

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шебзугова Татьяна Александровна

Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского федерального университета

Дата подписания: 13.06.2024 16:28:08

Уникальный программный ключ:

d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8ef96f

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Северо-Кавказский федеральный университет»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Колледж Пятигорского института (филиал) СКФУ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ **по дисциплине ОП.04 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

Специальность 23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов автомобилей

2024 г.

Методические указания для практических работ по дисциплине ОП 04 Материаловедение составлены в соответствии с требованиями ФГОС СПО к подготовке выпуска для получения квалификации. Предназначены для студентов, обучающихся по специальности 23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов автомобилей

Пояснительная записка

Методические указания для выполнения практических работ по учебной дисциплине ОП.04 Материаловедение разработано для студентов 2 курса специальности 23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов автомобилей. Методические указания адресованы студентам очной формы обучения.

Требования по теоретической готовности обучающихся к выполнению практических занятий:

- выбирать материалы для профессиональной деятельности;
- определять основные свойства материалов по маркам;
- расшифровывать марки материалов;

знать:

- основные сведения о металлах и сплавах и их классификацию;
- виды абразивных инструментов;
- назначение и свойства охлаждающих и смазочных жидкостей, моющих составов металлов, припоев, флюсов, протрав;
- влияние температур на размеры деталей;
- маркировку и основные свойства материалов специального режущего инструмента;
- технические требования на основные материалы и полуфабрикаты в машиностроении;
- хранение смазочных материалов.

Перечень тем практических занятий

Тема дисциплины	Наименование практических занятий	Объем часов
Тема 1. Основные сведения о строении и свойствах металлов.	Практическое занятие № 1. Определение механических свойств материалов	1
	Практическое занятие № 2. Определение методов исследования металлов	1
Тема 2. Железоуглеродистые сплавы.	Практическое занятие № 3. Определение свойств материалов по маркам.	1
	Практическое занятие № 4. Определение марок конструкционных материалов.	2
Тема 3. Цветные металлы и их сплавы.	Практическое занятие № 5. Подбор материалов для осуществления профессиональной деятельности с помощью справочных таблиц.	2
Тема 4. Основные сведения о термической и химико-термической обработке.	Практическое занятие № 6. Определение фаз на диаграмме «Железо-углерод».	3
	7. Определение характерных точек, линий и областей на диаграмме «Железо-углерод».	2
ВСЕГО:		12

1. Методические указания по проведению практических занятий

Практическое занятие № 1

Тема: Определение механических свойств материалов.

Количество часов 2

Материально - техническое обеспечение: мультимедийный проектор

Цели и задачи: научиться определять механические свойства материалов

Требования к знаниям и умениям:

Уметь:

Выбирать материалы для профессиональной деятельности

Цель работы: Приобрести практические навыки анализа результатов испытания материалов и опре-

деления основных показателей их механических свойств.

Рекомендации к проведению работы и составлению отчета

1. Записать показатели прочности, сравнить их характеристики.
2. Изобразить диаграмму результатов испытания конкретного материала на растяжение, проставить нагрузки и величину удлинения (в масштабе).
3. Проанализировав таблицу свойств сплавов, указать в отчете материалы с максимальными и минимальными величинами прочности, удельного веса, удельной прочности, энергозатрат на производство и стоимости.
4. Сделать вывод и оформить отчет по работе.

Механические свойства относятся к числу основных характеристик, определяющих надежность и долговечность деталей механизмов и машин. В процессе работы детали машин подвержены различным видам нагрузок. Для того, чтобы определить работоспособность сплавов проводят их испытания на растяжение, сжатие, изгиб, кручение и т. д. При этом под действием приложенных к испытываемому образцу нагрузок в металле возникают напряжения σ , равные отношению нагрузки к площади поперечного сечения детали или испытываемого образца. Напряжения вызывают упругую (исчезающую после снятия нагрузки) и пластическую (остаточную) деформации. Пластическая деформация в машинах и сооружениях недопустима. Способность сплава сопротивляться деформации и разрушению характеризует его прочность, способность деформироваться без разрушения - его пластичность.

Испытания на растяжение являются основным видом механических испытаний, позволяющих определить **показатели прочности**: пределы пропорциональности, упругости, текучести, прочности (временное сопротивление) и истинное напряжение разрыва, а также показатели пластичности (относительное удлинение и относительное сужение).

Для испытаний на растяжение применяют цилиндрические или плоские образцы с расчетной длиной 50 мм и диаметром (шириной) 10 мм. Могут применяться образцы других размеров.

При растяжении образца в испытательной машине (рис. 2) записывающий прибор вычерчивает диаграмму растяжения, показывающую зависимость деформации образца от растягивающей нагрузки P (рис. 3).

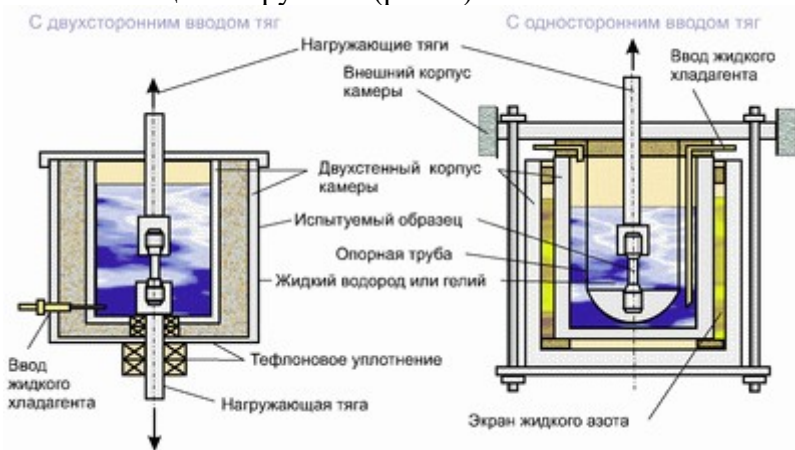


Рис. 2 Криостаты для испытания на растяжение

На диаграмме имеются характерные точки, по которым определяются показатели механических свойств. От начала деформации (точка O) до точки, соответствующей $P=P_{пц}$ образец деформируется пропорционально приложенной нагрузке. Эта точка является предельной (до нее сохраняется прямолинейная зависимость между прилагаемой нагрузкой и деформацией образца) и соответствует пределу пропорциональности.

Предел пропорциональности определяется по формуле:

$$\sigma_{\text{пц}} = D_{\text{пц}} / F_0, \text{ МПа (1.1)}$$

где F_0 — площадь поперечного сечения образца до деформации - расчетная.

При нагрузках выше $R_{пц}$ нарушается пропорциональность между прилагаемой нагрузкой и деформацией образца, но образец по-прежнему деформируется упруго, т. е. при снятии нагрузки он принимает первоначальные размеры. Нагрузка, вызывающая остаточную деформацию образца, равную 0,05% его первоначальной длины l_0 (рис. 3б), обозначается R_u . По ней определяется предел упругости:

$$\sigma_\delta = R_u / F_0, \text{ МПа (1.2)}$$

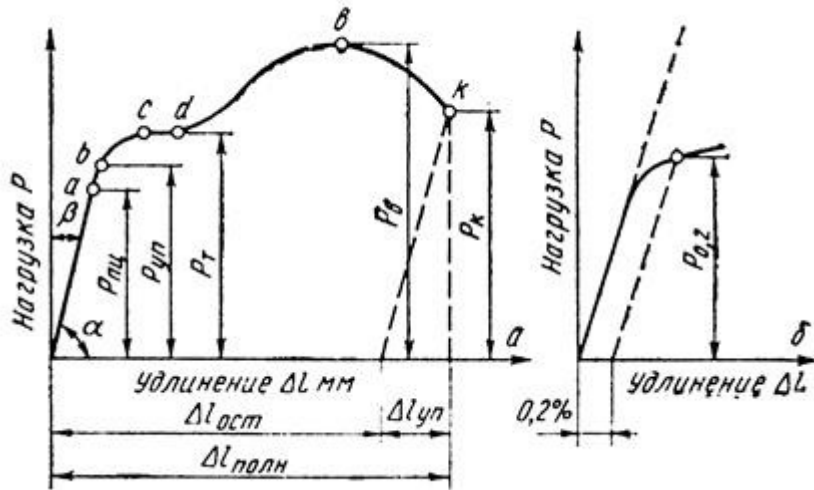


Рис. 3 Диаграмма растяжения малоуглеродистой стали (а) и схема определения условного предела текучести $s_{0,2}$ (б).

При дальнейшем увеличении нагрузки криволинейный участок кривой «усилие-удлинение» может при испытаниях пластических материалов перейти в горизонтальный (металл «течет» без увеличения нагрузки). По нагрузке R_T , соответствующий этому участку, определяют физический предел текучести (см. рис. 3):

$$\sigma_\delta = R_T / F_0, \text{ МПа (1.3)}$$

При испытаниях сравнительно хрупких материалов площадка текучести на диаграмме отсутствует. В этом случае по нагрузке $R_{0,2}$, при которой остаточное удлинение образца составляет 0,2% его первоначальной длины l_0 , определяют условный предел текучести (см. рис. 3);

$$\sigma_{0,2} = R_{0,2} / F_0, \text{ МПа (1.4)}$$

Напряжение, соответствующее наибольшей нагрузке R_B , называется пределом прочности или временным сопротивлением и определяется по формуле:

$$\sigma_B = R_B / F_0, \text{ МПа (1.5)}$$

Уменьшение нагрузки при дальнейшем растяжении связано с образованием местного сужения поперечного сечения (шейки) у пластичных металлов. При этом нагрузка R падает, а напряжение σ в поперечном сечении образца увеличивается. Максимальное напряжение перед разрушением образца - истинное сопротивление разрыву, которое определяется по формуле:

$$\sigma_k = R_k / F_k, \text{ МПа (1.6)}$$

где F_k — площадь минимального поперечного сечения образца после разрыва.

По результатам обмеров разрывных образцов до испытаний и после них определяют показатели пластичности:

- относительное удлинение

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \cdot 100, \text{ \% (1.7)}$$

— относительное сужение

$$\psi = \frac{F_0 - F_k}{F_0} \cdot 100 = \frac{d_0^2 - d_k^2}{d_0^2} \cdot 100, \text{ \% (1.8)}$$

где l_0 и l_k - соответственно длина образца до и после испытаний, мм;
 F_0 и F_k - площади поперечного сечения образца до и после испытаний, мм²;
 d_0 и d_k - диаметр образца до и после испытаний, мм.

Ударная вязкость. В условиях эксплуатации многие детали и конструкции могут хрупко разрушаться под действием ударных нагрузок. Поскольку статические испытания на растяжение не отражают полностью сопротивления материалов разрушению при ударных нагрузках, применяют динамические испытания на ударный изгиб. Испытания проводятся на маятниковых копрах. Образцы для испытаний представляют собой квадратные бруски сечением 10×10 мм и длиной 55 мм. В середине образца может создаваться концентратор напряжений в виде канавки с радиусом закругления 1,0 мм или 0,25 мм или же в виде усталостной трещины.

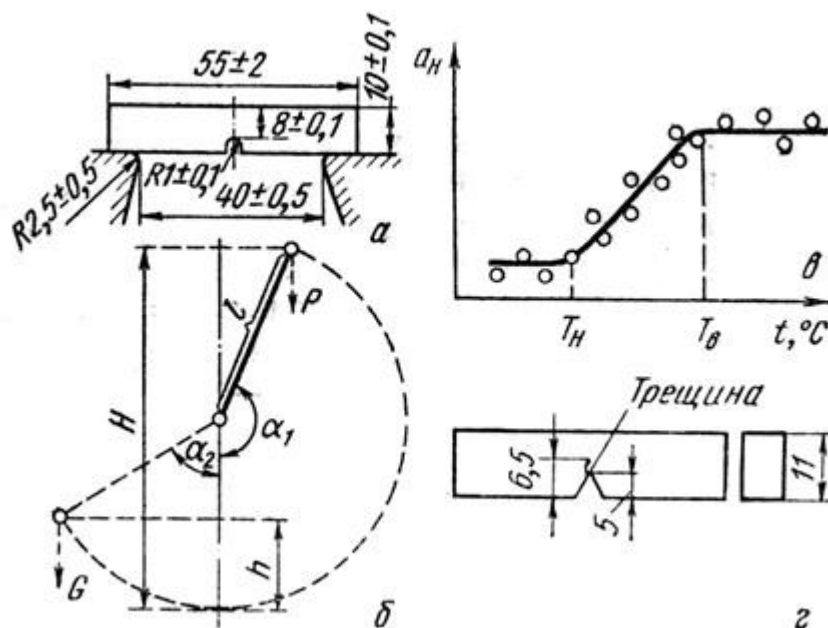


Рис. 4 Схема испытания на ударную вязкость.

а – стандартный образец с надрезом, тип 1; б – схема маятникового копра; в – зависимость вязкости от температуры; г – образец с трещиной.

Схема испытаний показана на рис. 4. Маятник копра устанавливают в исходное положение на высоту H (запас энергии A_0) и удерживают защелкой. В нижней точке траектории маятника на опорах устанавливают образец так, чтобы надрез располагался с противоположной стороны ножа маятника (груза). Освобожденный от защелки груз падает вниз по траектории маятника, разрушает образец и поднимается вверх на определенную высоту h , что соответствует запасу энергии A_1 .

Величины энергии маятника A_0 и A_1 автоматически регистрируются указателями индикатора.

Ударная вязкость вычисляется по формуле:

$$\tilde{E}\tilde{N} = \frac{A_0 - A_1}{S_0} = \frac{A}{S_0}, \text{ Дж/см}^2 \text{ (МДж/м}^2\text{)} \quad (1.9)$$

В зависимости от формы надреза (U, V-образный, в виде трещины) при обозначении ударной вязкости вводится третий индекс: KCU, KCV, KCT. Обозначение КС применяется для образцов без надреза (этот тип образцов используется для хрупких материалов).

Таблица 7

Свойства сплавов (средние данные)

Материал	σв, МПа	g×10-3, кг/м3	σв/g	Энергозатраты на производство МДж/т		Стоимость, у.е./т
				из руды	из вторичных ре- сурсов	

Сталь углеродистая	550	7,8	7,1	25,2	1,98	180
Сталь низколегированная	650	7,8	9,3	25,7	2,00	290
Сталь низколегированная термоупрочненная	1000	7,8	12,8	26,4	2,05	320
Сталь мартенситостареющая	2500	7,8	32	+	+	520
Чугун доменный	150	7,2	2,1	+	-	120
Чугун ваграночный серый	200	7,2	2,8	36	26	200
Чугун высокопрочный	500	7,2	6,9	36,2	26,2	260
Алюминиевые сплавы	350	2,7	13,0	270	16,6	1200
Алюминиевые композиционные материалы	1100	2,6	42,3	+	+	2600
Магниеые сплавы	300	1,73	17,3	+	+	2700
Магниеые композиционные материалы	1200	2,2	54,5	+	+	6100
Титановые сплавы	1500	4,5	33,3	+	+	2100
Стеклопластики типа СВМ	700	1,8	38,8	-	-	500

Наиболее низким электрическим сопротивлением, $\text{Ом} \times \text{м} \times 10^{-8}$ обладают: серебро – 1,6; медь – 1,7; золото – 2,3; алюминий – 2,6. Самый пластичный химический элемент – золото. Из одного грамма золота можно вытянуть проволоку длиной 2,4 км, ее диаметр при этом составит 0,0045 мм, что в 20 раз тоньше человеческого волоса. Самый дешевый металлический конструкционный материал – серый чугун – около 200 долл./т, самый дорогой химический элемент – калифорний, который продавался в 1970 г. по цене 10 долл. за микрограмм, или 10 млн. долл. за грамм (стоимость 1 г. золота – 12 долл.).

Вопросы для самопроверки

1. Какие показатели механических свойств материалов, характеризующие их прочность, определяются при испытании образцов на растяжение?
2. Какие показатели механических свойств материалов, характеризующие их пластичность, определяются при испытании образцов на растяжение?
3. Какие показатели механических свойств материалов, можно определить по диаграмме, полученной при испытании образцов на растяжение?
4. Какие показатели характеризуют ударную вязкость материала, при каких испытаниях они определяются?
5. Каковы признаки усталостной поломки детали при осмотре места излома?

Практическое занятие № 2

Тема: Определение методов исследования металлов.

Количество часов 2

Материально - техническое обеспечение: мультимедийный проектор

Цели и задачи: научиться использовать методы исследования металлов

Требования к знаниям и умениям:

Знать:

- общую классификацию материалов, их характерные свойства, области применения.

Цель работы: Приобрести практические навыки анализа результатов испытания материалов и определения основных показателей их механических свойств.

Рекомендации к проведению работы и составлению отчета

1. Описать методы определения твердости по Бринеллю, Роквеллу и Виккерсу.
2. Сравнить методы измерения твердости металлов и числа твердости по таблице.
3. Составить отчет по работе и сделать выводы.

Твердость - это сопротивление материала проникновению в него другого более твердого тела.

При испытании на твердость в поверхность материалов вдавливают пирамиду, конус или шарик (индентор), в связи с чем различают методы испытаний, соответственно, по Виккерсу, Роквеллу и Бринеллю. Кроме того, существуют менее распространенные методы испытания твердости: метод упругого отскока (по Шору), метод сравнительной твердости (Польди) и некоторые другие.

При испытании материалов на твердость не изготавливают стандартных специальных образцов, однако к размерам и поверхности образцов и изделий предъявляются определенные требования.

Метод Бринелля.

Метод измерения твердости металлов по Бринеллю регламентирует ГОСТ 9012 — 59 (ИСО 6506 — 81, ИСО 410 -82).

Сущность метода заключается во вдавливании шарика (стального или из твердого сплава) в образец (изделие) под действием силы, приложенной перпендикулярно поверхности образца в течение определенного времени, и измерении диаметра отпечатка после снятия силы.

Твердость по Бринеллю обозначают символом HB или HBW:

HB — при применении стального шарика (для металлов и сплавов твердостью менее 450 единиц);

HBW — при применении шарика из твердого сплава (для металлов и сплавов твердостью более 450 единиц).

Символу HB (HBW) предшествует числовое значение твердости из трех значащих цифр, а после символа указывают диаметр шарика, значение приложенной силы (в кгс), продолжительность выдержки, если она отличается от 10 до 15 с.

Примеры обозначений:

250 H B 5/750 — твердость по Бринеллю 250, определенная при применении стального шарика диаметром 5 мм при силе 750 кгс

(7355 Н) и продолжительности выдержки от 10 до 15 с;

575 HBW 2,5/187,5/30 — твердость по Бринеллю 575, определенная при применении шарика из твердого сплава диаметром 2,5 мм при силе 187,5 кгс (1839 Н) и продолжительности выдержки 30 с.

При определении твердости стальным шариком или шариком из твердого сплава диаметром 10 мм при силе 3000 кгс (29420 Н) и продолжительности выдержки от 10 до 15 с твердость по Бринеллю обозначают только числовым значением твердости и символом HB или HBW.

Пример обозначения: 185 HB, 600 HBW.

Метод Виккерса.

Метод измерения твердости черных и цветных металлов и сплавов при нагрузках от 9,807 Н (1 кгс) до 980,7 Н (100 кгс) по Виккерсу регламентирует ГОСТ 2999 — 75* (в редакции 1987 г.).

Измерение твердости основано на вдавливании алмазного наконечника в форме правильной четырехгранной пирамиды в образец (изделие) под действием силы, приложенной в течение определенного времени, и измерении диагоналей отпечатка, оставшихся на поверхности образца после снятия нагрузки.

Твердость по Виккерсу при условиях испытания — силовое воздействие 294,2 Н (30 кгс) и время выдержки под нагрузкой 10 ... 15 с, обозначают цифрами, характеризующими величину твердости, и буквами HV.

Пример обозначения: 500 HV — твердость по Виккерсу, полученная при силе 30 кгс и времени выдержки 10 ... 15 с.

При других условиях испытания после букв HV указывают нагрузку и время выдержки.

Пример обозначения: 220 HV 10/40 — твердость по Виккерсу, полученная при силе 98,07 Н (10 кгс) и времени выдержки 40 с.

Общего точного перевода чисел твердости, измеренных алмазной пирамидой (по Виккерсу), на числа твердости по другим шкалам или на прочность при растяжении не существует. Поэтому следует избегать таких переводов, за исключением частных случаев, когда благодаря сравнительным испытаниям имеются основания для перевода.

Метод Роквелла.

Метод измерения твердости металлов и сплавов по Роквеллу регламентирует ГОСТ 9013 — 59* (в редакции 1989 г.).

Сущность метода заключается во внедрении в поверхность образца (или изделия) алмазного конусного (шкалы А, С, D) или стального сферического наконечника (шкалы В, Е, F, G, Н, К) под действием последовательно прилагаемых предварительной и основной сил и в определении глубины внедрения наконечника после снятия основной силы.

Твердость по Роквеллу обозначают символом HR с указанием шкалы твердости, которому предшествует числовое значение твердости из трех значащих цифр.

Пример обозначения: 61,5 HRC — твердость по Роквеллу 61,5 единиц по шкале С.

Сравнение чисел твердости металлов и сплавов по различным шкалам

Виккерс HV	Бринелль HB	Роквелл HRB	σв, МПа а	Виккерс HV	Бринелль HB	Роквелл HRC	σв,
							МПа
100	100	52,4	333	245	245	21,2	815
105	105	57,5	350	250	250	22,1	835
110	110	60,9	362	255	255	23,0	855
115	115	64,1	382	260	260	23,9	865
120	120	67,0	402	265	265	24,8	880
125	125	69,8	410	270	270	25,6	900
130	130	72,4	430	275	275	26.4	910
135	135	74,7	450	280	280	27,2	930
140	140	76,6	470	285	285	28.0	950
145	145	78,3	480	290	290	28,8	970
150	150	79,9	500	295	295	29,5	980
155	155	81,4	520	300	300	30,2	1000
160	160	82,8	530	310	310	31,6	1030
165	165	84,2	550	320	319	33,0	1060
170	170	85,6	565	330	328	34,2	1090
175	175	87,0	580	340	336	35,3	1120
180	180	88,3	600	350	344	36.3	1150
185	185	89,5	620	360	352	37,2	1180
190	190	90,6	640	370	360	38,1	1200
195	195	91,7	650	380	368	38,9	1230
200	200	92,8	665	390	376	39,7	1260
205	205	93,8	685	400	384	40.5	1290
210	210	94,8	695	410	392	41,3	1305
215	215	95,7	715	420	400	42,1	1335
220	220	96,6	735	430	408	42,9	1365
225	225	97,5	745	440	416	43,7	1385
230	230	98,4	765	450	425	44,5	1410
235	235	99,2	785	460	434	45,3	1440

240	240	100,0	795	470	443	46,1	1480
490	47,5	600	54,2	720	60,2	840	65,1
500	48,2	620	55,4	740	61,1	860	65,8
520	49,6	640	56,5	760	62,0	880	66,4
540	50,8	660	57,5	780	62,8	900	67,0
560	52	680	58,4	800	63,6	1114	69
580	53,1	700	59,3	820	64,3	1220	72

Примечание. Погрешность перевода чисел твердости по Виккерсу в единицы Бринелля ± 20 HB; в единицы Роквелла — до ± 3 HRC (HRB); значения σ_B до ± 10 %.

В табл. 2 приводятся приближенные соотношения между числами твердости, определенные различными методами. С достаточной степенью точности для конструкционных углеродистых и легированных сталей перлитного класса, для которых 150 HB, можно принять $\sigma_{0,2} = 0,367$ HB, для стали HB < 150 $\sigma_{0,2} \approx 0,2$ HB. Для конструкционных сталей низко-легированных и углеродистых (HB > 150) $\sigma_B^* \approx 0,345$ HB. Для более точного пересчета HB на HRC рекомендуется пользоваться ГОСТ 22761-77.

Практическое занятие № 3

Тема: Определение свойств материалов по маркам.

Количество часов 2

Материально - техническое обеспечение: мультимедийный проектор

Цели и задачи: Закрепить знания по определению основных свойств материалов в соответствии с маркировкой и химическим составом.

Требования к знаниям и умениям:

Уметь:

-определять свойства материалов по маркировке

Рекомендации к проведению работы и составлению отчета

1. Перечертить таблицу № 1 на лист отчета.
2. Переписать из таблицы №1 столбец варианта, заданного преподавателем (5 позиций).
3. В соответствующей графе позиции таблицы № 1 расшифровать условные буквенные и цифровые обозначения заданных марок чугунов.
4. Указать область применения сплава.
5. Письменно ответить на контрольные вопросы.
6. Сделать выводы.

Краткие теоретические сведения.

Чугунами называют сплавы железа с углеродом, содержащие более 2,14% углерода. Они содержат те же примеси, что и сталь, но в большем количестве.

Марки чугуна литейного производства, как правило, обозначаются буквами, показывающими основной характер или назначение чугуна: СЧ — серый чугун, ВЧ — высокопрочный, КЧ — ковкий; для антифрикционного чугуна в начале марки указывается буква А (АСЧ, АВЧ, АКЧ).

Цифры в обозначении марок нелегированного чугуна указывают его механические свойства и соответствуют минимальному значению временного сопротивления при растяжении в МПа.

Например:

СЧ10 — серый чугун с пределом прочности при растяжении 100 МПа;

Для высокопрочного и ковкого чугуна цифры определяют предел прочности при растяжении (в МПа) и относительное удлинение (в %).

Например:

ВЧ60-2 высокопрочный чугун с пределом прочности при растяжении 600 Мпа и относительным удлинением 2%.

Обозначение марок легированных чугунов состоит из букв, указывающих, какие легирующие элементы входят в состав чугуна, и стоящих непосредственно за каждой буквой цифр, характеризующих среднее содержание данного легирующего элемента; при содержании легирующего элемента менее 1,0% цифры за соответствующей буквой не ставятся.

Условное обозначение химических элементов такое же, как и при обозначении сталей

Пример обозначения легированных чугунов:

ЧН19ХЗ — чугун, содержащий ~19% Ni и ~3% Cr.

Если в легированном чугуне регламентируется шаровидная форма графита, в конце марки добавляется буква Ш — ЧН19ХЗШ

Для работы в узлах трения со смазкой применяют отливки из антифрикционного чугуна АЧС-1, АЧС-6, АЧВ-2, АЧК-2 и др., что расшифровывается следующим образом: АЧ — антифрикционный чугун:

С- серый, В — высокопрочный, К — ковкий. А цифры обозначают порядковый номер сплава согласно ГОСТу 1585-79.

Таблица обозначений легирующих элементов

Обозначение	Название элемента	Обозначение	Название элемента
А	Азот	Г	Марганец
Ю	Алюминий	Д	Медь
Б	Бор	М	Молибден
Ф	Ванадий	Н	Никель
В	Вольфрам	Т	Титан
К	Кобальт	Ц	Цирконий
С	Кремний	Х	Хром

Таблица № 1

Марка сплава	Характеристика сплава	Область применения

ВАРИАНТ № 1

- 1 СЧ-15
- 2 АЧК-1
- 3 ЧНХМДШ
- 4 ЧГ6С3Ш
- 5 КЧ80-1.5

ВАРИАНТ № 2

- 1 ВЧ -35
- 2 АЧВ-2
- 3 ЧХ3Т
- 4 СЧ-25
- 5 ЧЮ6С5

ВАРИАНТ № 3

- 1 КЧ 33-8
- 2 АЧС-6
- 3 ЧНХМД
- 4 ЧХ16М2
- 5 СЧ-30

ВАРИАНТ № 4

- 1 КЧ45-7
- 2 АЧВ-2
- 3 ЧС5
- 4 ЧЮ7Х2
- 5 СЧ35

ВАРИАНТ № 5

- 1 СЧ 25
- 2 АЧС-3
- 3 ЧНМШ
- 4 ЧС5Ш
- 5 КЧ35-10

ВАРИАНТ № 6

- 1 ВЧ 100
- 2 АЧК-2

3 ЧГ8ДЗ

4 ЧГ6СЗШ

5 СЧ-20

Контрольные вопросы:

1. Как классифицируются чугуны по форме графитных включений?
2. Как влияют примеси (кремний, марганец, сера и фосфор) на свойства серых чугунов?
3. Как влияют легирующие элементы на механические, физические и химические свойства чугунов?

Практическое занятие № 4

Тема:Определение марок конструкционных материалов.

Количество часов 2

Материально - техническое обеспечение: мультимедийный проектор

Цель работы:

1. Закрепить знания по условному обозначению марок простых и легированных сталей согласно ГОСТ.
2. Закрепить знания по определению основных свойств сталей в соответствии с маркировкой и химическим составом.

Требования к знаниям и умениям:

Уметь:

расшифровывать марки материалов.

Рекомендации к проведению работы и составлению отчета

1. Перечертить таблицу № 1 на лист отчета.
2. Переписать из таблицы №1 столбец варианта, заданного преподавателем (5 позиций).
3. В соответствующей графе позиции таблицы № 1 расшифровать условные буквенные и цифровые обозначения заданных марок чугунов.
4. Указать область применения сплава.
5. Письменно ответить на контрольные вопросы.
6. Сделать выводы.

Краткие теоретические сведения.

В России и странах СНГ принята буквенно-цифровая система, согласно которой цифрами обозначается содержание элементов стали, а буквами — наименование элементов.

Буквенные обозначения применяются также для указания способа раскисления стали «КП — кипящая сталь, ПС — полуспокойная сталь, СП — спокойная сталь».

Конструкционные стали обыкновенного качества нелегированные (ГОСТ 380-94) обозначают буквами СТ., например СТ. 3. Цифра, стоящая после букв, обозначает марку стали.

Конструкционные нелегированные качественные стали (ГОСТ 1050-88) Качественные углеродистые стали маркируются двухзначными числами, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента: 05; 08; 10; 25; 40 и т.д.

Буква Г в марке стали указывает на повышенное содержание Mn (14Г ; 18Г и т.д.).

Качественные стали для производства котлов и сосудов высокого давления, согласно ГОСТ

5520-79, обозначают как конструкционные нелегированные стали, но с добавлением буквы К (например, 20К).

Конструкционные легированные стали, согласно ГОСТ 4543-71, обозначают буквами и цифрами. Цифры после каждой буквы обозначают примерное содержание соответствующего элемента, однако при содержании легирующего элемента менее 1,5% цифра после соответствующей буквы не ставится. Качественные дополнительные показатели пониженного содержания примесей типа серы и фосфата обозначаются буквой — А или Ш, в конце обозначения, например (12 Х НЗА, 18ХГ-Ш) и т. п.

Стали подшипниковые, согласно ГОСТ 801-78, обозначаются также как и легированные, но с буквой Ш в начале наименования. Следует заметить, что для сталей электрошлакового переплава буква Ш обозначается через тире (например, ШХ 15, ШХ4-Ш).

Стали инструментальные нелегированные, согласно ГОСТ 1435-90, делят на качественные, обозначаемые буквой У и цифрой, указывающей среднее содержание углерода в десятых долях процента (например, У7, У8, У10) и высококачественные, обозначаемые дополнительной буквой А в конце наименования (например, У8А) или дополнительной буквой Г, указывающей на дополнительное увеличение содержания марганца (например, У8ГА).

Стали инструментальные легированные согласно ГОСТ 5950-73, обозначаются также как и конструкционные легированные (например, 4Х2В5МФ и т. п.).

Стали быстрорежущие в своем обозначении имеют букву Р (с этого начинается обозначение стали), затем следует цифра, указывающая среднее содержание вольфрама, а затем буквы и цифры, определяющие массовое содержание элементов. Не указывают содержание хрома, т. к. оно составляет стабильно около 4% во всех быстрорежущих сталях и углерода, т. к. последнее всегда пропорционально содержанию ванадия. Следует заметить, что если содержание ванадия превышает 2,5%, буква Ф и цифра указываются (например, стали Р6М5 и Р6 М5Ф3).

Стали нержавеющей стандартные, согласно ГОСТ 5632-72, маркируют буквами и цифрами по принципу, принятому для конструкционных легированных сталей (например, 08Х18Н10Т или 16Х18Н12С4ТЮЛ).

Автоматные стали маркируются буквой А (А12, А30 и т.д.).

Таблица обозначений легирующих элементов

Обозначение	Название элемента	Обозначение	Название элемента
А	Азот	Г	Марганец
Ю	Алюминий	Д	Медь
Б	Бор	М	Молибден
Ф	Ванадий	Н	Никель
В	Вольфрам	Т	Титан
К	Кобальт	Ц	Цирконий
С	Кремний	Х	Хром

Таблица № 1

Марка сплава	Характеристика сплава	Область применения

ВАРИАНТ № 1

1 ВСт1кп

2 Ст20

3 У7

4 А12

5 08Х18Н10Т

ВАРИАНТ № 2

1 ВСт0

2 Ст50

3 У8А

4 А40Г

5 18ХГ-Ш

ВАРИАНТ № 3

1 ВСт2кп

2 Ст35сп

3 У11

4 А20

5 12Х2Н4А

ВАРИАНТ № 4

1 БСт0

2 60Г

3 У13А

4 А30

5 03 Х17 Н13 М2

ВАРИАНТ № 5

1 Ст2

2 75Г

3 У10Г
4 К18
5 12 Х НЗА

ВАРИАНТ № 6

1 ВСт4кп
2 08кп
3 У12А
4 К22
5 4Х2В5МФ

Контрольные вопросы:

1. Как классифицируются стали по химическому составу, качеству и назначению?
2. Как влияет различное содержание углерода в углеродистой стали на ее механические свойства?
3. Для чего вводят в стали легирующие элементы?

Практическое занятие № 5

Тема: Подбор материалов для осуществления профессиональной деятельности с помощью справочных таблиц.

Количество часов 2

Материально - техническое обеспечение: мультимедийный проектор

Цель работы:

1. Закрепить знания по условному обозначению марок простых и легированных сталей согласно ГОСТ.
2. Закрепить знания по определению основных свойств сталей в соответствии с маркировкой и химическим составом.

Требования к знаниям и умениям:

Уметь:

Выбирать материалы для профессиональной деятельности

Рекомендации к проведению работы и составлению отчета

1. Перечертить таблицу № 1 на лист отчета.
2. Переписать из таблицы №1 столбец варианта, заданного преподавателем (5 позиций).
3. В соответствующей графе позиции таблицы № 1 расшифровать условные буквенные и цифровые обозначения заданных марок чугунов.
4. Указать область применения сплава.
5. Письменно ответить на контрольные вопросы.
6. Сделать выводы.

Краткие теоретические сведения.

Деформируемые сплавы.

К неупрочняемым термической обработкой относятся сплавы:

- алюминия с марганцем марки АМц;
- алюминия с магнием марок АМг; АМгЗ, АМг5В, АМг5П, АМг6.

Из них изготавливают бензиновые баки, проволоку, заклепки, а также сварные резервуары для жидкостей и газов, детали вагонов.

В группе деформируемых алюминиевых сплавов, упрочняемых термической обработкой, различают сплавы:

- нормальной прочности;
- высокопрочные сплавы;
- жаропрочные сплавы;
- сплавы дляковки и штамповки.

Сплавы нормальной прочности. К ним относятся сплавы системы Алюминий + Медь + Магний (дуралюмины), которые маркируются буквой Д. Дуралюмины (Д1, Д16, Д18) характеризуются высокой прочностью, достаточной твердостью и вязкостью. Для упрочнения сплавов применяют закалку с последующим охлаждением в воде. Дуралюмины широко используются в авиастроении: из сплава Д1 изготавливают лопасти винтов, из Д16 – несущие элементы фюзеляжей самолетов, сплав Д18 – один из основных заклепочных материалов.

Высокопрочные сплавы алюминия (В93, В95, В96) относятся к системе Алюминий+Цинк+Магний+Медь.

В качестве легирующих добавок используют марганец и хром, которые увеличивают коррозионную стойкость и эффект старения сплава. Для достижения требуемых прочностных свойств, сплавы закаливают с последующим старением. Из этих сплавов изготавливают высоконагруженные наружные конструкции в авиастроении – детали каркасов, шасси и обшивки.

Жаропрочные сплавы алюминия (АК4-1, Д20) имеют сложный химический состав, легированы железом, никелем, медью и другими элементами. Детали из жаропрочных сплавов используются после закалки и искусственного старения и могут эксплуатироваться при температуре до 300°С.

Сплавы дляковки и штамповки (АК2, АК4, АК6, АК8) относятся к системе

Алюминий+Медь+Магний с добавками кремния. Сплавы применяют после закалки и старения для изготовления средненагруженных деталей сложной формы (АК6) и высоконагруженных штампованных деталей – поршни, лопасти винтов, крыльчатки насосов и др.

Литейные сплавы. Для изготовления деталей методом литья применяют алюминиевые сплавы систем Al-Si, Al-Cu, Al-Mg. Для улучшения механических свойств, сплавы легируют титаном, бором, ванадием. Главным достоинством литейных сплавов является высокая жидкотекучесть, небольшая усадка, хорошие механические свойства.

Медь и ее сплавы

Латуни – сплавы меди, а которых главным легирующим элементом является цинк. В зависимости от содержания легирующих компонентов различают:

- простые (двойные) латуни;
- многокомпонентные (легированные) латуни.

Простые латуни маркируют буквой «Л» и цифрами, показывающими среднее содержание меди в сплаве.

Например, сплав Л90 – латунь, содержащая 90 % меди, остальное – цинк.

В марках легированных латуней группы букв и цифр, стоящих после них, обозначают легирующие элементы и их содержание в процентах.

Например, сплав ЛАНКМц75-2-2,5-0,5-0,5 – латунь алюминиево-никель-кремнисто-марганцевая, содержащая 75 % меди, 2 % алюминия, 2,5 % никеля, 0,5 % кремния, 0,5 % марганца, остальное – цинк.

В зависимости от основного легирующего элемента различают алюминиевые, кремнистые, марганцевые, никелевые, оловянистые, свинцовые и другие латуни.

Бронзы – это сплавы меди с оловом и другими элементами (алюминий, марганец, кремний, свинец, бериллий). В зависимости от содержания основных компонентов, бронзы делятся на:

оловянные, главным легирующим элементом которых является олово;

безоловянные (специальные), не содержащие олова.

Бронзы маркируют буквами «Бр» и буквенные индексы элементов, входящих в состав. Затем следуют цифры, обозначающие среднее содержание элементов в процентах (цифру, обозначающую содержание меди в бронзе, не ставят).

Например, сплав марки БрОЦС5-5-5 означает, что бронза содержит олова, свинца и цинка по 5 %, остальное – медь (85 %).

Деформируемые оловянные бронзы содержат до 8 % олова. Эти бронзы используют для изготовления пружин, мембран и других деформируемых деталей.

Литейные бронзы содержат свыше 6 % олова, обладают высокими антифрикционными свойствами и достаточной прочностью; их используют для изготовления ответственных узлов трения (вкладыши подшипников скольжения).

Специальные бронзы включают в свой состав алюминий, никель, кремний, железо, бериллий, хром, свинец и другие элементы. В большинстве случаев название бронзы определяется основным легирующим компонентом.

Химические элементы, используемые при легировании, обозначают в марках медных сплавов следующими индексами

Таблица обозначений легирующих элементов

Индекс	Название химического элемента
А	Алюминий
Зл	Золото
О	Олово
Вм	Вольфрам
К	Кобальт
Кр	Кремний
С	Свинец
Сн	Селен
Ср	Серебро

Су	Сурьма
М	Медь
н	Никель
Ти	Титан
В	Ванадий
Ж	Железо
Ц	Цинк
Мц	Марганец
Ф	Фосфор

Таблица № 1

Марка сплава	Характеристика сплава	Область применения

ВАРИАНТ № 1

1 ЛА77-2, Д16

2 АЛ25

3 БрСу3НЗЦ3С20

4 Д18

5 АК7

ВАРИАНТ № 2

1 ЛЦ40Мц3А

2 АК4М4

3 Бр06Ц6С3

4 Амг6

5 АЛ2

ВАРИАНТ № 3

1 ЛЖМц59-1-1,

2 АЛ9

3 Бр0Фб, 5-0, 15;

4 Д18,

5 Амц5

ВАРИАНТ № 4

- 1 ЛК80-3,
- 2 АК4М4
- 3 БрКМц3-1
- 4 Д12
- 5 АМг2

ВАРИАНТ № 5

- 1 АМг5П
- 2 ЛАНКМц75-2-2,5-0,5-0,5
- 3 БрОЦС5-5-5
- 4 Д18
- 5 Л67

ВАРИАНТ № 6

- 1 Л90
- 2 АК4
- 3 АМг5В
- 4 ЛЖМц59-1-1
- 5 БрОФ10-1

Контрольные вопросы:

1. Как классифицируются латуни?
2. Как классифицируются бронзы?
3. Как классифицируются алюминиевые сплавы?

Практическое занятие № 6

Тема: Определение фаз на диаграмме «Железо-углерод».

Количество часов 2

Материально - техническое обеспечение: мультимедийный проектор, раздаточный материал.

Цель работы: формирование умений исследовать структуру и свойства железоуглеродистых сплавов.

Требования к знаниям и умениям:

Знать:

Основные сведения о металлах и сплавах и их классификацию

Рекомендации к проведению работы и составлению отчета

1. Охарактеризовать сплав с содержанием углерода 3 % при температурах 1350, 1180 и 1130 °С.
2. Пользуясь диаграммой состояния железо-углерод, определить для сплавов с содержанием углерода 0,4; 0,8; 1,3; 2,5 и 4,8 % температуры начала и окончания процесса первичной кристаллизации.
3. Указать состав этих сплавов между линиями 23 ликвидуса и солидуса и после окончания кристаллизации. Какие из этих сплавов являются сталями, какие – чугунами?
4. Данные занести в таблицу.
5. Сделать выводы, оформить отчет.

Теоретическая часть

Пользуясь диаграммой состояния железо – углерод, можно определить температуры начала и окончания кристаллизации для железоуглеродистого сплава с любой концентрацией.

Для этого находят нужную концентрацию, в этой точке восстанавливают перпендикуляр до пересечения с линиями начала и конца кристаллизации.

Из полученных точек проводят горизонталь на оси температур и получают нужные критические точки.

Состав сплава заданной концентрации при любой температуре можно определить по диаграмме состояния.

Для этого из заданной точки нужно провести горизонталь. Зоны, в которые она попадает, укажут на структурные составляющие сплава.

Эвтектическому сплаву, получившему название ледебурит, соответствует на диаграмме точка С. Ледебурит является механической смесью аустенита и цементита.

Сплавы с содержанием углерода менее 4,3 % называются доэвтектическими, сплавы, у которых углерода более 4,3 %, - заэвтектическими.

После окончания кристаллизации при температуре 1130 °С доэвтектические чугуны будут состоять из аустенита и ледебурита.

Заэвтектические чугуны будут состоять из первичного цементита и ледебурита. В интервале температур от 1130 до 723 °С в доэвтектических чугунах будет выделяться вторичный цементит. Их структура в этом интервале температур: ледебурит + аустенит + вторичный цементит.

Ниже температуры 723 °С, когда аустенит превратится в перлит, структура станет такой: ледебурит + перлит + вторичный цементит. При комнатной температуре ледебурит будет состоять из перлита и цементита.

Заэвтектические чугуны будут иметь следующую структуру: ледебурит + первичный цементит. В сталях с содержанием углерода 0,83 % распад аустенита происходит при постоянной и притом самой низкой температуре 723 °С – точка S.

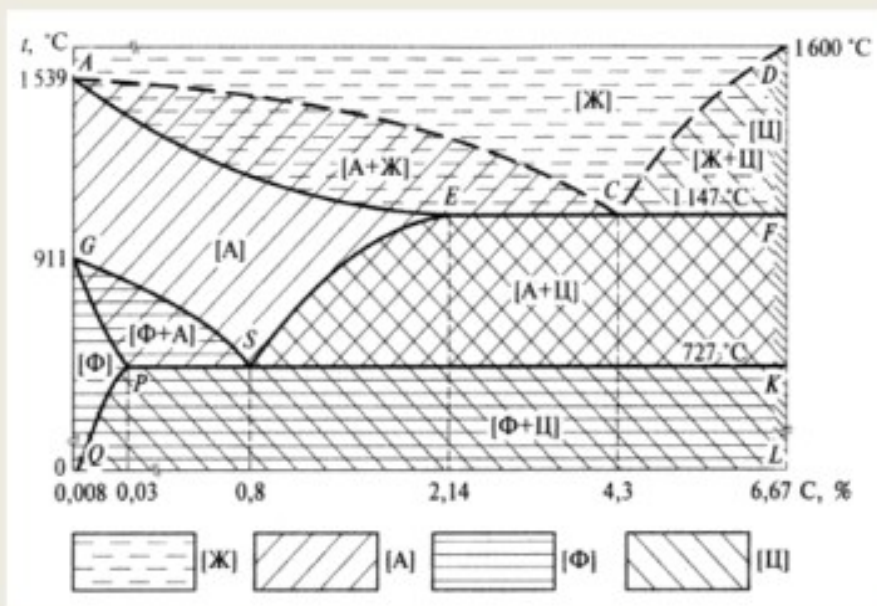
При этом в условиях медленного охлаждения образуется механическая смесь феррита и цементита, которая называется перлитом. Стали с содержанием углерода менее 0,83 % называются доэвтектоидными.

Заэвтектоидные стали содержат более 0,83 % углерода. Ниже температуры 723 °С доэвтектоидная сталь будет иметь структуру: феррит + перлит, а заэвтектоидная сталь – перлит + вторичный цементит.

Таблица – Результаты решения задачи

Содержание углерода	Какой сплав	Температура начала кристаллизации	Температура конца кристаллизации	Структура сплава между линиями ликвидуса и солидуса	Структура после завершения первичной кристаллизации
0,4					
1,3					
2,5					
4,8					

Металлы. Диаграмма состояния железо–углерод



Практическое занятие № 7

Тема: Определение характерных точек, линий, областей на диаграмме «Железо-углерод».

Количество часов 2

Материально - техническое обеспечение: мультимедийный проектор, раздаточный материал.

Цель работы: формирование умений исследовать структуру и свойства железоуглеродистых сплавов.

Требования к знаниям и умениям:

Знать:

Основные сведения о металлах и сплавах и их классификацию.

Рекомендации к проведению работы и составлению отчета

1. Заполнить диаграмму, проставив все данные точки и линии, в соответствии с их характеристиками.
2. Для чугунов с содержанием углерода 4,3 и 5 % описать все превращения с указанием соответствующих температур (начиная от жидкого раствора до комнатной температуры).
3. Письменно ответить на контрольные вопросы.
4. Сделать выводы, оформить отчет.

Теоретическая часть

Характерные точки диаграммы отмечены буквами латинского алфавита в соответствии с международным обозначением.

Каждая точка на диаграмме характеризуется строго определенным составом при соответ-

ствующей температуре.

Особенностью железоуглеродистых сплавов является то, что превращения в них происходят не только при кристаллизации жидкого сплава, но и в твердом состоянии вследствие полиморфных переходов модификаций железа при изменении температуры. На диаграмме показаны следующие линии:

ABCD - линия ЛИКВИДУС показывает температуры начала затвердевания сплавов. При температурах выше температур, определяемых этой линией, все сплавы находятся в жидком состоянии, представляющем собой раствор углерода в железе (жидкая фаза).

АНЖЕСF - линия СОЛИДУС. При температурах ниже температур, определяемых этой линией, все сплавы находятся в твердом состоянии.

AB - линия температур начала выделения из жидкого раствора - линия температур перитектического превращения при 1499 °С кристаллов феррита.

BC и CD линии температур начала первичной кристаллизации аустенита (BC) и цементита (CD).

АН - линия температур окончания затвердевания сплавов, образующих феррит. По ней определяют состав феррита, кристаллизующегося при температурах, определяемых линией АВ.

JE - линия солидуса аустенита, начало кристаллизации которого определяется линией ABC.

Табл.1. Характерные точки диаграммы состояния системы

железо-углерод

Точка	Температура	Предельная	Характеристика точки
	при нагреве, °С	концентрация углерода, %	
A	1539	0	Температура плавления железа
B	1499	0,51	Состав жидкой фазы при перитектической реакции
C	1147	4,3	Состав эвтектики - ледебурита
D	1260	6,67	Температура плавления цементита
Е	1147	2,14	Предельная растворимость углерода в у- железе
J	1499	0,16	Состав аустенита при перитектической реакции
H	1499	0.1	Состав феррита при перитектической реакции
N	1399	0	Превращение δ - железа в у - железо
G	911	0	Превращение α - железа в у - железо
S	727	0,8	Состав эвтектоида - перлит
P	727	0,025	Предельная растворимость углерода в α - железе
Q	20	0,01	Минимальная растворимость углерода в α -железе

HN - линия предельной растворимости углерода в α -железе. В то же время эта линия показывает начало перехода в у-железо при охлаждении или конец этого превращения при нагреве. LN - линия конца перехода у-железа в α -железо при охлаждении или начала этого превращения при нагреве.

ECF - линия эвтектического превращения. Она обозначает температуру образования эвтектики (ледебурита) и температуру конца первичной кристаллизации сплавов, содержащих углерода более 2,14 %.

GS и ES - линии температур начала вторичных превращений (перекристаллизации). Линия

ES также является линией предельной растворимости углерода в γ -железе в интервале температур от 1147 до 727°C. Линия GS показывает также температуры начала полиморфного превращения γ -железа в α -железо (выделение феррита из аустенита при охлаждении и конец обратного превращения при нагреве). Температуры превращений на линии ES обозначаются как критические точки $A_{с1}$, а на линии GS - A_3 .

PG - линия температур конца первичной перекристаллизации аустенита в феррит (линия изменения растворимости углерода в феррите).

PSK - линия эвтектоидного превращения аустенита состава, соответствующего составу в точке S ($C=0,8\%$) при температуре 727 °C: $Fe_\gamma(C)_s \rightarrow Fe_\alpha(C)_p + Fe_3C$. Температуры превращений по этой линии обозначаются A_1 .

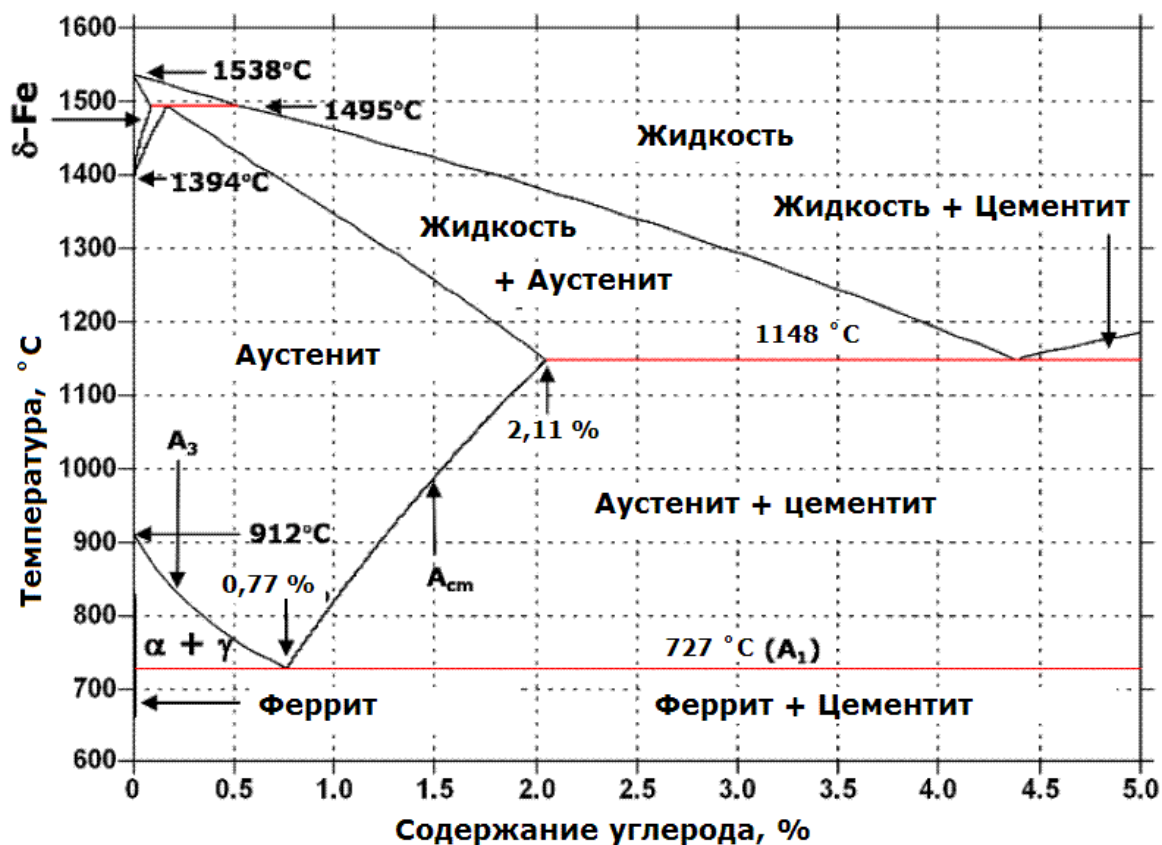
PQ - линия температур начала кристаллизации третичного цементита из феррита (линия переменной растворимости углерода в феррите при температуре от 727 °C до комнатной).

На диаграмме обозначены также следующие области и соответствующие им фазы:

- 1) область выше линии ABC - однородный жидкий сплав железа с углеродом;
- 2) ABH - жидкий сплав и δ -феррит;
- 3) BCEJ - жидкий сплав и аустенит;
- 4) DCF - жидкий сплав и цементит (первичный);
- 5) AHN - δ -феррит;
- 6) HJN - δ -феррит и аустенит;
- 7) NJESG - аустенит;
- 8) EFKS - аустенит и цементит (вторичный);
- 9) GSP - аустенит и феррит;
- 10) QPG - феррит;
- 11) PKLQ - феррит и цементит (вторичный и третичный).

Контрольные вопросы

1. В каких координатах строится диаграмма состояния системы железо-углерод?
2. Что можно определить с помощью диаграммы состояния системы железо-углерод?
3. Какие превращения происходят при охлаждении и нагреве железоуглеродистых сплавов в твердом состоянии?
4. Что понимается под критическими точками, характерными для железоуглеродистых сплавов?
5. Может ли обычная конструкционная сталь иметь структуру аустенита при комнатной температуре? Почему?
6. Может ли сталь У8 иметь структуру перлита при 750°C? Почему?



Требования к оформлению результатов практических занятий:

Правила выполнения практических работ

1. Обучающийся должен прийти на практическое занятие теоретически подготовленным к выполнению практической работы, иметь в наличии конспект, ручку.
2. При подготовке к занятиям обучающийся должен руководствоваться списком литературы, указанным в данных методических рекомендациях.
3. Перед выполнением задания обучающийся должен изучить краткие теоретические сведения, содержащиеся в практической работе, и ознакомиться с заданием и этапами работы.
4. Таблицы, рисунки должны выполняться аккуратно с помощью чертежных инструментов (линейки, циркуля) карандашом.
5. Расчеты проводятся на листах отчета.
6. Пользование справочной литературой, конспектами, учебниками разрешается только по согласованию с преподавателем.
7. Ответы на контрольные вопросы представляются в форме, определенной преподавателем.
8. По окончании времени, предусмотренного на выполнение работы, обучающихся сдает отчет преподавателю.
9. В случае не выполнения обучающимся практической работы (отсутствие, недобросовестное отношение), работа выполняется во внеурочное время, согласованное с преподавателем.
10. К сдаче зачета по дисциплине обучающийся допускается при условии выполнения всех предусмотренных программой практических работ и сдачи отчетов по ним.

Рекомендуемая литература Основная

1. Адашкин А.М., Зуев В.М. Материаловедение (металлообработка). - М.: ОИЦ «Академия», 2009;
2. В. Н. Заплатин, Ю. И. Сапожников, А. В. Дубов «Справочное пособие по материаловедению (металлообработка)», Москва, Изд. Центр «Академия», 2007.
3. В. А. Филикова «Электротехнические и конструкционные материалы», Москва, Изд. «Мастерство», 2000.
4. А. А. Черепяхин «Технология обработки материалов», Москва, Изд. Центр «Академия», 2007
5. Чумаченко Ю.Т. Материаловедение и слесарное дело (НПО и СПО). - Ростов н/Д.: Феникс, 2013 - 395 с.

Дополнительная Электронные ресурсы:

1. Журнал «Материаловедение». - Форма доступа: http://www.nait.ru/journals/index.php?pJournal_id=2.
2. Материаловедение: образовательный ресурс. - Форма доступа: <http://www.supermetalloved/narod.ru>.
3. Марочник сталей. - Форма доступа: www.splav.kharkov.com.
4. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов. - Форма доступа: www.fcior.ru.
5. <http://www.materialscience.ru/>

Критерии оценки обучающихся:

Оценка "отлично" ставится, если обучающийся: выполнил работу без ошибок и недочетов; допустил не более одного недочета.

Оценка "хорошо" ставится, если обучающийся выполнил работу полностью, но допустил в ней: не более одной негрубой ошибки и одного недочета; или не более двух недочетов.

Оценка "удовлетворительно" ставится, если

- обучающийся правильно выполнил не менее половины работы, или допустил не более двух грубых ошибок;
- не более одной грубой и одной негрубой ошибки и одного недочета;
- не более двух-трех негрубых ошибок;
- одной негрубой ошибки и трех недочетов;
- при отсутствии ошибок, но при наличии четырех-пяти недочетов.

Оценка "неудовлетворительно" ставится, если обучающийся допустил число ошибок и недочетов превосходящее норму, при которой может быть выставлена оценка "удовлетворительно".

Примечание. Преподаватель имеет право поставить обучающемуся оценку выше той, которая предусмотрена нормами, если обучающимся оригинально выполнена работа.

Оценки с анализом доводятся до сведения обучающихся, как правило, на последующем уроке, предусматривается работа над ошибками, устранение пробелов.