Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Баламирзоев Назим Лиодинович
Должность: И.о. ректора
Дата подписания: 22.08.2023 16:46:24
Уникальный программный ключ:
2a04bb882d7edb7f479cb266eb4aaaedebeea849

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет»

ЭЛЕКТРОННЫЕ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам с применением интерактивных методов обучения по дисциплине «Материаловедение»,для аспирантов направления подготовки 15.16.01-Машиностроение,для студентов направлений подготовки бакалавров 15.03.05– Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств и материаловедение, 23.03.01-Технология транспортных процессов и 18.03.01 - Химическая технология. Выпуск 2

Махачкала 2023

УДК 656. 13. 05. 001. 25 (038)

Ахмедпашаев М.У. Бегов Ж.Б. Ахмедпашаев М.М. ЭЛЕКТРОННЫЕ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ к лабораторным работам с применением интерактивных методов обучения по дисциплине «Материаловедение», для аспирантов направления подготовки 15.16.01–Машиностроение,студентов направлений подготовки бакалавров 15.03.05– Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств и материаловедение и 23.03.01-Технология транспортных процессов**.** Махачкала: ИИЦ «ДГТУ», 2023.−27 с.

Учебно-методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Материаловедение» для аспирантов направления подготовки 15.16.01–Машиностроение, студентов направлений подготовки бакалавров 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств и материаловедение, 23.03.01 - Технология транспортных процессови 18.03.01 - Химическая технология.

В них применены интерактивных методов обучения, используется интерактивная доска.

В методических указаниях приведены краткие теоретические сведения, подробно описана методика проведения лабораторных работ. Наличие большого количества справочного материала делает данныеметодические указания удобным для проведения лабораторных работ.Для удобства исследования образцов, металлографический микроскоп соединен компьютером с помощью приставки ToupCam.

Рецензенты:

1. Дибиров С.Ю.- к .т.н., доцент кафедры КТОМП и М

2. Батманов Э.З.-к.т.н., декан ТрФ ДГТУ

Печатается согласно постановлениюУченого совета Дагестанского государственного технического университета протокол №___ от _____2023 г.

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методические указаниясоставлены в соответствии с рабочими программами по курсу «Материаловедение» для студентов направлений подготовки бакалавров 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств и материаловедение и 23.03.01 - Технология транспортных процессов.

В указаниях приведены 2 важные лабораторные работы, направленные на изучение наиболее распространенных материалов в промышленности: сталей и чугунов.

Описание лабораторных работ состоят из двух частей. В первой части ставится цель, и приводится теоретические сведения, необходимые студентам для подготовки к самостоятельному выполнению работы. Во второй части даются методические указания и порядок выполнения работ, и составление письменных отчетов.

В заключении имеются контрольные вопросы для самопроверки.

Основные механические свойства сплавов и рекомендуемая литература приведены в конце методических указаний.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1
ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ В РАВНОВЕСНОМ СОСТОЯНИИ

Цель работы:

1. Ознакомить студентов со структурами железоуглеродистых сплавов в равновесном состоянии;

2. Получить навыки в проведении микроанализа структур углеродистых сталей;

3.Определение и выявление структуры и типа сплава;

4.Рассчитать содержание углерода в рассматриваемой стали;

5.Определение марки стали.

1.1Теоретические основы

Под равновесным состоянием сплава понимается такое состояние, когда все фазовые превращения в сплаве полностью закончились в соответствии с диаграммой. Оно достигается только при очень медленном охлаждении.

Основой для определения структурных составляющих железоуглеродистых сплавов в равновесном состоянии является диаграмма состояния системы железо-углерод (рис. 1.1).

Железоуглеродистые сплавы, содержащие углерода от 0,02% до 2,14%, называются **сталями.** В практике, однако, стали с большим содержанием углерода, чем 1,4 % не применяются, т.к. они очень хрупкие и с трудом поддаются механической обработке.

Структура стали, в равновесном состоянии, зависит от содержания в ней углерода.

Стали по структуре делятся на: доэвтектоидиые, эвтектоидные изаэвтектоидные.

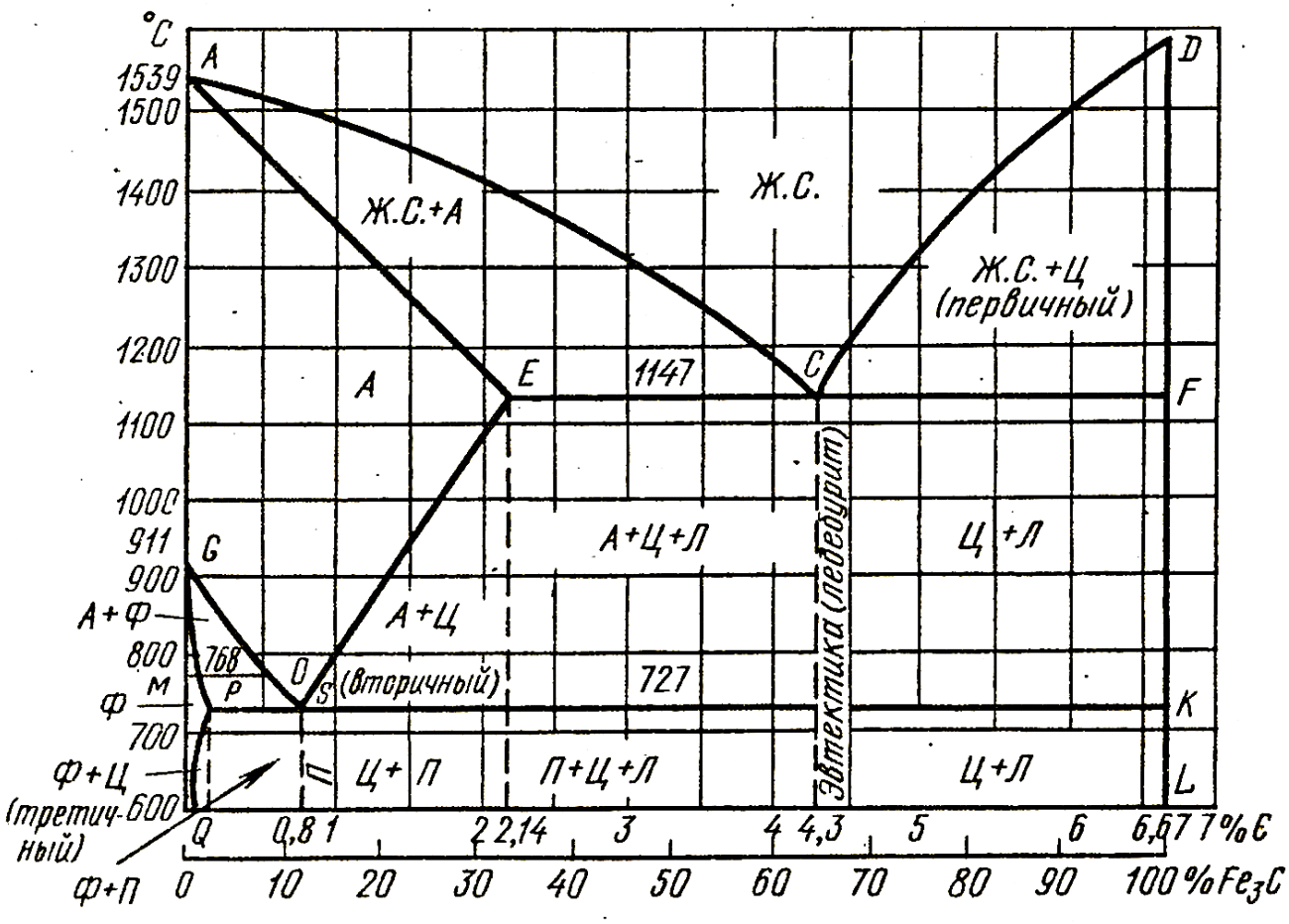


Диаграмма состояния железо - цементит (в упрощённом виде)
А- аустенит, П - перлит, Л - ледебурит, Ф - феррит, Ц - цементит

Рисунок 1.1. Диаграмма состояния железо-цементит

1.1.1 Микроструктура доэвтектоидных сталей

Доэвтектоидные стали, содержат более 0,02%, но менее 0,8% углерода. Структура доэвтектоидной стали, состоит из феррита (твердого раствора углерода в α-железе) и перлита (механической смеси феррита и цементита). Рассмотрим в соответствии с диаграммой состояния железо-цементит фазовые превращения, происходящие при медленном охлаждении из аустенитной(твердого раствора углерода в γ-железе)области в доэвтектоидной стали, содержащей 0,4 % С.

При охлаждении аустенита до температуры, соответствующей критичес-

кой точке Ar_3 (см. кривая GS на рис. 1.1), никаких превращений в нем не происходит. При достижении температуры, отвечающей точке A_3 (точнее немного ниже нее), из аустенита начинает выделяться феррит. Процесс выделения феррита будет идти от Ar_3 до Ar_1.При этом концентрация углерода в аустените будет увеличиваться (в соответствии с линией GS) т.к. феррит почти не содержит углерода.При 727° (точнее немного ниже 727°С) в стали, происходит эвтектоидное превращение: аустенит эвтектоидного состава (0,8% С) превращается в перлит, состоящий из феррита и цементита. При эвтектоидном превращении стали, находятся в равновесии 3 фазы: аустенит, феррит и цементит вторичный.

После окончательного охлаждения микроструктура стали состоит из феррита и перлита (выделением из феррита избыточного третичного цементита пренебрегаем, т.к. металлографический третичный цементит в сталях не выделяется).

По микроструктуре с достаточной для практических целей точностью можно определить содержание углерода в отожженных углеродистых доэвтектоидных сталях. Принимая феррит за чистое железо (практически), можно считать, что весь углерод в доэвтектоидных сталях находится в перлите.

Например, пусть 60 % всей площади рассматриваемого под микроскопом шлифа занято перлитом и 40% - ферритом. Так как весь углерод находится в перлите, то содержание углерода в стали, будет следующим:

$$C\% = (60 \times 0{,}80)/100 = 0{,}48\%$$

На рисунке 1.2,а показано микроструктура доэвтектоиднойстали, содержащей 0,1% С. Здесь структура состоит из феррита и перлита: феррит в виде не ярко белой составляющей, а перлит - в виде темной.

Микроструктура доэвтектоиднойстали, содержащей 0,25% С. состоит так же из феррита и перлита. Здесь количество перлита больше, чем в стали с 0,1% С (рис. 1.2, б). При содержании 0,45 % углерода, феррита и перлита примерно одинаково (рис. 1.2, в), а при увеличении - уже превалирует перлит (рис. 1.2, г).

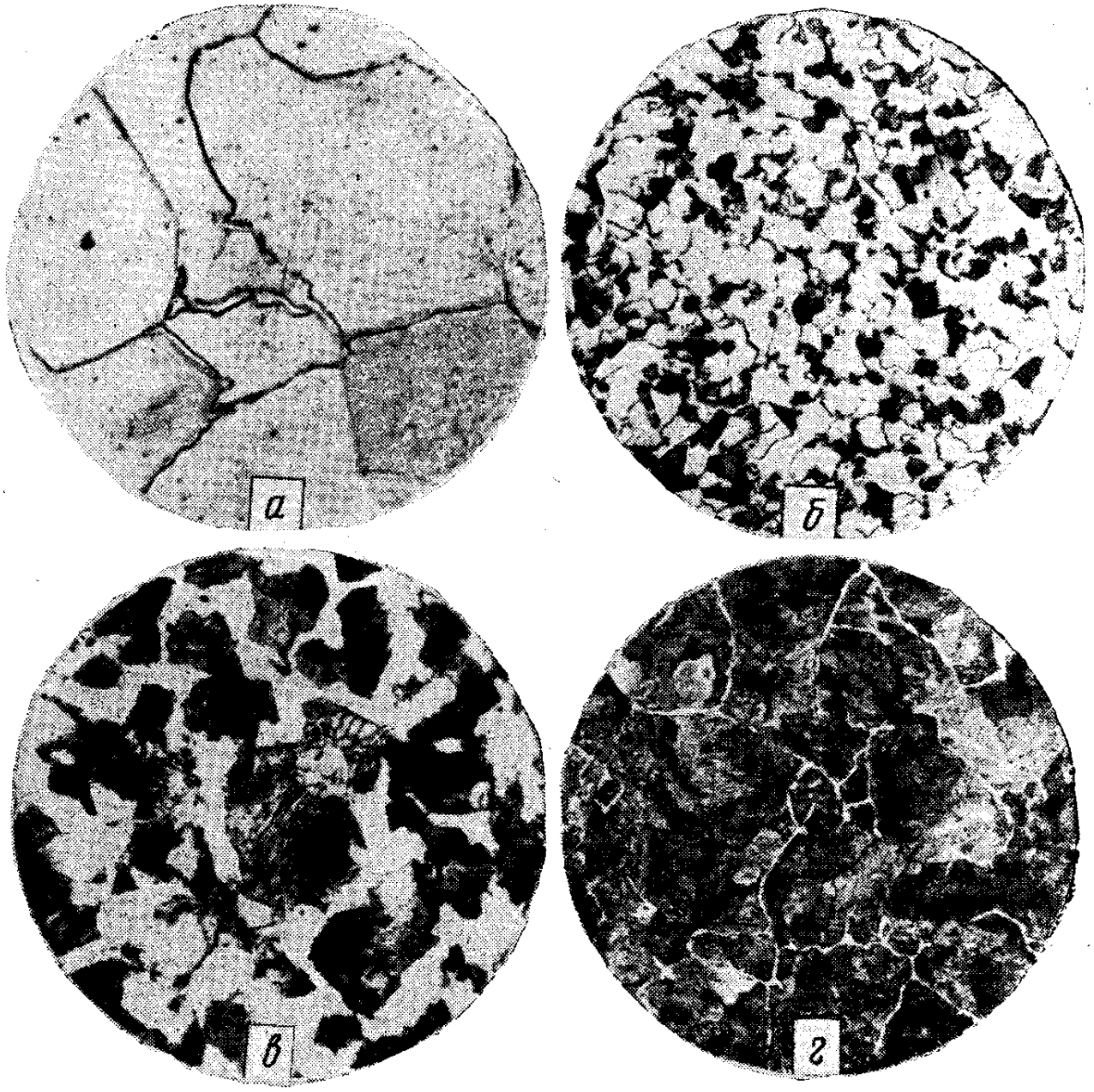
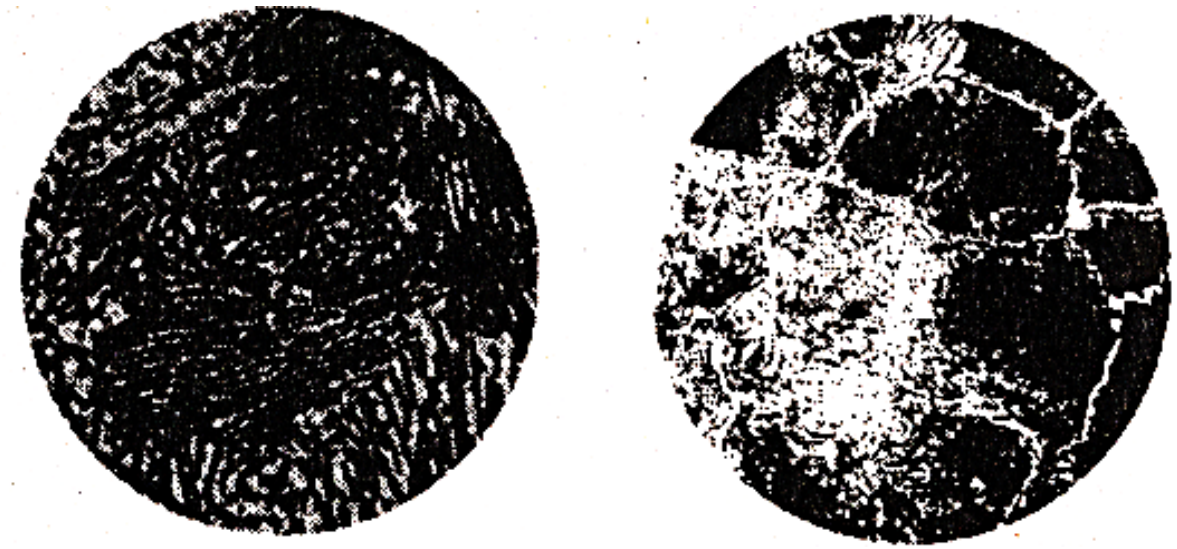


Рисунок 1.2. Структура доэфтектоидных сталей в равновесном состоянии

1.1.2 Микроструктура эвтектоидных и заэвтектоидных сталей

Сталь, с содержанием одного только эвтектоида (0,8% углерода), называется **эвтектоидной сталью.** Структура эвтектоидной стали показана на рис.1.3, а. Онасостоит из одного перлита; в этом случае все поле шлифа заполнено перлитом –двухфазной структуры (эвтектоида), представляющей механическую



а б

Рисунок 1.3. Структура доэфтектоидных сталей в равновесном состоянии

смесь,с суммарным содержанием углерода 0,8 %..

Перлит как двухфазная структура при воздействии реактива (например, 4 % раствора азотной кислоты) на микрошлиф травится интенсивнее, чем феррит. Поэтому при рассмотрении под микроскопом перлит, имеет вид темных включений неоднородного строения.

Вследствие значительной дисперсности строение перлита можно отчетливо различать только при сравнительно больших увеличениях, более чем в 500 раз. Строение перлита бывает пластинчатое и зернистое, в зависимости от условий нагрева. Например, если сталь с содержанием с 0,8 % С нагреть до 900°С, затем перенести ее в другую печь, нагретую до 710°С и выдержать в ней до конца распада аустенита, получается структура пластинчатого перлита. Если же сталь нагреть до 780°С, а затем выдержать при 710°С и охладить, то получится структура зернистого перлита.

Стали, содержащие более 0,8% углерода, называются **заэвтектоидными.**

Структура заэвтектоидных сталей при комнатной температуре состоит из перлита и вторичного цементита, причем цементит может располагаться в виде сетки (см. рис 1.3, б), зерен или игл.

Рассмотрим, в соответствии с диаграммой состояния железо-цементит, фазовые превращения, происходящие при медленном охлаждении, из аустенитной области заэвтектоидной стали, содержащей 1,2% С.

При охлаждении аустенита до температуры, соответствующей критической точке $Ar_{ст}$ (кривая SE см. рис. 1.1), превращений в нем не происходит. При достижении температуры, соответствующей точке $Ar_{ст}$ (точнее, немного ниже нее), из аустенита начинает выделяться избыточный (вторичный) цементит. Процесс выделения вторичного цементита пойдет от $Ar_{ст}$ до Ar_1 при этом концентрация углерода в аустените будет уменьшаться в соответствии с линией ES. При достижении эвтектоидной температуры Ar (прямая PSK, точнее немного ниже нее) сталь будет претерпевать эвтектоидное превращение, т.е. аустенит эвтектоидного состава (0,8% С) превратится в перлит. После окончательного охлаждения микроструктура заэвтектоидной стали, будет состоять из перлита и вторичного цементита.

На рисунке 1.3,б показано, микроструктура заэвтектоидной стали содержащей 1,2% С. Структура состоит из зерен пластинчатого перлита и сетки вторичного цементита. После травления 4%-м раствором HNO_3 в спирте цементит под микроскопом имеет вид светло белой составляющей (белее, чем феррит), а перлит - вид темной составляющей. Чтобы отличить по микроструктуре цементит от феррита, шлиф, протравленный 4%-м раствором HNO_3, заново переделывается, т.е. шлифуется и полируется, а затем травится пикратом натрия. Последний окрашивает цементит в темный цвет.

Углеродистые стали, в зависимости от назначения и свойств подразделяются: обыкновенного качества, качественные конструкционные и инструментальные.

Сталь обыкновенного качества (ГОСТ 380-2005) подразделяется на 3 группы: А - поставляемая по механическим свойствам; Б - поставляемая по химическому составу; В - поставляемая по механическим свойствам и химическому составу.

Стали группы А маркируются: Ст.0; Ст.1 и т.д. до Ст.7. Подобным образом, только с буквой Б., К или М, указывающей способ выплавки, маркируютсяся стали группы Б: МСт.0; МСт.1; КСт.0; БСт.0 и т.д.; стали группы В - буквами ВМ (Вст.2; ВМСт.3 и т.д.) или ВК (ВКСт.2 и т.д.). Металлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей (ГОСТ 1050-2013) подрадделяется на 2 группы: с нормальным содержанием марганца (0,25-0,80%); с повышенным содержанием марганца (0,70-1,20%).

Стали 1 группы, маркируются- 05кп; 08; 08кп; 1 5; 1 5кп; 20; 20кп; 25; 30; 40 и т.д. до 85. Сталь 2 группы - 15Г; 20Г; 25Г и т.д. до 65Г.

В марке стали, двузначные цифры обозначают среднее содержание углерода в сотых долях процента, буква Г - повышенное содержание марганца. Индексом «кп» обозначается кипящая сталь. Она не раскисляется кремнием, и ее феррит, вследствие низкого содержания в нем кремния (не более 0,07%), очень мягкий и вязкий. Такая сталь в машиностроении применяется для холодной штамповки и вытяжки.

Сталь инструментальная углеродистая (ГОСТ 1435-99) подразделяется на 2 группы: качественные стали; высококачественные стали.

Инструментальные качественные стали обозначаются: У7, У8, У10, У11, У12, У13. Подобным же образом маркируются и высококачественные инструментальные стали, более чистые по содержанию серы, фосфора, остаточных примесей, а также по неметаллическим включениям и, с более суженными пределами содержания марганца и кремния по сравнению с группой качественных сталей, только после цифр ставится буквaА (У7А, У8А, У8ГА, У9А и т.д.).

Буквы и цифры в обозначениях марок стали указывают: буква У-углеродистая, следующие за ней цифры - среднее содержание углерода в десятых долях процента, буква Г - повышенное содержание марганца.

Инструментальные стали У7, У8, У9 отличаются от качественных конструкционных сталей 70, 75 и 80 по содержанию в них марганца, серы и фосфора. В инструментальной стали, марганец содержит 0,15-0,4%, а вкачественной кон-

струкционной - 0.5-0 8%. Серы в инструментальной стали допускается не более 0,03 %, фосфора - не более 0,035%, а в качественно-конструкционной - не более 0,04% каждого.

1.2 Порядок выполнения работы

1. Начертить часть диаграммы состояния системы $Fe-Fe_3C$, относящуюся к области сталей.

2. Охарактеризовать фазы и структурные составляющие изучаемых сталей.

3. Изучить и зарисовать микроструктуры сталей.

4. Определить концентрацию углерода в каждом шлифе сталей.

5. Произвести классификацию сталей по их химическому составу.

6.Определить марки сталей, указать их механические свойства (приложение 1) и область применения.

'7. Написать отчет по работе в соответствии с вышеуказанными пунктами задания.

1.3 Методические указания

Студент, получив комплект шлифов (без номеров), просматривает их под микроскопом, определяет по микроструктуре тип сплава, изучает структуру шлифа и зарисовывает ее в тетрадь, причем рисунки должны быть по возможности близки к оригиналу рассматриваемой структуры. Основное при зарисовке структур должно заключаться в том, чтобы уловить характерные особенности структуры и передать их на рисунке. Передавать на рисунке фотографически точное изображение не нужно.

Студент должен представить письменный отчет о работе, в котором зарисованы все выявленные структуры. Зарисовка структур должна быть проделана

во время работы в лаборатории .

Наименование структурных составляющих необходимо выносить и соединить с соответствующими частями рисунка стрелками. В отчете должна быть помещена диаграмма состояния железо-углерод с обозначением на ней всех фаз и структуры.

1.4 Составление отчета

Отчет о выполненной работе должен содержать:

1. Цель работы (см. стр. 4);

2. Задание (комплект шлифов);

3. Область чугунов метастабильной диаграммы состояния Fe-Fe_3C (в масштабе).

4.Зарисовки и описание микроструктуры (согласно п.1.3.);

5. Подсчет содержания углерода исследуемых сталей (см. пример стр. 6);

6. Данные о механических свойствах (см. приложения 1, 2);

7. Результаты выполненной работы в виде таблицы, например:

Марка стали	Твердость НВ, МПа	Наименование структурных составляющих			Примерное содержание углерода	Механические свойства			
		Ф	П	Ц		$\sigma_в$, МПа	δ,%	ω,%	КС, кДж/м
Ст. 4	2150	50%	50%	-	0,4	455	20	24	45

Вопросы для самопроверки

1. В каких состояниях может находиться углерод в сплавах?

2.Охарактеризуйте твердые фазы в системе железо-углерод: феррит, аустенит, графит и цементит.

3.Укажите фазовый состав всех областей на диаграмме состоянии железо-цементит, касающееся сталям.

4. Запищите реакции 3-х фазного равновесия системы железо-углерод.

5. Объясните различие в системе железо-углерод.

6. Расскажите о классификации сталей по химическому составу, качеству и степени раскисления.

7. Влияние примесей на свойства углеродистых сталей.

8. Влияние углерода на механические свойства стали.

9. Структура и свойства, маркировка и применение конструкционных углеродистых сталей.

10.Как определить процентное содержание углерода?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ЧУГУНОВ

Цель работы:

1 .Ознакомить студентов со структурами белых, серых, ковких и высокопрочных модифицированных чугунов;

2.Получить навыки в проведении микроанализа структур чугунов;

3.Определение по выявленной структуре типа сплава содержание углерода, марки чугуна.

2.1 Теоретические основы

Чугунами называются железоуглеродистые сплавы, содержащие более 2,14% С. Чугун отличается от стали более высоким содержанием углерода, лучшими литейными качествами, малой способностью к пластической деформации.

Чугуны по содержанию углерода подразделяют на доэвтектиче-ские (2,14-4,3% С), эвтектические (~ 4,3% С), заэвтектические (>4,3% С). В зависимости от того, в какой форме присутствует углерод в сплаве, различают белый, серый, высокопрочный и ковкий чугуны.

2.1.1 Белый чугун

Белым, называется чугун, у которого весь углерод находится в связанном состоянии. Метастабильная диаграмма Fe-Fe_3C отражает фазовые превращения, протекающие в этих чугунах при нагреве и охлаждении. При комнатной температуре структура доэвтектического чугуна состоит из ледебурита, перлита и вторичного цементита (рис. 2.1 а, б).

Белый эвтектический чугун имеет в своей структуре один ледебурит (рис. 2.1 в).Ледебуритная составляющая на металлографическом шлифе имеет вид

а – 2,5 % углерода; 3,5 % углерода; 4,3 % углерода;5,0 % углерода

Рисунок 2.1. Микроструктура белых чугунов

светлых цементитных полей, с равномерно расположенными на них мелкими-
Из-за большого количества цементита белые чугуны очень тверды (НВ 450-550 МПа) и хрупки, поэтому для изготовления деталей машин не используется. Ограниченное применение находят чугунные отливки с отбеленной поверхностью: прокатные валки, лемеха плугов, шары мельниц и др. При этом структуру белого чугуна имеет только поверхностный слой изделия. В последнее время белые чугуны все чаще используют в качестве износостойкого и инструментального материала.

Легирование чугуна карбидообразующими **W, Mo,V, C**г и др. элементами позволяет принципиально изменить строение эвтектической структурной составляющей и получить вместо ледебурита (где хрупкий цементит составляет матрицу)эвтектическую структуру, в которой карбидная фаза располагается в виде разветвленных образований в пластичной твердо растворимой матрице

2.1.2 Серый чугун

Серым, называется чугун, у которого весь углерод или часть его присутствует в свободном состоянии в форме графита. Термины белый чугун и серый чугун связаны с видом излома, определяемым наличием светлых кристаллов цементита или темных кристаллов графита. Основная масса графита в сером чугуне образуется в период,кристаллизации из жидкой фазы, причем, в плоскости шлифа, графит имеет вид пластинчатых включений, изолированных друг от друга (рис. 2.2).

Серый чугун - это сплав сложного состава. Химический состав серого чугуна колеблется в следующих пределах: 3,2-3,8% C; 1-5% Si; 0,5-0,8% Mn; 0,2-0,4% P; до 0,12% S.Фактором, способствующим графитизации, т.е. выделению углерода в свободном состоянии - является,прежде всего, малая скорость охлаждения. Это связано с тем, что при образовании цементита (6,67% C) из жидкости, а также из аустенита, необходимые диффузионные процессы происходят кинетически легче, чем при кристаллизации графита (100% C). Вместе с тем, графит является устойчивой фазой, а цементит - менее устойчивой, следовательно, термодинамические факторы способствуют образованию не цементита, а графита.

а б

а-ферритного; б-перлитного

Рисунок 2.2 -Микроструктура серого чугуна

Большое влияние на процесс графитизации оказывает химический состав чугуна. Элементами, способствующими графитизации, являются: C, Si, Ni, Си и др.; препятствуют графитизации: Мп, S, Cr, W и др. Практически, наиболее важными элементами являются кремний и марганец. Изменяя в чугуне содержание кремния при постоянном содержании марганца, получают различное количество углерода в свободном виде, т.е. различную степень графитизации.

В чугунах с высоким содержанием кремния, при медленном охлаждении отливки графит появляется непосредственно из жидкой фазы. С увеличением скорости охлаждения первоначально из жидкости выделяется цементит, а графит может образоваться уже вследствие распада цементита при дальнейшем охлаждении.

На свойства серого чугуна оказывают большое влияние такие структурные факторы, как вид графитовых включений, их размеры и характер металлической основы. Производятся чугуны с ферритной (см. 2.2,а), а такжеферритно-перлитной и перлитной основой (см. 2.2, б).

Графит имеет очень низкую прочность, поэтому полости, занятые графитом часто рассматривают, как надрезы или трещины в металлической основе чугуна. Чем мельче графитовые пластины и чем больше они изолированы друг от друга, тем выше прочностные свойства чугуна при одной и той же металлической основе. Такая структура получается после модифицирования серого чугуна, т.е. введения в жидкий сплав небольших количеств веществ, называемых модификаторами (ферросилиций, силикокальций).

Серый чугун является одним из важнейших литейных машиностроительных материалов, т.к. характеризуется высокими литейными и удовлетворительными механическими свойствами, хорошей обрабатываемостью резанием, вы-

сокой износостойкостью, нечувствительностью к качеству обработки поверхности (надрезам) и т.д.

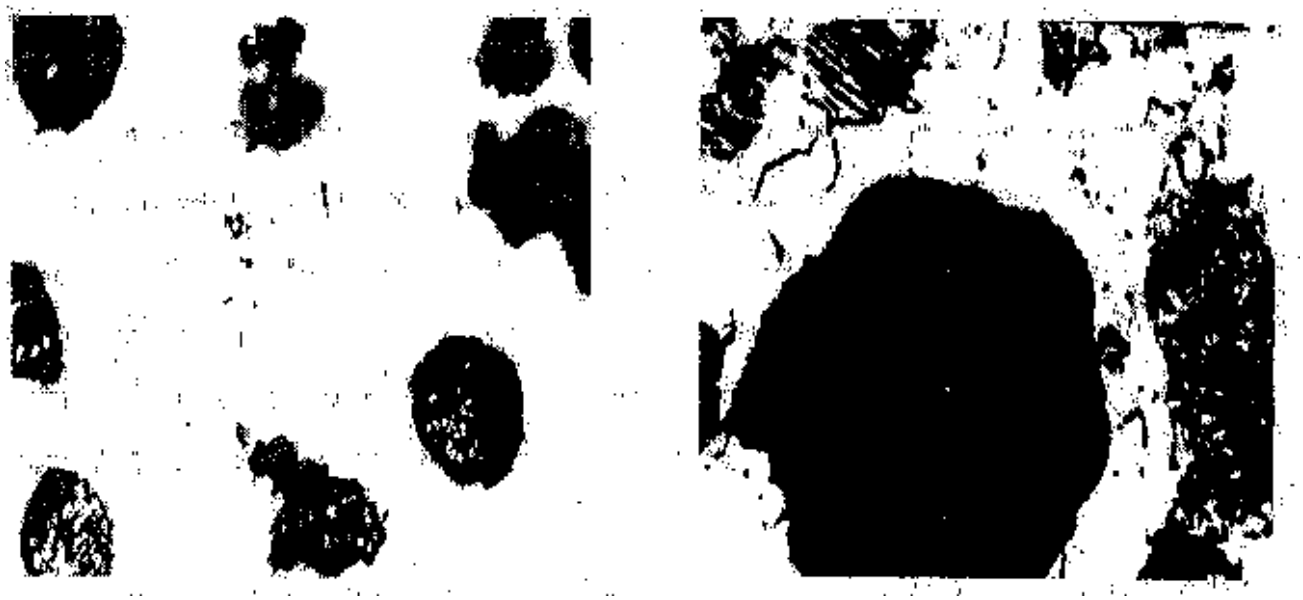
Согласно ГОСТ 1412-85 установлены марки отливок из серого чугуна, например: СЧ 21.

СЧ обозначает - серый чугун. Число показывает предел прочности при испытании на разрыв $\sigma_в$ (кг/мм^2). Серые чугуны применяют для отливки следующих изделий: корпуса редукторов, ступицы, крышки, маховика зубчатых колес, втулки, гильзы и поршней цилиндров, станины мощных станков, шевронных шестерней и т.д.

Кроме указанных марок применяются чугуны легированные такими элементами, как **Cr, Ni, Ti, Si, A1** и др. Эти элементы повышают твердость, прочность и износостойкость.

2.1.3 Высокопрочный чугун

Высокопрочный чугун - это чугун, в котором углерод в значительной степени или полностью находится в свободном состоянии в форме шаровидного графита. Получают высокопрочный чугун путем модифицирования жидкого чугуна магнием, натрием или церием, способствующим глубокомураскислению и десульфации. В связи с этим происходит переход от кристаллизации малоразветвлённых пластинчатых форм к образованию промежуточных, затем формированию графитных сферокристаллитов (рис. 2.3).



а **б**

а) - ферритного; б) - перлитного

Рисунок 2.3. Микроструктура высокопрочного чугуна

Шаровидный графит является менее сильным концентратом напряжения, чем пластинчатый графит в сером чугуне и поэтому меньше снижает механические свойства металлической основы. Чугуны с шаровидным графитом обладают высокой прочностью и некоторой пластичностью. По механическим свойствам они превосходят серые чугуны, но уступают сталям. Обычный состав высокопрочного чугуна: 2,7-3,6 % С; 1,6 -2,7% Si; 1,5-0,6% Мп; <0,1%;S;<0,1 %

По ГОСТу 7293-2014 высокопрочные чугуны маркируются буквами «ВЧ» и цифрами - пределом прочности при растяжении $\boldsymbol{\sigma_в}$ (кг/мм^2), и относительном удлинении, δ (%.). Например, ВЧ 45-5, где: $\sigma_в$ =45 кг/мм^{2}и δ =5%. Из них изготавливают ответственные отливки: коленчатые валыавтомобильных и тракторных двигателей, картеры, гильзы цилиндра, шестерни и звездочки,

тормозные диски и т.д.

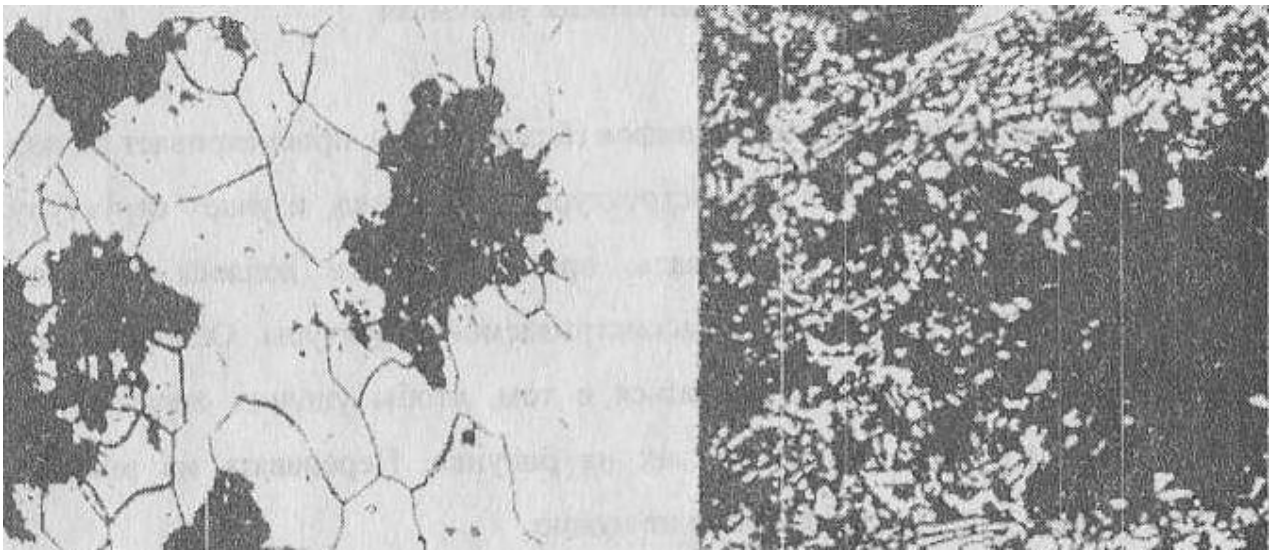
2.1.4. Ковкий чугун

Ковким называется чугун, в котором весь углерод или значительная его часть находится в форме хлопьевидного графита (ГОСТ 1215-2002). Ковкий чугун получается из доэвтектического белого чугуна путем специального графитизирующего отжига, При этом происходит образование и рост графитовых включений за счет диффузии углерода от растворяющихся цементитных кристаллов. Обычный состав ковкого чугуна: 2,4-2,8% С; 0,8-1,4% Si; 0,3-0,5% Мп; 0,1% S; 0,2% Р.

Отсутствие литейных напряжений, которые полностью снимаются во время отжига, благоприятная форма и изолированность графитовых включений обеспечивают высокие механические свойства ковких чугунов.

Ковкий чугун маркируется следующим образом: «КЧ» обозначает ковкий чугун, затем ставят цифры, показывающие предел прочности при растяжении $\sigma_в$ и относительное удлинение δ.

Например, КЧ 35-10, где: $\sigma_в$ =35 кг/мм^2 и δ =10 %. Микроструктура ковкого чугуна показано на рис. 2.4.



а б

а) - ферритный; б) - перлитный

Рисунок 2.4. Микроструктура ковкого чугуна

Из ковкого чугуна изготавливают детали высокой прочности, работающие в тяжелых условиях износа, способные воспринимать ударные и знакопеременные нагрузки. Например, клапаны, муфты, картеры редукторов, пальцы, звездочки, тормозные колодки, коленчатые валы, звенья и ролики цепей конвейеров и т.д.

2.2 Порядок выполнения работы

I. Начертить часть диаграммы состояния системы Fe-Fe3C, относящуюся к области чугунов (см. рис. 1.1)

2.Охарактеризовать фазы и структурные составляющие изучаемых чугунов.

3.Изучить и зарисовать микроструктуры всех изучаемых чугунов.

4.Определить концентрацию углерода в каждом шлифе.

5.Произвести классификацию белых чугунов по структуре.

6.Определить отличие серых, высокопрочных и ковких чугунов.

7. Написать отчет по работе в соответствии с вышеуказанными пунктами задания.

2.3Методические указания

Студент, получив комплект шлифов (без номеров), просматривает их под микроскопом, определяет по микроструктуре тип сплава, изучает структуру шлифа и зарисовывает ее в тетрадь, причем рисунки должны быть по возможности близки к оригиналу рассматриваемой структуры. Основное при зарисовке структур должно заключаться в том, чтобы уловить характерные особенности структуры и передать их на рисунке. Передавать на рисунке фотографически точное изображение не нужно.

Студент должен представить письменный отчет о работе, в котором зарисованы все выявленные структуры. Зарисовка структур должна быть проделана во время работы в лаборатории.

Наименование структурных составляющих необходимо выносить и соединить с соответствующими частями рисунка стрелками. В отчете должна быть помешено область чугунов диаграммы состояния железо-углерод с обозначением на ней всех фаз и структуры.

2.4Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать следующий материал:

1. Цель работы (см. стр. 14)

2. Область чугунов метастабильной диаграммы состояния Fe-FejC (в масштабе, см. стр. 14)

3. Микроструктуры белых чугунов, сравнивая с рис. 2.1.

4. Зарисовки и описание микроструктур серых, ковких и высокопрочных чугунов, сравнивая с рис.2.2; 2.3; 2.4

5. Область применения чугунов.

6. Примеры механических свойств чугунов (см. приложение 1..3)

Вопросы для самопроверки

1. В каких состояниях может находиться углерод в чугунах?
2. Охарактеризуйте твердые фазы в системе железо-углерод в области чугунов
3. Укажите фазовый состав всех областей на диаграмме состоянии железо-цементит, касающееся чугунам.
4. Запищите реакции 3-х фазного равновесия системы железо-углерод в области чугунов.
8. Влияние углерода на механические свойства чугуна.
9. Структура и свойства, маркировка и применение чугунов

Приложение 1

Механические свойства конструкционной качественной углеродистой стали в нормализованном состоянии

Марка стали	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$,МПа	Предел текучести $\sigma_т$, МПа	Относительное удлинение δ,%	Относительноесужение ψ., %	Ударная вязкость, кси, кДж/м^2	Твердость по Бринеллю,НВ,МПа
		не м е н е е				
08кп	300	180	35	60	-	1310
08	330	200	33	60	-	1330
10кп	320	190	33	55	_-	1370
10	340	210	31	55	-	1400
15кп	360	210	29	55	-	1430
15	380	230	27	55	-	1460

20кп	390	230	27	55	-	1560
25	460	280	25	50	90	1700
30	500	300	21	50	80	1790
35	540	320	20	45	70	1870
40	580	340	19	45	60	2170
45	610	360	16	40	50	2290
50	640	380	14	40	40	2410
55	660	390	13	35	-	2550
60	690	410	12	35	-	2580
65	710	420	10	30	-	2600
70	730	430	9	30	-	2650
75	1000	900	7	30	-	2680
80	1100	950	6	30	-	2700
85	1150	1100	6	30	-	2720

Приложение 2

Механические свойства конструкционной углеродистой стали в состоянии поставки

Марка стали	Временное сопротивление разрыву $\sigma_в$,МПа	Предел текучести $\sigma_т$, МПа	Относительное удлинение δ,%	Относительноесужение ψ., %	Ударная вязкость, кси, кДж/$м^2$	Твердость по Бринеллю,НВ, МПа
		не м е н е е				
Ст.1	320-400	210	28	33	-	1380
Ст.2	340-420	220	26	31	15	1530
Ст.3	440-470	240	22	26	75	1740
Ст.4	450-480	260	20	24	45	2150
Ст5	540-570	280	16	20	35	2400

Ст.5	640-670	310	15	14	20	2550
Ст. 7	700-790	320	9	12	-	2600

Приложение 3

Механические свойства некоторых марок чугунов

Чугун	$\sigma_{в}$, МПа	δ, 5%	НВ, МПа	Структура металлической основы
Серый чугун (ГОСТ 1412 -85)				
СЧ 15	150	_	1630-2290	Феррит
СЧ 25	250	—	1800-2500	Феррит + + перлит
СЧ 40	400	—	2070-78501	Перлит
СЧ 45	450	—	2290-2890	Перлит
Высокопрочный чугун (ГОСТ 7293-2014)				
ВЧ 38-17	380	17	1400-1700	Феррит с небольшим количеством перлита.
ВЧ42-12	420	12	1400-2000	
ВЧ 50-7	500	7	1710-2410'	
ВЧ 60-2	600	2	2000-2800	Перлит с небольшим

ВЧ 80-2	800	2	7500-3300	количеством
ВЧ 120-2	1200	2	307.0-3800	феррита
Ковкий чугун (ГОСТ ГОСТ 1215-2002				
КЧ 30-6	300	6	1000-1630	Феррит +
КЧ35-10	350	10	1000-1630	+ 00-3%)
КЧ37-12	370	12	1100-1630	перлита
КЧ 45-7	450	7	1500-2070	Перлит +
КЧ 60-3	600	3	2000-7690	+ (20-0%)
КЧ 80- 1,5	800	1,5	2700-3200	феррита

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебник / Под ред.В.Б.Арзамасова, А.А.Черепахина. М.: Машиностроение, 2013.174 с

2. Материаловедение: учебное пособие / Под общ.ред. Л.Г. Петровой. М: МАДИ (ГТУ), 2008.288

3. Материаловедение: учебн.для вузов. М.: Из-во МГТУ, 2005. 456 с.

4. Гуляев А.П. Металловедение. Учебн. для вузов. М.: Металлургия, 1986. 544 с.

5. Лахтин Ю. М., Леонтьева В. П. Материаловедение: учебник для высших технических учебных заведений. 3-еизд., перераб. и доп.М.: Машиностроение, 1990. 528 с

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 4
ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ УГЛЕРОДИСТЫХ 4
СТАЛЕЙ В РАВНОВЕСНОМ СОСТОЯНИИ 4
1.1Теоретические основы 4
1.2 Порядок выполнения работы 11
1.3 Методические указания 11

1.4 Составление отчета 12
Вопросы для самопроверки 12
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 13
ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ЧУГУНОВ 13
2.1 Теоретические основы 14
2.2 Порядок выполнения работы 20
2.3 Методические указания 21
2.4 Содержание отчета 21
Вопросы для самопроверки 12
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 25