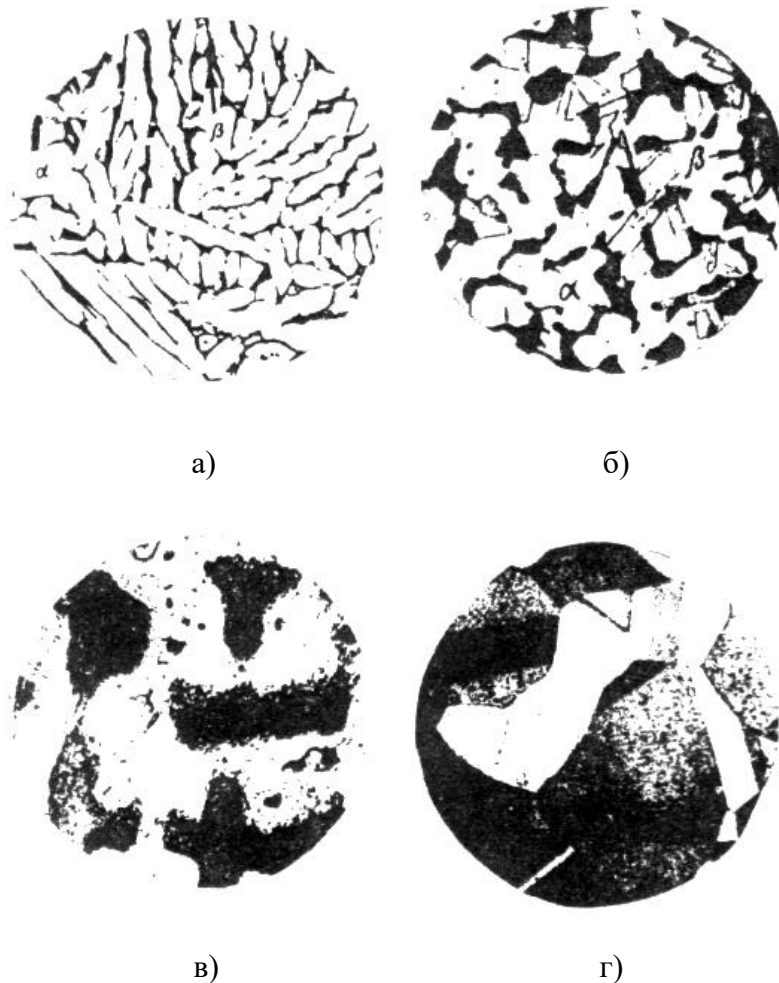
Применяются сложные латуни, в которые для изменения механических и химических свойств дополнительно вводят свинец, олово, кремний, алюминий (свинец улучшает обрабатываемость резанием ЛС59-1), олово повышает коррозионную стойкость (ЛО 60-1), кремний и алюминий повышают механические свойства (ЛК 80-3, ЛА77-2).

По технологическим признакам различают литейные и деформируемые латуни.

Бронзы – это сплавы меди с оловом, алюминием, кремнием, свинцом, бериллием (в настоящее время бронзами называют все сплавы меди, кроме латуней и медно-никелевых сплавов). По химическому составу бронзы делятся на оловянные и безоловянные (специальные), а по технологическим свойствам – на обрабатываемые давлением (деформируемые) и литейные.

Сплавы меди с оловом – *оловянные бронзы* (Бр010, БрО10Ф1) очень давно и широко применяются в промышленности благодаря высокой коррозионной стойкости и антифрикционным свойствам. Микроструктура литейной оловянной бронзы (рис. 7.1, *в*) состоит из неоднородного твердого α -раствора (твердого раствора олова в меди) и эвтектоида $\alpha + \text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$. Темные участки неоднородного твердого α -раствора богаты медью, светлые – оловом, в эвтектоиде на светлом фоне соединения $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$ видны темные точечные включения α -фазы.

На рис. 7.1, *г* приведена микроструктура бронзы после деформирования и рекристаллизации.



*Рис. 7.1. Микроструктуры (x 100): а – литейная латунь ($\alpha + \beta$);
 б – латунь ($\alpha + \beta$) после деформирования; в – литейная бронза Бр05;
 г – бронза после деформирования и рекристаллизации*

В результате термической обработке возможно образование различного рода дефектов. Металлографическое исследование образцов из меди и ей сплавов позволяет определить такие дефекты, как перегрев, пережог, разнотеренность

Пережог (рис.7.2) – неисправимый дефект, возникающий при значительном завышении температуры. Иногда наблюдается оплавление по границам зерен. Механические свойства сильно занижены. При дальнейшей обработке происходит разрушение по границам зерен.

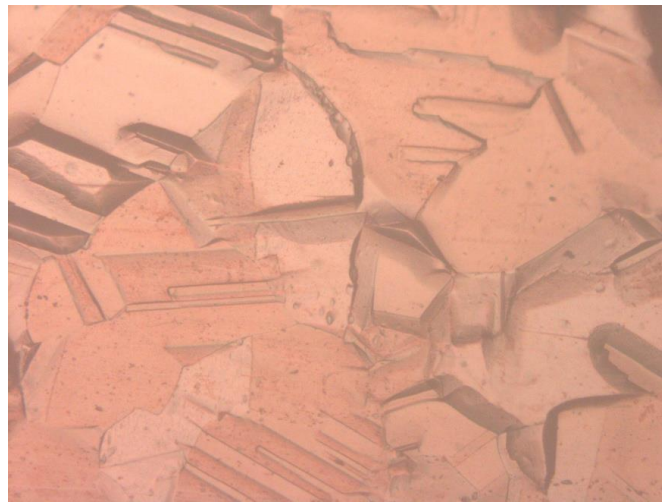
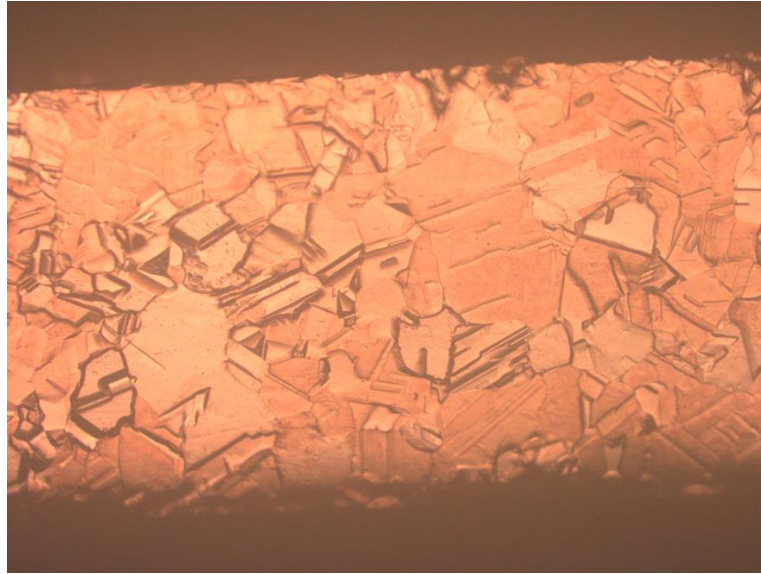
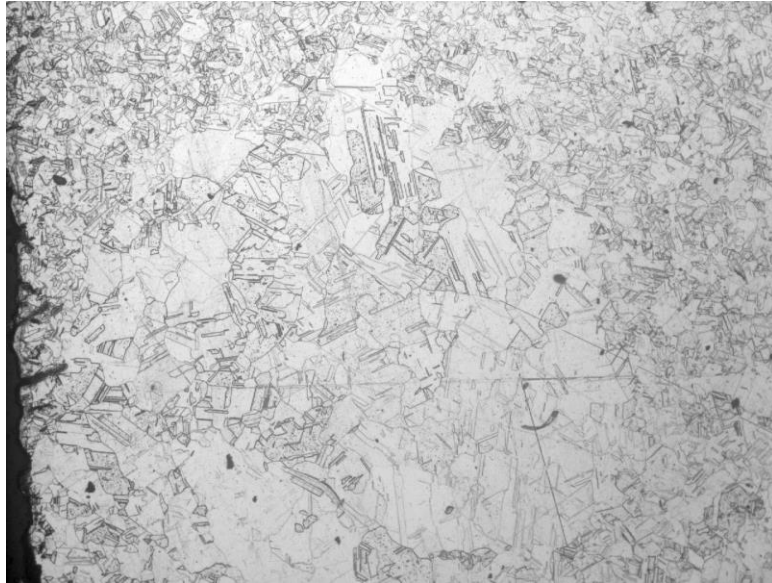


Рис.7.2. Пережог в структуре меди

Разнозеренность (рис.7.3) – дефект, наблюдаемый в структуре после рекристаллизационного отжига. Нежелателен из-за существенной анизотропии свойств рекристаллизованных деталей, что, безусловно, влияет на эксплуатационные характеристики изделия.

Причинами возникновения разнозеренности могут являться недостаточно сбалансированный химический состав, критические степени деформации или неравномерные деформации, отсутствие защитных атмосфер и некачественная термическая обработка.



*Рис. 7.3. Микроструктура меди М06 после рекристаллизационного отжига (x100),
балл зерна 4-8*

Порядок выполнения работы

Первое задание студенты выполняют при подготовке к работе.

Второе и третье задания выполняются под руководством преподавателя бригадами по несколько человек. Каждая бригада работает с микроскопом МИМ-7, изучает и зарисовывает в квадрате 40x40 мм в виде схемы микроструктуры двух комплектов микрошлифов.

Содержание отчета

1. Название, цель работы, задание.
2. Краткое содержание работы.
3. Рисунки микроструктур и их описание.
4. Список использованной литературы.

Контрольные вопросы

1. Каковы составы, структура латуней?
2. Каковы составы, структура бронз?

3. Какие виды дефектов термической обработки определяются металлографическим исследованием в изделиях, изготовленных из меди и ее сплавов?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература:

1. Белихов А.Б. Основы практической металлографии [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Белихов А.Б., Белкин П.Н.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2013.— 56 с.— <http://www.iprbookshop.ru/18391>

2. Картонова Л. В. Основы материаловедения металлических и неметаллических веществ/ Л. В. Картонова, В. А. Кечин. – Владимир: Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых (ВлГУ), 2014. – 176 с. Издание на др. носителе: Основы материаловедения металлических и неметаллических веществ [Электронный ресурс], ISBN 978-5-9984-0503-7.

3. Материаловедение и технология материалов: Учебное пособие / К.А. Батышев, В.И. Безпалько; Под ред. А.И. Батышева, А.А. Смолькина. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013 - 288 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-16-004821-5
<http://znanium.com/bookread2.php?book=397679>

4. Материаловедение и технология материалов: Учебник / Г.П. Фетисов, Ф.А. Гарифуллин. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 397 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-16-006899-2, <http://znanium.com/bookread2.php?book=413166>

Дополнительная литература:

1. Металлография металлов, порошковых материалов и покрытий, полученных электроискровыми способами: Монография / В.Н. Гадалов, В.Г. Сальников, Е.В. Агеев, Д.Н. Романенко. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 468 с. - ISBN 978-5-16-009752-7.
<http://znanium.com/bookread2.php?book=456122>

2. _Материаловедение [Электронный ресурс]: учебное иллюстрированное пособие/ Е.Г. Зарембо. - М.: УМЦ ЖДТ, 2009. - <http://www.studentlibrary.ru / book / ISBN9755999400475.html>

3. Материаловедение. Применение и выбор материалов [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Солнцев Ю.П., Борзенко Е.И., Вологжанина С.А. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2007. – <http://www.studentlibrary.ru / book / ISBN9785938081406.html>

4. Покрyтия различного назначения для металлических материалов: Учебное пособие/ А.А.Ильин, Г.Б.Строганов, С.В.Скворцова - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2013 - 144 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Совр. технол.: Магистратура). ISBN 978-5-98281-355-8, <http://znanium.com/bookread2.php?book=415572>

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
<i>Лабораторная работа № 1.</i>	
Изучение металлографического микроскопа	4
<i>Лабораторная работа № 2.</i>	
Количественный металлографический анализ	11
<i>Лабораторная работа № 3.</i>	
Измерение микротвердости	16
<i>Лабораторная работа № 4.</i>	
Изучение влияния термической обработки на структуру углеродистых сталей	19
<i>Лабораторная работа № 5.</i>	
Металлография сварных швов	25
<i>Лабораторная работа № 6.</i>	
Изучение структуры чугуна с различной формой графита	31
<i>Лабораторная работа № 7.</i>	
Металлография меди и сплавов на ее основе	37
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	42