

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

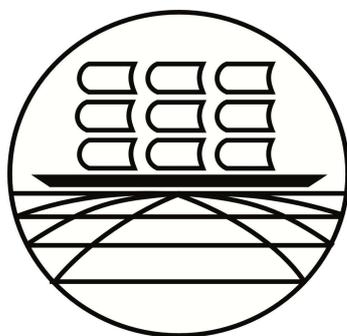
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГБОУ ВО «МГТУ»

УТВЕРЖДАЮ
Начальник ММРК им. И.И. Месяцева
ФГБОУ ВО «МГТУ»

И.В. Артеменко
(подпись)

«31» августа 2019 г.



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ ОБУЧАЮЩИХСЯ

учебной дисциплины ОП.14 Материаловедение
программы подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ)
специальности 35.02.09 Ихтиология и рыбоводство
по программам базовой подготовки
форма обучения: очная

Мурманск
2019

Рассмотрено и одобрено на заседании

Методической комиссии преподавателей профессионального цикла специальностей отделения промышленного рыболовства

Председатель МК

В.А. Обносков

Протокол от 29 мая 2019 г.

Разработано

на основе ФГОС СПО по специальности 35.02.09 Ихтиология и рыбоводство, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ № 458 от 07 мая 2014г. и рабочей программы по УД «Материаловедение»

Автор (составитель): Мясников С.А., преподаватель высшей категории, «ММРК имени И.И.Месяцева» ФГБОУ ВО «МГТУ»

Рецензент Кумов М.Г., преподаватель «ММРК имени И.И. Месяцева» ФГБОУ ВО «МГТУ»

Содержание

Введение	7
Перечень практических работ.....	8
Порядок выполнения практической работы	9

1. Введение

1.1 Методические указания по практическим работам обучающихся по учебной дисциплине «Материаловедение» разработаны в соответствии с ФГОС СПО по специальности 35.02.09 Ихтиология и рыбоводство базовой подготовки, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 07 мая 2014 г. № 458, рабочей программой учебной дисциплины «Материаловедение» и учебного плана очной формы обучения.

1.2 Цели и задачи практической работы - обеспечить более высокий уровень технической подготовки обучающихся.

1.3. Требования к результатам освоения:

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

У1-распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;

У2 – подбирать материалы по их назначению и условиям эксплуатации для выполнения работ;

У3 – выбирать и расшифровывать марки конструкционных материалов ;

У4 – подбирать способы и режимы обработки материалов для изготовления различных деталей.

знать:

З1 – основные виды конструкционных и сырьевых, металлических и неметаллических материалов

З2 – классификацию, свойства, маркировку и область применения конструкционных материалов, принципы их выбора для применения в производстве;

З3 – особенности строения, назначения и свойства волокнистых материалов;

З4 – виды обработки материалов ;

З5 – требования к качеству обработки деталей;

З6 – виды износа деталей и узлов;

З7 – классификации, свойства и область применения сырьевых материалов;

З8 – требования техники безопасности при хранении и использовании различных материалов.

1.4. Компетенции, формируемые дисциплиной «Материаловедение» в соответствии с ФГОС СПО

Таблица 1

Код компетенции	Содержание компетенции	Требования к знаниям, умениям, практическому опыту
ОК 1.	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес	У1 – У4 З1 – З8.
ОК 2.	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.	У1 – У4 З1 – З8.
ОК 3.	Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.	У1 – У4 З1 – З8.
ОК 4.	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития	У1 – У4 З1 – З8.

ОК 5.	Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности	У1 – У4 31 – 38.
ОК 6.	Работать в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.	У1 – У4 31 – 38.
ОК 7.	Брать ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.	У1 – У4 31 – 38.
ОК 8.	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.	У1 – У4 31 – 38.
ОК 9.	Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.	У1 – У4 31 – 38.
ОК 10.	Обеспечивать безопасные условия труда в профессиональной деятельности.	У1 – У4 31 – 38.
ПК 2.6.	Эксплуатировать гидротехнические сооружения и технические средства рыбоводства и рыболовства.	У2, У4 31, 33, 38
ДПК 1.	Подготавливать оборудование и материалы для эксплуатации и ремонта технических средств рыбоводства и рыболовства	У1, У2 31, 33, 38

2. Перечень практических работ

Таблица 2

№ раздела, дисциплины	Наименование практической работы	Цель работы	Формы текущего контроля
Раздел 1. Физико-химические закономерности формирования структуры материалов Тема 1.1. Строение и свойства материалов Тема 1.3. Диаграммы состояния металлов и сплавов	Практическая работа № 1: Определение твердости металлов и сплавов способами Бринелля и Роквелла	Сформировать навыки определения твердости металлов и сплавов различными способами. Сформировать навыки расчета твердости металлов и сплавов.	Защита практической работы
	Практическая работа № 2: Анализ диаграммы состояния сплавов железо-цементит	Сформировать навыки построения кривых охлаждения	Защита практической работы

		и нагрева с использованием диаграммы состояния сплавов железо-цементит.	
Раздел 2. Материалы, применяемые в машиностроении Тема 2.1. Конструкционные материалы	Практическая работа № 3: Изучение микроструктуры углеродистых сталей	Сформировать навыки работы с металломикроскопом и микрошлифами металлов и сплавов	Защита практической работы

3. Порядок выполнения практических работ обучающимся

Раздел 1. Физико-химические закономерности формирования структуры материалов

Тема 1.1. Строение и свойства материалов

Практическая работа № 1.

Тема работы: Определение твердости металлов и сплавов способами Бринелля и Роквелла

Цель работы:

1. Научится определять твердость металлов и сплавов методом вдавливания.
2. Освоить методику выполнений измерений на приборах Бринелля и Роквелла.

Оборудование:

1. Твердомер ТШ (прибор Бринелля).
2. Твердомер ТК (прибор Роквелла).
3. Линейка, лупа.
4. Образцы для испытаний.

Задание:

1. Ознакомиться с устройством твердомеров Бринелля и Роквелла.
2. Изучить способы определения твердости, методом вдавливания.
3. Подготовить образцы.
4. Определить твердость на приборе Бринелля.
5. Определить твердость на приборе Роквелла.
6. Сравнить по приближенной зависимости показания измерения твердости по двум методам.

Содержание и порядок выполнения работы:

Определение твердости прибором Бринелля

Испытание производится вдавливанием стального шарика определенного диаметра в испытываемый образец под действием заданной нагрузки в течение некоторого времени.

В результате на поверхности исследуемого образца образуется отпечаток – лунка.

Твердость по Бринеллю измеряется отношением приложенной нагрузки P (кгс или Н) к поверхности полученного отпечатка (шарового сегмента) F (мм²) и обозначается HB :

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d_{cp}^2})}$$

Подготовка образца:

Для получения отпечатка с четкими краями образец перед испытанием обрабатывают наждачным камнем или напильником для того, чтобы поверхность была ровной и гладкой, не было окалины или других дефектов.

Подготовка прибора и проведение испытания

Испытания проводят следующим образом. В соответствии с таблицей 1 выбирают условия испытания (нагрузку, диаметр шарика). Устанавливают образец на предметный столик и поворачивая маховик по часовой стрелке поднимают до соприкосновения с шариком, пока шарик не будет плотно прижат к образцу (при этом создается предварительная нагрузка усилием 100Н). Нажатием на кнопку включают электродвигатель. После автоматического отключения электродвигателя, поворачивая маховик против часовой стрелки, опускают столик и снимают образец. В результате вдавливания в образце остается отпечаток – лунка. Диаметр отпечатка измеряют и по измеренному значению определяют по таблице 2 твердость по Бринеллю.

Таблица 3

Толщина испытываемого образца, мм	Диаметр шарика, мм	Нагрузка, кгс			
		Сталь, 30D ²	чугун	Медные сплавы 10D ²	Олово, свинец 2,5D ²
Более 6	10	3000		1000	250
3-6	5	750		250	62,5
1,6-3	2,5	187,5		62,5	15,6
1,3-1,6	2	120		40	10
0,6-1,3	1	30		10	2,5

Таблица 4

Определение числа твердости HB (ГОСТ 9012)

Диаметр отпечатка, d, мм	Число твердости по Бринеллю при нагрузке Р (кгс), равной			Диаметр отпечатка, d, мм	Число твердости по Бринеллю при нагрузке Р (кгс), равной		
	30D ²	10D ²	2,5D ²		30D ²	10D ²	2,5D ²
2,90	444	-	-	4,45	183	60,9	15,2
2,95	429	-	-	4,50	179	59,5	14,9
3,00	415	-	34,6	4,55	174	58,1	14,5
3,05	401	-	33,4	4,60	170	56,8	14,2
3,10	388	129	32,3	4,65	167	55,5	13,9
3,15	375	125	31,3	4,70	163	54,3	13,6
3,20	363	121	30,3	4,75	159	53	13,3
3,25	352	117	29,3	4,80	156	51,9	13,0
3,30	341	114	28,4	4,85	152	50,7	12,7
3,35	331	110	27,6	4,90	149	49,6	12,4
3,40	321	107	26,7	4,95	146	48,6	12,2
3,45	311	104	25,9	5,00	143	47,5	11,9
3,50	302	101	25,2	5,05	140	46,5	11,6
3,55	293	97,7	24,5	5,10	137	45,5	11,4
3,60	285	95	23,7	5,15	134	44,6	11,2
3,65	277	92,3	23,1	5,20	131	43,7	10,9
3,70	269	89,7	22,4	5,25	128	42,8	10,7
3,75	262	87,2	21,8	5,30	126	41,9	10,5
3,80	255	84,9	21,2	5,35	123	41	10,3

3,85	248	82,6	20,7	5,40	121	40,2	10,1
3,90	241	80,4	20,1	5,45	118	39,4	9,86
3,95	235	78,3	19,6	5,50	116	38,6	9,66
4,00	229	76,3	19,1	5,55	114	37,9	9,46
4,05	223	74,3	18,6	5,60	111	37,1	9,27
4,10	217	72,4	18,1	5,65	109	36,4	9,10
4,15	212	70,6	17,6	5,70	107	35,7	8,93
4,20	207	68,8	17,2	5,75	105	35	8,76
4,25	201	67,1	16,8	5,80	103	34,3	8,59
4,30	197	65,5	16,4	5,85	101	33,7	8,43
4,35	192	63,9	16	5,90	99,2	33,1	8,26
4,40	187	62,4	15,6	5,95	97,3	32,4	8,11

Определение твердости прибором Роквелла

Испытание производится вдавливанием в испытываемый образец наконечника (стальной или алмазный конус с углом при вершине 120° или стальной шарик диаметром 1,59 мм) под действием заданной нагрузки (600, 1000, 1500 Н).

Число твердости HR выражается формулой

$$HR = \frac{K - H}{c}$$

где

H – глубина внедрения наконечника под действием общей нагрузки, мм;

K – постоянная величина, равная для шарика 0,26 и для конуса 0,2;

c – цена деления циферблата индикатора 0,002 мм.

Твердость по Роквеллу – число отвлеченное и выражается в условных единицах.

Каждому условию испытания соответствует шкала А (алмазный конус), В (шарик) или С (стальной конус). Число твердости обозначается HRA, HRB, HRC.

Прибор Роквелла дает возможность испытывать материалы любой твердости (пластичные, твердые, после отжига, закалки, а также тонкие).

Подготовка образца

Образец перед испытанием обрабатывают наждачным камнем или напильником для того, чтобы поверхность была ровной и гладкой, не было окалины или других дефектов.

Подготовка прибора и проведение испытания

Нагрузку и наконечник выбирают в зависимости от твердости испытываемого образца согласно таблице 3.

Таблица 5

Примерная твердость, НВ	Шкала	Наконечник	Нагрузка, Н	Обозначение твердости
60-230	В	Стальной шарик	1000	HRB
230-700	С	Стальной конус	1500	HRC
Свыше 700	А	Алмазный конус	600	HRA

Перемещением тумблера в верхнее положение включить прибор. Установить образец на предметный столик и поворотом маховика по часовой стрелке вдавливать наконечник в образец, пока малая стрелка на циферблате индикатора не примет вертикальное положение, указанное красной точкой. Это означает, что наконечник вдавился в образец под действием предварительной нагрузки, равной 100 Н. Установить большую стрелку индикатора на «0» по черной шкале. После этого нажатием на педаль привода прибора сообщить испытываемому образцу основную нагрузку. Время приложения основной нагрузки 5-7 с. Цифра на шкале циферблата, на которую указывает большая стрелка, и есть число твердости. Показание единицы твердости записывают и поворачивая маховик против часовой стрелки, опускают столик с образцом, снимая нагрузку. Затем прибор выключают, если не требуется повторных испытаний.

Форма контроля: оценка за выполнение практического задания.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое твердость?
2. В чем заключается испытание на твердость?
3. В чем сущность метода Бринелля?
4. Как производится измерение твердости на приборе Бринелля?
5. В чем сущность метода Роквелла?
6. Как производятся измерения твердости на приборе Роквелла?
7. Перечислить механические свойства сплавов.
8. Дать определение твердости, прочности, пластичности, вязкости.
9. По какой формуле определяется относительное удлинение и сужение?
10. Что понимают под временным сопротивлением на разрыв?
11. Что понимают под пределом текучести?
12. Почему величина твердости измеренная на приборе Роквелла - безразмерная?

Рекомендуемая литература и источники:

1. Никифоров В.М. Технология металлов других конструкционных материалов. – СПб.,: Политехника, 2000.-382 с.
2. Плошкин В.В. Материаловедение.- Москва., Изд. «Юрайт», 2017.-464 с.
3. Черепяхин А.А. Материаловедение.- Москва., Изд. «Юрайт», 2017.-336 с
4. Программный комплекс «Экзаменатор», разработанный Центром информационных технологий МГТУ для обеспечения организации и поддержки процесса тестирования знаний обучающихся ММРК имени И.И. Месяцева ФГБОУ ВО «МГТУ» по любым дисциплинам учебных планов специальностей всех форм обучения;
5. Электронный каталог научной, учебной литературы и периодических изданий.

Раздел 1. Физико-химические закономерности формирования структуры материалов

Тема 1.3. Диаграммы состояния металлов и сплавов

Практическая работа № 2.

Тема работы: Анализ диаграммы состояния сплавов железо-цементит

Цель работы:

1. Изучить диаграмму состояния железо – цементит.
2. Научиться строить кривые охлаждения для любого сплава.

Оборудование:

1. Плакаты с диаграммой.
2. Линейка, карандаш.

Содержание и порядок выполнения работы:

Краткие теоретические сведения

Диаграммы состояния представляет собой графическое изображение фазового состояние сплавов, в зависимости от температуры и концентрации компонентов. Диаграммы состояния строят для условий равновесия, т.е. такого состояние сплавов, которое достигается при очень малых скоростях охлаждения или длительном нагреве.

К системе железоуглеродистых сплавов относятся стали и чугуны, для изучения которых в равновесном состоянии пользуются диаграммой состояния.

Диаграмма рассматривается только до содержания углерода 6,67 %, т.к. сплавы с большим содержанием углерода не имеют практического применения, вследствие высокой твердости и хрупкости.

Если основными компонентами диаграммы состояния являются железо и цементит (химическое соединение Fe_3C) то такую диаграмму называют цементитной (метастабильной).

Равновесными фазами в системе железо - цементит являются:

феррит (Ф), аустенит (А), цементит (Ц), жидкость (Ж).

1. Феррит (Ф) - твердый раствор углерода в α -железе. Максимальное содержание углерода в феррите при температуре 727°C составляет 0,02 %. Феррит имеет незначительную твердость 60-100 НВ и прочность ($\sigma_B = 250 \text{ Н/мм}^2$), но высокую пластичность ($\delta = 50 \%$)

2. Аустенит (А) - твердый раствор углерода в γ -железе. Максимальное содержание углерода в аустените при температуре 1147°C составляет 2,14 % и 0,8 % - при температуре 727°C. Аустенит

имеет кристаллическую решетку гранцентрированного куба, немагнитен. Твердость аустенита 160 — 220 НВ, пластичность довольно высокая: $\delta = 40-50 \%$.

3. Цементит (Ц) - химическое соединение железа с углеродом (карбид железа Fe_3C). В цементите содержится 6,67 % углерода. Температура плавления цементита около 1250 °С. Цементит очень тверд (800 НВ), хрупок и практически не обладает пластичностью. Цементит неустойчив и в определенных условиях распадается, выделяя свободный углерод в виде графита по реакции $\text{Fe}_3\text{C} = 3 \text{Fe} + \text{C}$

4. Жидкость (Ж) - раствор углерода в жидком железе с неограниченной растворимостью. Кроме вышеперечисленных равновесных фаз в системе железоуглеродистых сплавов присутствуют следующие структурные составляющие: графит, перлит, ледебурит.

5. Графит (Г) - это свободный углерод, мягкий (3 НВ), обладает низкой прочностью, в чугунах и графитизированной стали содержится в виде включений различной формы (пластинчатой, шаровидной, хлопьевидной). С изменением формы графитовых включений меняются механические и технологические свойства сплава.

6. Перлит (П) - механическая смесь феррита и цементита (эвтектоид), содержащая 0,8 % углерода. Перлит имеет предел прочности $\sigma_B = 800 \text{ Н/мм}^2$, относительное удлинение $\delta = 15 \%$ и твердость 160 НВ.

7. Ледебурит (Л) - механическая смесь аустенита и цементита первичного (эвтектика), содержащая 4,3 % углерода и образующаяся при кристаллизации жидкого расплава при температуре 1147 °С. В процессе дальнейшего охлаждения строение ледебурита меняется: при температуре 727 °С ледебурит состоит из перлита и цементита первичного. Ледебурит тверд (600 - 700 НВ) и очень хрупок.

Диаграмма состояния железо - цементит

На диаграмме Fe - Fe_3C точка А (1539 °С) соответствует температуре плавления чистого железа, а точка D - температуре плавления цементита.

Концентрация углерода в точке Р 0,02 %. Предельное содержание углерода в аустените, при эвтектоидной температуре 727°С (точка S) 0,8 %. При эвтектической температуре 1147°С (точка С) содержание углерода в ледебурите 4,3%.

Линия АСD - линия ликвидуса, соответствующая температуре начала кристаллизации сплава из жидкого состояния.

Линия АЕСF - линия солидуса, соответствует температуре конца кристаллизации сплав.

Линия ЕСF - линия эвтектического превращения. При температуре 1147 °С жидкость точки С распадается на две твердые фазы: аустенит состава точки Е и цементит состава точки F. При этой температуре существует невариантное равновесие (число степеней свободы равно нулю). В равновесии находятся три фазы: аустенит (A_E), цементит (Ц_F), жидкость (Ж_C).

Линия PSK - линия эвтектоидного превращения. При температуре 727°С аустенит точки S распадается на две твердые фазы: феррит состава точки Р и цементит состава точки К. При этой температуре существует невариантное равновесие (число степеней свободы равно нулю). В равновесии находятся три фазы: феррит (Ф_P) аустенит (A_S) и цементит (Ц_K).

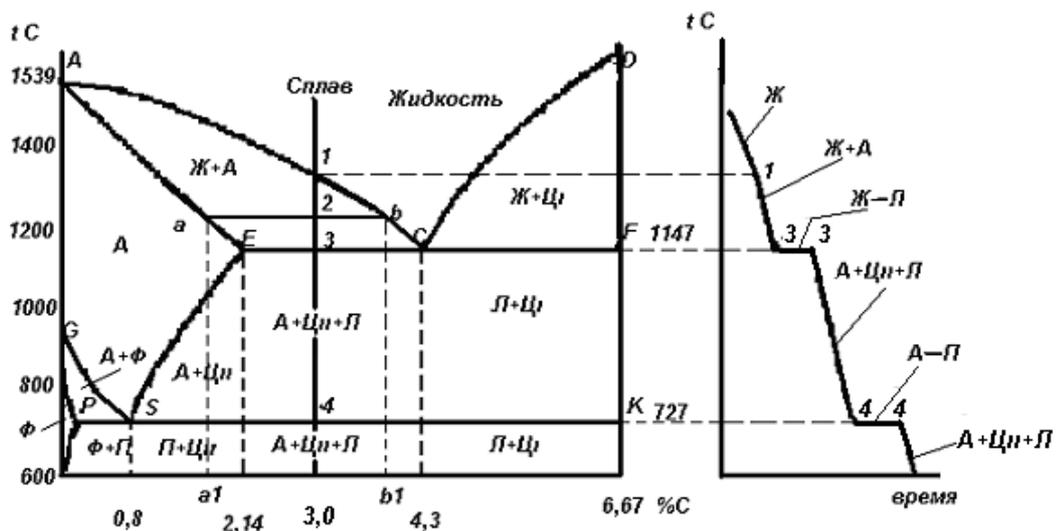


Диаграмма состояния железо - цементит и кривая охлаждения для сплава содержащего 3 % углерода

Кристаллизация сплавов

Процесс кристаллизации сплава описывается кривой охлаждений, которая строится в координатах температура-время. Рассмотрим кристаллизацию сплавов содержащих от 2,14 до 4,3 % углерода. В качестве примера возьмем сплав который содержит 3 % углерода. Кристаллизация этого сплава начинается при температуре в точке 1. Несколько ниже температуры точки 1 из жидкой фазы начинают выделяться кристаллы аустенита. Сплав становится двухфазным (жидкость и кристаллы аустенита). Число степеней свободы $C = K - \Phi + I = 2 - 2 + 1 = 2$, $K = 2$ (железо и углерод).

Состав жидкой фазы при понижении температуры меняется по линии ликвидуса AC, а аустенита - по линии AE. Процесс кристаллизации закончится при температуре 1147°C соответствующей линии солидуса AECF.

При температуре 1147 °C аустенит достигает предельной концентрации, соответствующей точке E (2,14 % углерода), а жидкость - эвтектического состава точки C (4,3 % углерода). При температуре эвтектики (линия ECF) существует инвариантное равновесие аустенита состава точки E (A_E) и цементита состава точки F (Ц_F) и жидкой фазы состава точки C (Ж_C): $\text{Ж}_C \leftrightarrow A_E + \text{Ц}_F$ - образуется эвтектика ледебурит. Число степеней свободы $C = 2 - 3 + 1 = 0$. На кривой охлаждения при постоянной температуре 1147°C образуется площадка (3-3) которая показывает что для превращения всей жидкости в твердые кристаллы необходимо определенное время.

Несколько ниже температуры точки 3 сплав имеет структуру аустенита, цементита вторичного и ледебурита. Дальнейшее охлаждение сплава до температуры точки 4 не ведет к изменению его структуры. При достижении сплавом температуры 727°C происходит превращение аустенита в перлит. Для полного превращения сплава требуется определенное время которое изображается на кривой охлаждения площадкой 4-4. При этом аустенит состава точки S распадается на две твердые фазы: феррит состава точки P и цементит состава точки K. $A_S \leftrightarrow \text{Ф}_P + \text{Ц}_K$ - образуется эвтектика перлит. При наличии трех фаз - феррита, аустенита и цементита - система инвариантна, число степеней свободы: $C = 2 + 3 - 1 = 0$.

Несколько ниже температуры точки 4 сплав имеет структуру перлита, цементита вторичного и ледебурита (фаз при этом две - феррит и цементит): $C = 2 - 2 + 1 = 1$. При дальнейшем охлаждении структура сплава не меняется - идет простое охлаждение сплава.

Правило отрезков

В процессе кристаллизации сплава меняется не только состав фаз, но и количественное соотношение между ними.

В любой точке диаграммы когда в сплаве одновременно существуют две фазы, можно определить количество обеих фаз и их концентрацию. Для этого служит так называемое правило рычага или правило отрезков.

В качестве примера возьмем сплав , который содержит 3,0 % углерода.

В точке 2, показывавшей состояние сплава при температуре t_2 , сплав состоит из кристаллов аустенита и жидкости.

Первое положение правила отрезков:

Чтобы определить концентрацию компонентов в фазах, через данную точку, характеризующую состояние сплава, необходимо провести горизонтальную линию до пересечения с линиями, ограничивающими данные фазы; проекции точек пересечения на ось концентрации покажут состав фаз.

Следовательно, для сплава при температуре t_2 состав аустенита определится проекцией точки a на ось концентрации (точки $a1$), состав жидкости - проекцией точки b на ось концентраций (точка $b2$). Таким образом, аустенит содержит 1,8 %, а жидкость - 3,9 % углерода.

Для определения количества каждой фазы второе положение правила отрезков формулируется так:

Для того чтобы определить количественное соотношение фаз, через заданную точку проводят горизонтальную линию, отрезки этой линии между заданной точкой и точками, определяющими составы фаз, обратно пропорциональны количествам этих фаз.

Следовательно, если для сплава, содержащего 3,0% углерода (рисунок 3), точка 2 определяет состояние всего сплава, точка *a* состав аустенита, точка *b* - состав жидкости, то отрезок [*ab*] определяет все количество сплава, отрезок [*a2*] - количество жидкости, отрезок [*2b*] - количество аустенита.

Следовательно, в приведенном примере количество аустенита (Q_A) в процентах определяется отношением отрезков:

$$Q_A = \frac{[2b]}{[ab]} \cdot Q_{\text{СПЛ}}$$

Количество жидкости (Q_J) определяется отношением отрезков:

$$Q_J = \frac{[a2]}{[ab]} \cdot Q_{\text{СПЛ}}$$

Если общая масса сплава ($Q_{\text{СПЛ}}$) дана в килограммах, то количественное соотношение фаз определяют в килограммах. Если масса дана в процентах, то в процентах.

Отсюда

$$Q_J = \frac{[a2]}{[ab]} \cdot Q_{\text{СПЛ}} = \frac{1,2}{2,1} \cdot 100\% = 56\%$$

$$Q_A = \frac{[2b]}{[ab]} \cdot Q_{\text{СПЛ}} = \frac{0,9}{2,1} \cdot 100\% = 44\%$$

Правило отрезков в двойных диаграммах состояния можно применять только в двухфазных областях. В однофазной области имеется лишь одна фаза. Любая точка внутри области характеризует ее концентрацию, а количество данной фазы составляет 100%.

Задания:

1. Начертить диаграмму состояния железо - цементит с указанием температур фазовых превращений и структурных составляющих в различных областях диаграммы.
2. Построить кривые охлаждения для сплава данной системы (по вариантам).
3. Описать превращения происходящие при охлаждении заданного сплава.
4. Используя правило отрезков, подсчитать весовое количество и концентрацию углерода в фазах, которые присутствуют в исследуемом сплаве.

Исходные данные для анализа диаграммы состояния железо - цементит.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Содержание углерода, %	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,4	1,6
Интервал темп., °С	1600	750	1300	740	730	1470	1400	1400	1350	1300
	600	100	400	100	200	700	740	750	800	850

Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Содержание углерода, %	1,8	2,4	2,6	2,8	3,0	4,3	4,6	5,0	5,5	6,0
Интервал темп., °С	1000	1200	1200	1200	1200	1200	1150	1200	1200	1200
	600	900	600	850	600	900	800	600	900	600

Вопросы для самоконтроля

1. Что представляет собой цементит?
2. Что представляет собой перлит?
3. Что представляет собой аустенит?
4. Что представляет собой феррит?
5. Что представляет собой ледебурит?
6. Какие превращения происходят в железоуглеродистых сплавах при охлаждении ниже линии АС?
7. Какие превращения происходят в железоуглеродистых сплавах при охлаждении ниже линии СД?

Рекомендуемая литература и источники:

1. Никифоров В.М. Технология металлов других конструкционных материалов. – СПб.,: Политехника, 2000.-382 с.
2. Плошкин В.В. Материаловедение.- Москва., Изд. «Юрайт», 2017.-464 с.
3. Черепяхин А.А. Материаловедение.- Москва., Изд. «Юрайт», 2017.-336 с
4. Программный комплекс «Экзаменатор», разработанный Центром информационных технологий МГТУ для обеспечения организации и поддержки процесса тестирования знаний обучающихся ММРК имени И.И. Месяцева ФГБОУ ВО «МГТУ» по любым дисциплинам учебных планов специальностей всех форм обучения;
5. Электронный каталог научной, учебной литературы и периодических изданий.

Раздел 2. Материалы, применяемые в машиностроении

Тема 2.1. Конструкционные материалы

Практическая работа № 3.

Тема работы: Изучение микроструктуры углеродистых сталей

Цель работы:

1. Изучить устройство металлографического микроскопа и приобрести навыки в работе с ним.
2. Изучить схемы микроструктур углеродистых сталей в равновесном состоянии.

Оборудование:

1. Металлографический микроскопом МИМ-6.
2. Комплект микрошлифов сталей.
3. Линейка, карандаш.

Содержание и порядок выполнения работы:

Краткие теоретические сведения

Для исследования микроструктуры металлов и сплавов применяют металлографический микроскопы.

Лучи от источника света 2, пройдя через коллектор 3, светофильтры 4, полуматовую пластинку 7, апертурную диафрагму 17, линзы 6, 8, 9 и полевую диафрагму 18, отражаются от пластины 10 и через объектив 12 попадают на шлиф 1. Отражившись от поверхности шлифа, лучи света вновь проходят через объектив 12 и с помощью отражательной призмы 11 направляются в окуляр 16, попадая таким образом в глаз наблюдателя.

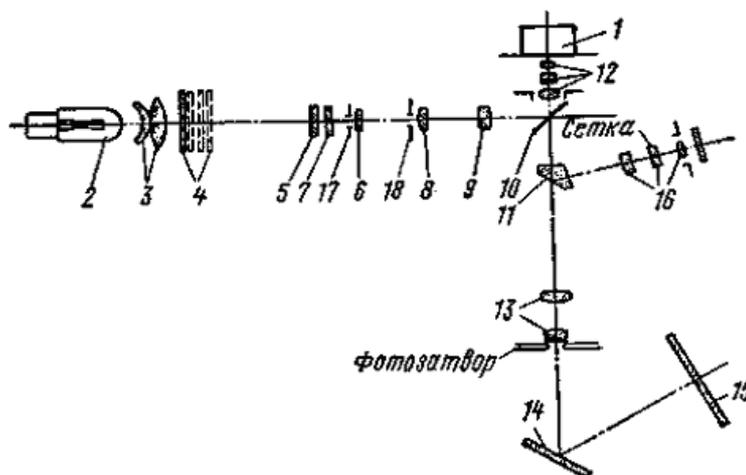


Схема хода лучей в металлографическом микроскопе МИМ-6

Для перевода изображения на фотокамеру нужно с помощью рычага отодвинуть отражательную призму 11 и открыть фотозатвор, при этом лучи проходят через фотоокуляр 13 и, отражаясь от зеркала 14, попадают на матовое стекло фотокамеры 15, вместо которого можно вставить подготовленную к съемке кассету.

Микроанализ сталей

Микроанализ – это исследование металлов и сплавов на специальных образцах (микрошлифах) с помощью металлографических микроскопов при увеличениях до 2000 раз.

Микроанализ применяют для выявления структурных составляющих и изменений внутреннего строения сплавов, происходящих под влиянием различных режимов термической или химико-термической обработки, а также после внешнего механического воздействия на сплав.

Приготовление микрошлифов

Образцы вырезают из того места, которое является наиболее важным в эксплуатационных условиях исследуемого металла или детали.

Одну из плоскостей образца обрабатывают напильником или на абразивном круге, затем эту же плоскость шлифуют и полируют, применяя различные номера шлифовальной шкурки и полирующих смесей.

Полированный шлиф подвергают травлению определенным химическим реактивом для выявления микроструктуры сплава. Для железо-углеродистых сплавов применяют 4%-ный раствор азотной кислоты в этиловом спирте.

Травление поверхности производится до ее потускнения, пока поверхность не примет слегка матовый оттенок без каких либо пятен. При рассмотрении под микроскопом такой поверхности элементы структуры четко заметны.

Для сталей характерно существование однофазных и двухфазных структур.

Однофазные структуры

1. Феррит – твердый раствор углерода в альфа-железе, имеет объемно-центрированную кубическую решетку, обладает высокой пластичностью (50%), ферромагнитен до температуры 768°. Твердость 60-100НВ.

2. Аустенит – твердый раствор углерода в гамма-железе, имеет гранцентрированную кубическую решетку, обладает высокой пластичностью, немагнитен. Твердость 160-220НВ.

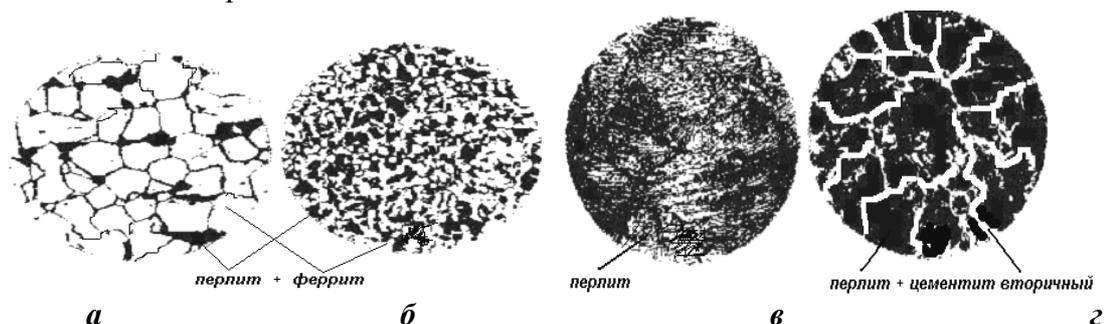
3. Цементит – химическое соединение железа с углеродом (карбид железа), имеет сложную орторомбическую решетку, обладает высокой твердостью 800НВ, большой хрупкостью и нулевой пластичностью, немагнитен выше 210°. Имеет три разновидности: первичный – выделившийся из жидкого сплава, вторичный – выделившийся из аустенита и третичный – выделившийся из феррита.

Двухфазные структуры

Перлит – эвтектоид, механическая смесь феррита и цементита, образующаяся при температуре 727°C в результате распада аустенита, содержит 0,8% углерода. Различают пластинчатый перлит, представляющий собой параллельное чередование пластинок цементита и феррита, и зернистый – когда округлые зерна цементита равномерно распределены в поле феррита. Твердость 160-250НВ.

Микроструктуры углеродистых сталей

Стали с содержанием углерода от 0,02 % до 0,8 % называются доэвтектоидными. Микроструктура состоит из феррита и перлита. С увеличением содержания углерода количество феррита уменьшается, а перлита увеличивается. На *рисунке 1(а, б)* показаны микроструктуры доэвтектоидных сталей, содержащие 0,1% и 0,4% углерода соответственно. После травления в 4%-ном растворе азотной кислоты в этиловом спирте феррит выделяется в виде светлых, а перлит – в виде темных кристаллов.



**Рисунок 1. доэвтектоидная сталь 0,1% углерода (а), 0,4% углерода (б)
эвтектоидная сталь 0,8% углерода (в), заэвтектоидная сталь 1,2% углерода (г).**

Сталь с содержанием 0,8% углерода называется эвтектоидной. Микроструктура состоит из перлита. С увеличением содержания углерода количество феррита уменьшается, а перлита увеличивается. На *рисунке 11 (в)* показана микроструктура эвтектоидной стали. После травления в 4%-ном растворе азотной кислоты в этиловом спирте поверхность шлифа имеет перламутровый отлив.

Стали с содержанием углерода свыше 0,8 % называются заэвтектоидными. Микроструктура состоит из перлита и вторичного цементита, который выделяется в виде сетки, зерен или игл. С увеличением содержания углерода количество цементита увеличивается. На *рисунке 1 (з)* показана микроструктура заэвтектоидной стали с содержанием 1,2% углерода. После травления в 4%-ном растворе азотной кислоты в этиловом спирте цементит выделяется в виде сетки располагающейся по границам зерен перлита.

Задания:

1. Изучить устройство микроскопа МИМ – 6.
2. Дать описание схемы хода лучей в металлографическом микроскопе МИМ-6.
2. Дать определение, какой сплав называется сталью.
3. Дать характеристику структурных составляющих сталей.
4. Зарисовать схемы микроструктур исследуемых сталей.
5. Описать свойства и применение исследуемых марок сталей.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое сталь?
2. Как классифицируется сталь по составу и структуре, по качеству, во назначению?
3. Дать определение всем структурным составляющим железоуглеродистых сплавов.
4. Каковы основные критические точки у сталей?
5. Как маркируются стали?
6. Какие элементы в составе стали кроме Fe и C являются постоянными?
7. Какие элементы в составе стали являются вредными?
8. Каково назначение доэвтектоидных сталей?
9. Каково назначение заэвтектоидных сталей?
10. Какие изделия изготавливаются из эвтектоидной стали?

Рекомендуемая литература и источники:

1. Никифоров В.М. Технология металлов других конструкционных материалов. – СПб., Политехника, 2000.-382 с.
2. Плошкин В.В. Материаловедение.- Москва., Изд. «Юрайт», 2017.-464 с.
3. Черепяхин А.А. Материаловедение.- Москва., Изд. «Юрайт», 2017.-336 с
4. Программный комплекс «Экзаменатор», разработанный Центром информационных технологий МГТУ для обеспечения организации и поддержки процесса тестирования знаний обучающихся ММРК имени И.И. Месяцева ФГБОУ ВО «МГТУ» по любым дисциплинам учебных планов специальностей всех форм обучения;
5. Электронный каталог научной, учебной литературы и периодических изданий.

