

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
для самостоятельной работы по курсу
«МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ»

Мирный
2009

Министерство образования Российской Федерации
Якутский государственный университет им. М.К. Аммосова

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
для самостоятельной работы по курсу
**«МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ»**
для специальностей факультета горного и нефтегазового дела

Мирный
2009

Утверждено научно-методическим советом Политехнического института
(филиала) ЯГУ в г. Мирный

Составитель:

И.о. доцента кафедры ОПД *Н.Н. Монастырская*

©Якутский государственный университет, 2009

Содержание

	Стр.
1. ПРОГРАММА КУРСА	5
1.1 Введение. Строение, свойства и методы исследования металлов	5
1.2 Строение и свойства сплавов	5
1.3 Методы управления свойствами сплавов	6
1.4 Конструкционные материалы	6
1.5 Электротехнические материалы	6
1.6 Выбор материалов для конкретных условий их применения	7
2 ЛИТЕРАТУРА	7
3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ	8
Работа № 1 КРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕТАЛЛОВ	8
Работа № 2 АНАЛИЗ ДИАГРАММ СОСТОЯНИЯ ДВОЙНЫХ СПЛАВОВ	
Работа № 3 МЕТАСТАБИЛЬНАЯ ДИАГРАММА ФАЗОВОГО РАВНОВЕСИЯ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗО-УГЛЕРОД	
Работа № 4 МАРКИРОВКА И СВОЙСТВА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ И МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ЧУГУНОВ ПО ГОСТам	
Работа № 5 ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛИ	
Работа № 6 УПРАВЛЕНИЕ СВОЙСТВАМИ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ	
Работа № 7 МАРКИРОВКА И СВОЙСТВА ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ ПО ГОСТам	
Работа № 8 ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ НА СВОЙСТВА КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ	
Работа № 9 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ	
Работа № 10 МАРКИРОВКА ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ ПО ГОСТам	
Работа № 11 МАРКИРОВКА ПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ	
Работа № 12 МАТЕРИАЛЫ ВЫСОКОЙ ПРОВОДИМОСТИ	
Работа № 13 КАБЕЛЬНЫЕ ИЗДЕЛИЯ	
Работа № 14 МАРКИРОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ	
Работа № 15 СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СТАЛЕЙ	
4 ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ	
4.1 Задачи	
4.2 Контрольные вопросы по материаловедению	
4.3 Контрольные вопросы по технологии конструкционных материалов	
Приложение 1	

Целью настоящих методических указания является организация самостоятельной работы при изучении курса «Материаловедение».

Приступая к изучению курса, необходимо иметь программу, учебную литературу, настоящие методические указания и задания для самостоятельной работы.

Осваивать разделы рабочей программы необходимо последовательно. Рекомендуется следующий порядок усвоения отдельных тем:

- пользуясь программой, ознакомиться со структурой очередного раздела и содержанием изучаемой темы;
- усвоить материал темы по рекомендуемой литературе, составляя конспект, включающий основные положения изучаемой темы, чертежи, расчетные формулы;
- с целью самоконтроля после изучения каждого раздела ответить на контрольные вопросы по темам;
- выполнить и представить на рецензию преподавателю работу, выбрав соответствующий вариант задания (для студентов дневного отделения – по порядковому номеру в журнале группы, для студентов-заочников – по номеру зачетной книжки); работа должна содержать титульный лист, вариант и текст задания, четко обоснованное решение и список использованной литературы; оформление работы должно соответствовать стандарту (1).

1. ПРОГРАММА КУРСА

1.1. Введение. Строение, свойства и методы исследования металлов

Введение. Цели и задачи курса материаловедения, его взаимосвязь с другими дисциплинами. Классификация материалов по составу и назначению.

Свойства металлов и методы их исследования. Металлическая связь и основные свойства металлов. Механические характеристики, определяемые при однократном и многократном нагружении.

Понятие о технологических свойствах и технологических пробах. Потребительские свойства. Свойства, определяющие долговечность и надежность изделия.

Кристаллическое строение металлов. Явление анизотропии. Квазиизотропия. Полиморфизм. Строение реальных кристаллов.

Кристаллизация металлов, энергетические условия и механизм. Термический анализ. Влияние степени переохлаждения на процесс кристаллизации. Структура литого металла.

Деформация и разрушение металла.

Механизмы упругой и пластической деформации. Наклеп. Рекристаллизация. Горячая и холодная обработка давлением. Структура деформированного металла.

Процесс разрушения металлов. Хрупкий и вязкий излом. Порог хладноломкости.

1.2. Строение и свойства сплавов

Основные понятия: сплав, компонент, фаза, система. Правило фаз. Продукты взаимодействия компонентов в сплавах.

Диаграммы состояния, их построение и значение. Анализ диаграмм состояния, компоненты которых не растворяются в твердом состоянии, дают непрерывный ряд твердых растворов, ограниченно растворяются в твердом состоянии. Правило отрезков. Связь между типом диаграммы состояния и свойствами сплавов системы (правило Курнакова).

Диаграмма железо-углерод.

Компоненты и фазы системы, их строение и свойства.

Метастабильная диаграмма состояния, значение линий и точек. Фазовый и структурный состав сплавов. Критические точки и их обозначение.

Стабильная диаграмма, условия графитизации.

Значение диаграммы железо-углерод.

1.3. Методы управления свойствами сплавов

Термическая обработка, сущность и классификация. Способность сплавов к упрочняющей термообработке. Превращения в сталях при нагреве, при изотермическом и непрерывном охлаждении. Превращения при отпуске закаленной стали. Виды объемной термической обработки стали, режимы и назначение.

Поверхностная закалка стали, технология и область применения.

Упрочнение пластической деформацией, технология и область применения.

Термомеханическая обработка. Сущность НТМО и ВТМО стали, преимущества, недостатки и область применения.

Химико-термическая обработка, сущность процессов при ней происходящих. Цементация и азотирование стали.

Легирование и его задачи. Влияние легирующих элементов на строение и свойства стали. Классификация легированных сталей. Преимущества, недостатки и область применения легированных сталей.

1.4. Конструкционные материалы

Железоуглеродистые сплавы. Краткие сведения о технологии горно-металлургического производства стали и чугуна.

Конструкционные стали. Стали, неупрочняемые термической обработкой. Цементуемые и улучшаемые стали. Рессорно-пружинные стали. Коррозионностойкие стали. Износостойкие стали. Стали для изделий работающих при низких температурах.

Машиностроительные чугуны: серые, ковкие, высокопрочные. Особенности технологии получения, свойства и область применения.

Технологические свойства сплавов.

Цветные сплавы. Краткие сведения о технологии горно-металлургического производства алюминия и меди.

Алюминий и его свойства. Классификация алюминиевых сплавов по технологическим свойствам и составу. Маркировка, свойства и область применения.

Медь и ее свойства. Классификация медных сплавов по составу и технологическим свойствам. Маркировка, свойства и область применения.

Неметаллические материалы: пластмассы, резина, стекло и стеклокристаллические материалы; основные свойства и область применения. Композиционные материалы. Особенности использования неметаллических материалов в условиях Севера.

Указание сведений о материалах на чертежах.

1.5. Электротехнические материалы

Классификация электротехнических материалов по электрическим и магнитным свойствам.

Проводниковые материалы. Классификация по свойствам и назначению.

Материалы высокой проводимости. Требования, предъявляемые к строению и свойствам сплавов. Cu, Al, Fe, Ag, Au и сплавы на их основе, понятие о технологических особенностях производства, электротехнические свойства и назначение. Кабельные изделия.

Контактные материалы для разрывных, скользящих и неподвижных контактов, свойства, состав, маркировка.

Припой, требования, предъявляемые к их строению и свойствам. Мягкие и твердые припой, состав, маркировка, свойства и назначение. Общая характеристика флюсов.

Сплавы с повышенным электрическим сопротивлением. Требования, предъявляемые к их строению и свойствам. Классификация по рабочей температуре, состав, маркировка, свойства, и назначение.

Полупроводниковые материалы. Требования, предъявляемые к строению и свойствам, понятие об особенностях технологии производства и получения р-п переходов.

Магнитные и немагнитные материалы. Классификация магнитных материалов по свойствам, назначению и технологии переработки в изделия.

Магнитомягкие сплавы, требования, предъявляемые к их свойствам строению, составу и сортаменту. Классификация. Состав, маркировка, свойства и применение низкочастотных магнитомягких сплавов с высокой индукцией насыщения и высокой магнитной проницаемостью, а также высокочастотных магнитомягких сплавов.

Магнитотвердые материалы, требования, предъявляемые к их свойствам. Классификация по технологическим свойствам, состав, маркировка, свойства и применение.

Немагнитные материалы.

Диэлектрики. Поведение в электрическом поле, диэлектрические потери, пробой. Основные электрические, физико-химические и механические свойства диэлектриков. Классификация диэлектриков. Область применения газообразных, жидких и твердых диэлектриков.

1.6. Выбор материалов для конкретных условий их применения

Общие сведения об алгоритме выбора материала для реального изделия.

Методика выбора материала для типовых деталей горных и электрических машин.

2. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Обязательная:

1. Мозберг Г.К. Материаловедение М.: Высшая школа, 1991, 448 с.
2. Лахтин Ю.М. Материаловедение и термическая обработка металлов. М. Металлургия, 1984, 360 с.
3. Ржевская С.В. Материаловедение. М.: МГГУ, 2000, 302 с.
4. Шубина Н.Б. Материаловедение в горном машиностроении. М.: МГГУ, 2000, 270 с.
5. Гелин Ф.Д., Чаус А.С. Металлические материалы. Минск: Дизайн-ПРО, 1999, 350 с.
6. Мотовилин Г.В. и др. Автомобильные материалы, М.: Транспорт, 1989, 464 с.
7. Электротехнический справочник. // Под общ. ред. В.Г. Герасимова и др. Т. 1. М.: Энергоатомиздат, 1985, 488 с.
8. Лахтин Ю.М. Леонтьева. Материаловедение. М.: Машиностроение, 1990, 528 с.
9. Богородицкий Н.П. и др. Электротехнические материалы. Л. Энергоатомиздат, 1995, 304 с.
10. Корицкий Ю.А. Электротехнические материалы. М. Энергия, 1976, 320 с.
11. Никулин Н.В. Электроматериаловедение. М.: Высшая школа, 1989, 190 с.

Дополнительная:

12. Научные основы материаловедения. Под ред. Н.М. Арзамасова, М, Машиностроение, 1994, 367 с.
13. Браун Д.А. Новые материалы в технике. М.: Высшая школа, 1965, 195 с.
14. Материалы в машиностроении. Выбор и применение. Т. 5. Неметаллические материалы. М. "Машиностроение", 1968, 544 с.
15. Краткий справочник по машиностроительным материалам. Под ред. Раскатова В.М., 1963, 440 с.
16. Ламба П.Д. Применение пластмасс в угольной промышленности. М.: Госгортехиздат, 1960, 80 с.
17. Потураев В.Н. и др. Полиамиды в горном деле. М.: Недра, 1968, 122 с.
18. Технология резиновых изделий. Под редакцией Кирпиченкова П.А. Л.: Химия, 1991, 352 с.
19. Слоистые металлические композиции. М.: Металлургия, 1986, 216 с.

20. Композиционные материалы в технике. Киев "Техніка", 1985, 152 с.
21. Карпинос Д.М. и др. "Новые композиционные материалы". Киев "Вища школа". 1977, 310 с.
22. Свойства и применение металлов и сплавов для полупроводниковых приборов. Под ред. Нилендера Р.А. М. "Энергия", 1973, 336 с.
23. Розов В.В. и др. Сплавы для полупроводниковых приборов. М.: Металлургия, 1969, 245 с.
24. Скузов О.А. и др. Магнитные материалы. Л.: ЛГУ, 1974, 123 с.
25. Справочник по электротехническим материалам. Т. 1. Л.: "Энергия". 1974, 534 с. (Диэлектрики)
26. Справочник по электротехническим материалам. Т. 2. Л.: "Энергия", 1974, 616 с. (Диэлектрики).
27. Справочник по электротехническим материалам. Т. 3. "Энергия", 1974, 396 с. (Магнитные материалы, проводники и полупроводники).

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

РАБОТА № 1 КРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕТАЛЛОВ

Цель работы: *иметь* представление об особенностях кристаллического строения и свойствах металлов.

Общие сведения

Строение атомов, особенности кристаллического строения металлов, основные типы связи между частицами твердых тел описаны в учебной литературе [1, с.8-18; 2, с.16-23; 3, с.28-30; 4, с. 40-47].

Задание

Охарактеризовать параметры (период, координационное число, базис) кристаллической решетки металлов в соответствии с заданным вариантом (таблица 1.1)

Согласно индексам Миллера указать (штриховкой) соответствующую плоскость на схемах кубической кристаллической решетки

Охарактеризовать физические свойства заданных металлов.

Таблица 1.1

Варианты заданий

№п/п	Металл	Индексы Миллера	№ п/п	Металл	Индексы Миллера
1.	Ti, V	(100)	13.	Zn, Ni, Cr	(111)
2.	Be, Na, Pt	(010)	14.	Pb, Cd, Ta	(010)
3.	Li, Re, Ir	(110)	15.	Pt, Hf	(100)
4.	Al, Ta, Zn	(001)	16.	Ag, V, Re	(213)
5.	Zr, Au	(111)	17.	Cu, Zn, Mo	(312)
6.	Fe, Ru	(213)	18.	Na, Co	(212)
7.	W, Cd	(312)	19.	Li, Ti	(223)
8.	Nb, Pd, Sc	(212)	20.	Cr, V, Ni	(322)
9.	Co, Cr	(223)	21.	Ta, Re, Pb	(333)
10.	K, Ag, Os	(322)	22.	Ni, Zr	(001)
11.	Hf, Pb	(333)	23.	Sc, Fe	(110)
12.	Mg, Fe	(232)	24.	Ru, Pd, Nb	(232)

Порядок выполнения работы

Пользуясь рекомендуемой литературой уяснить основные особенности кристаллического строения, металлической связи и свойств металлов.

Согласно табл. 1.2, указать основные типы кристаллических решеток металлов (с примерами металлов).

Изобразить схемы кристаллических решеток заданных металлов, обозначив на них период.

Определить координационное число и базис для каждого из заданных металлов.

На схеме кубической ячейки указать (штриховкой) плоскость, соответствующую заданным индексам Миллера.

Определить плотность одного из металлов, пользуясь зависимостью

$$\rho = 1,662 \cdot A \cdot Z / V_0, \text{ г/см}^3, \text{ где } A - \text{ атомный вес,}$$

Z – базис,

V_0 - объем ячейки (параметры ячейки выразить в ангстремах,

$$1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ см}).$$

Атомный вес и периоды ячеек некоторых металлов приведены в табл. 1.3.

Сравнить рассчитанное значение плотности со справочными данными, пользуясь табл. 1.4.

Таблица 1.3.

Химический элемент	Атомный номер	Атомный вес	Параметры решетки, при 20 ⁰ С, А,	
			a	c
Ag	47	107,880	4,0856	
Al	13	26,97	4,041	
Au	79	197,2	4,0783	
Cu	29	63,57	3,6153	
Fe	26	55,85	2,86	
K	19	39,102	5,323	
Na	11	22,997	4,286	
Ni	28	58,69	3,499	
Pb	82	207,21	4,953	
Pt	78	195,09	3,924	
Mg	12	24,305	3,103	5,200
Ti	22	47,90	4,135	
W	74	183,85	3,163	
Co	27	58,9332	3,536	
Li	3	6,94	3,509	
Pd	46	106,4	3,890	

7. Охарактеризовать физические свойства заданных металлов (табл. 1.4).

Таблица 1.2.

Номер периода	Номер подгруппы																									
	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA	IB	IIB	IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	VIII B										
1	1 H 1s ¹ Г		<p>Условные обозначения</p> <p>▣ - элементы-полупроводники</p> <p>Типы кристаллических решеток:</p> <p>К - гранецентрированная кубическая (г.ц.к.)</p> <p>О - объемноцентрированная кубическая (о.ц.к.)</p> <p>Г - гексагональная</p> <p>Р - ромбоэдрическая</p> <p>Т - тетрагональная</p> <p>д - другие типы решеток</p>																2 He 1s ²							
2	3 Li 2s ¹ О	4 Be 2s ² Г																			5 B 2s ² 2p ¹ Г	6 C 2s ² 2p ² Г,г	7 N 2s ² 2p ³ О	8 O 2s ² 2p ⁴ Р,О	9 F 2s ² 2p ⁵ К	10 Ne 2s ² 2p ⁶ К
3	11 Na 3s ¹ О	12 Mg 3s ² Г											Переходные металлы								13 Al 3s ² 3p ¹ К	14 Si 3s ² 3p ² г	15 P 3s ² 3p ³ О,Р	16 S 3s ² 3p ⁴ Р	17 Cl 3s ² 3p ⁵ Т	18 Ar 3s ² 3p ⁶ К
4	19 K 4s ¹ О	20 Ca 4s ² К,О,Г	21 Sc 4s ² 3d ¹ Г	22 Ti 4s ² 3d ² К,Г	23 V 4s ² 3d ³ О	24 Cr 4s ¹ 3d ⁵ О	25 Mn 4s ² 3d ⁵ г,Т	26 Fe 4s ² 3d ⁶ О,К	27 Co 4s ² 3d ⁷ К,Г	28 Ni 4s ² 3d ⁸ К	29 Cu 4s ¹ 3d ¹⁰ К	30 Zn 4s ² 3d ¹⁰ Г	31 Ga 4s ² 4p ¹ Р,Т	32 Ge 4s ² 4p ² О	33 As 4s ² 4p ³ Р	34 Se 4s ² 4p ⁴ Г	35 Br 4s ² 4p ⁵ Р	36 Kr 4s ² 4p ⁶ К								
5	37 Rb 5s ¹ О	38 Sr 5s ² К,О,Г	39 Y 5s ² 4d ¹ Г	40 Zr 5s ² 4d ² Г,О	41 Nb 5s ¹ 4d ⁴ О	42 Mo 5s ¹ 4d ⁵ О	43 Tc 5s ¹ 4d ⁶ Г	44 Ru 5s ¹ 4d ⁷ Г	45 Rh 5s ¹ 4d ⁸ К	46 Pd 5d ¹⁰ К	47 Ag 5s ¹ 4d ¹⁰ К	48 Cd 5s ² 4d ¹⁰ Г	49 In 5s ² 5p ¹ Т	50 Sn 5s ² 5p ² Т,г	51 Sb 5s ² 5p ³ Р	52 Te 5s ² 5p ⁴ Г	53 I 5s ² 5p ⁵ Р	54 X 5s ² 5p ⁶ К								
6	55 Cs 6s ¹ О	56 Ba 6s ² О	55-71 La* 6s ² 5d ¹	72 Hf 6s ² 5d ² Г,О	73 Ta 6s ² 5d ³ О	74 W 6s ² 5d ⁴ О,К	75 Re 6s ² 5d ⁵ Г	76 Os 6s ² 5d ⁶ Г	77 Ir 6s ² 5d ⁷ К	78 Pt 6s ² 5d ⁸ К	79 Au 6s ¹ 5d ¹⁰ К	80 Hg 6s ² 5d ¹⁰ Р	81 Tl 6s ² 6p ¹ К,Г	82 Pb 6s ² 6p ² К	83 Bi 6s ² 6p ³ Р	84 Po 6s ² 6p ⁴ г,Р	85 At 6s ² 6p ⁵	86 Rn 6s ² 6p ⁶								
7	87 Fr 7s ¹	88 Ra 7s ²	89-103 Ac** 7s ² 6d ¹	104 Ku 7s ² 6d ²	105 7s ² 6d ³	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118								
* Лантаноиды																										
58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tu	70 Yb	71 Lu													
**Актиноиды																										
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr													

Таблица 1.4.

**Физические свойства металлов при 20°C), история их открытия
и содержание в земной коре**

Металл	Символ элемента	Латинское название	Физические свойства					
			Цвет	Плотность, кг/м ³	Температура плавления, °C	Удельная теплопроводность, Вт/(мК)	Температурный коэффициент линейного расширения, 10 ⁶ К ⁻¹	Удельное электрическое сопротивление, мкОм·м
Алюминий	Al	Aluminium	Серебристо-белый	2702	660	218,0	24,0	0,0266
Барий	Ba	Barium	Белый	3594	729	—	19,0	0,5000
Бериллий	Be	Beryllium	Светло-серый	1848	1278	184,0	12,0	0,0410
Ванадий	V	Vanadium	Серо-стальной	6110	1900	31,0	8,3	0,2480
Висмут	Bi	Bismuthum	Белый с розоватым оттенком	9800	271	8,4	13,3	1,1600
Вольфрам	W	Wolframium	Светло-серый	19320	3400	167,0	4,4	0,0550
Гадолиний	Gd	Gadolinium	Серебристо-белый	7895	1312	8,8	9,7	1,4400
Галлий	Ga	Gallium	Серебристо-белый	5907	30	29,3	18,1	0,4200
Гафний	Hf	Hafnium	Серо-стальной	13310	2230	22,0	5,9	0,3510
Железо	Fe	Ferrum	Серебристо-белый	7874	1539	73,3	10,7	0,0970
Золото	Au	Aurum	Желтый	19320	1064	312,0	14,0	0,0225
Индий	In	Indium	Серебристо-белый	7310	156	72,0	28,4	0,0900
Иридий	Ir	Iridium	Серебристо-белый	22420	2410	146,0	6,5	0,0540
Иттрий	Y	Yttrium	Серебристо-белый	4470	1522	14,6	9,3	0,6500
Кадмий	Cd	Cadmium	Белый с синеватым оттенком	8650	321	92,8	29,0	0,0740
Калий	K	Kalium	Серебристо-белый	862	64	97,0	83,3	0,0650
Кальций	Ca	Calcium	Серебристо-белый	1550	850	98,0	18,5	0,0400
Кобальт	Co	Cobaltum	Серебристо-белый с бледно-розовым оттенком	8850	1493	69,5	13,5	0,0640
Лантан	La	Lanthanum	Серебристо-белый	6150	920	13,8	5,2	0,5680
Литий	Li	Lithium	Серебристо-белый	534	181	71,0	56,0	0,0860
Магний	Mg	Magnesium	Серебристо-белый	1738	650	170,0	26,0	0,0470
Марганец	Mn	Manganum	Серебристо-белый	7440	1244	66,7	22,3	1,8500
Медь	Cu	Cuprum	Красный	8960	1083	394,0	16,6	0,0168
Молибден	Mo	Molibdaenum	Светло-серый	10220	2622	150,0	5,3	0,0500
Натрий	Na	Natrium	Серебристо-белый	971	98	134,0	72,0	0,0420

Металл	Символ элемента	Латинское название	Физические свойства					
			Цвет	Плотность, кг/м ³	Температура плавления, °С	Удельная теплопроводность, Вт/(мК)	Температурный коэффициент линейного расширения, 10 ⁶ К ⁻¹	Удельное электрическое сопротивление, мкОм·м
Никель	Ni	Niccolum	Серебристо-белый с бледно-желтым оттенком	8900	1455	75,5	13,2	0,0680
Ниобий	Nb	Niobium	Светло-серый	8570	2468	50,0	7,2	0,1500
Олово	Sn	Stannum	Серебристо-белый (выше 14°C), ниже — серый	7290 (белое олово)	232	63,1 (белое олово)	23,0 (белое олово)	0,1130 (белое олово)
Осмий	Os	Osmium	Синевато-серый	22590	3054	—	4,6	0,0950
Палладий	Pd	Palladium	Серебристо-белый	12020	1552	70,7	9,5	0,1080
Платина	Pt	Platinum	Серебристо-белый	21450	1772	71,1	9,5	0,0981
Рений	Re	Rhenium	Светло-серый	21030	3180	52,0	6,7	0,1900
Родий	Rh	Rhodium	Серебристо-белый	12410	1966	88,0	8,5	0,0440
Ртуть	Hg	Hydrargyrum	Серебристо-белый	13546	-39	7,9	182,0	0,9580
Рубидий	Rb	Rubidium	Серебристо-белый	1532	39	35,6	90,0	0,1200
Рутений	Ru	Ruthenium	Белый	12370	2310	—	9,1	0,0740
Свинец	Pb	Plumbum	Темно-серый с синеватым оттенком	11340	327	35,0	28,3	0,1900
Серебро	Ag	Argentum	Блестящий белый	10500	962	453,0	18,6	0,0150
Скандий	Sc	Scandium	Серебристо-белый	2990	1540	11,3	11,4	0,6500
Стронций	Sr	Strontium	Серебристо-белый	2630	770	—	21,0	0,2270
Таллий	Tl	Thallium	Серебристо-белый	11850	303	35,0	28,0	0,1800
Тантал	Ta	Tantalum	Серо-синеватый	16650	2997	50,0	6,6	0,1240
Титан	Ti	Titanium	Серебристо-белый	4505	1668	21,9	8,1	0,4700
Торий	Th	Thorium	Серебристо-белый	11720	1750	37,0	11,5	0,1300
Уран	U	Uranium	Белый	19050	1132	26,7	14,0	0,3000
Хром	Cr	Chromium	Серо-стальной	7190	1900	88,6	6,2	0,1300
Цезий	Cs	Caesium	Светлый с золотисто-желтым оттенком	1873	29	18,4	97	0,1900
Церий	Ce	Cerium	Серебристо-белый	6790	799	10,9	7,1	0,7530
Цинк	Zn	Zincum	Голубовато-бледно-серый	7140	420	113	30,0	0,0592
Цирконий	Zr	Zirconium	Серебристо-белый	6510	1852	29,5	6,3	0,4100

РАБОТА № 2

АНАЛИЗ ДИАГРАММ СОСТОЯНИЯ ДВОЙНЫХ СПЛАВОВ

Цель работы: *иметь* представление об основных типах диаграмм состояния и строении сплавов в равновесном состоянии;
уметь описывать превращения, происходящие в сплавах при охлаждении (нагреве) и прогнозировать свойства сплавов.

Общие сведения

В учебной литературе охарактеризованы:

- * продукты взаимодействия компонентов в сплавах в твердом состоянии (фазы) и особенности их кристаллического строения [1, с. 118-121; 2, с. 84-92; 3, с. 33-36]
- * методы построения диаграмм состояния [1, с. 122-125; 2, с. 98-101; 3, с. 40-41; 4, с. 48]
- * правило рычага [1, с. 125-129; 2, с. 101-102; 3, с. 45; 4, с. 54-55]
- * типовые диаграммы состояния двойных сплавов и процесс структурообразования [1, с. 129-144; 2, с. 100-130; 3, с. 38-46; 4, с. 47-55]
- * связь между диаграммой состояния и свойствами сплавов - правило Курнакова [1, с. 144-149; 2, с. 105, 116; 4, с. 55-63].

Задание

Охарактеризовать типы диаграмм, фазовый и структурный состав сплавов системы в соответствии с вариантом задания (табл. 2.1).

Определить зависимость изменения свойств сплавов от их состава (по правилу Курнакова).

Таблица 2.1

Варианты заданий

Варианты	Диаграмма	Сплав	Варианты	Диаграмма	Сплав
1.	Cu - Ag	50 % Ag	16.	Fe - V	70 % V
2.	Pb - Mg	80 % Mg	17.	Sn - Sb	80 % Sb
3.	Cu - Ni	40 % Ni	18.	A - B	55 % B
4.	Cu - As	30 % As	19.	A ₁ - B ₁	60 % B ₁
5.	Pb - Sb	80 % Sb	20.	A ₂ - B ₂	40 % B ₂
6.	Pb - Sn	40 % Sn	21.	A ₃ - B ₃	20 % B ₃
7.	Al - Cu	5 % Cu	22.	A ₄ - B ₄	60 % B ₄
8.	Al - Si	60 % Si	23.	A ₅ - B ₅	15 % B ₅
9.	Sn - Zn	8 % Zn	24.	A ₆ - B ₆	70 % B ₆
10.	Mg - Ca	45 % Ca	25.	A ₇ - B ₇	30 % B ₇
11.	Cd - Zn	50 % Zn	26.	A ₁ - B ₁	40 % B ₁
12.	Al - Ge	15 % Ge	27.	A ₂ - B ₂	5 % B ₂
13.	Mg - Ge	80 % Ge	28.	Ti - Mn	60 % Mn
14.	Ti - Cr	10 % Cr	29.	Sn - Sb	40 % Sb
15.	Ti - Mn	30 % Mn	30.	Cu - As	25 % As

Порядок выполнения работы

Изобразить диаграмму состояния (приложение 1) в соответствии с заданным вариантом, обозначив точки диаграммы латинскими буквами, и установить тип диаграммы.

Описать продукты взаимодействия компонентов в сплавах в твердом состоянии - фазы данной системы. Обозначить фазовый состав на диаграмме (карандашом).

Обозначить структурный состав в областях диаграммы (пастой).

Построить кривую охлаждения заданного сплава с применением правила фаз.

С помощью правила рычага проанализировать процесс кристаллизации заданного сплава, выбрав температуру между линиями ликвидус и солидус.

Изобразить схематично диаграмму состав-свойства для данной системы по правилу Курнакова.

РАБОТА № 3

МЕТАСТАБИЛЬНАЯ ДИАГРАММА ФАЗОВОГО РАВНОВЕСИЯ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗО-УГЛЕРОД

Цель работы: *знать* значения линий и точек диаграммы железоуглеродистых сплавов в равновесном состоянии;
уметь классифицировать сплавы по их структуре;
уметь описывать превращения, происходящие в сплавах при охлаждении (нагреве).

Общие сведения

В учебной литературе описаны продукты взаимодействия железа с углеродом в сплавах - фазы системы, значение линий и точек диаграммы, структурный состав сплавов, превращения в них при охлаждении и нагреве [1, с. 152-160; 2, с. 135-148; 3, с.110-115; 4, с. 85-91].

Фазовая диаграмма (фазовый состав сплавов) (рис. 3.1)

При изучении диаграммы, следует прежде всего обратить внимание на левую ординату диаграммы, свидетельствующую о полиморфизме железа: точка А - температура плавления (кристаллизации) железа, точки N и G - температуры полиморфных превращений железа. В интервале OG железо имеет о.ц.к. решетку - Fe_α (иногда немагнитное о.ц.к. железо выше точки Кюри - 768⁰C - называют Fe_β), в интервале GN-г.ц.к. решетку - Fe_γ, в интервале NA – о.ц.к. решетку - Fe_δ (высокотемпературное Fe_α). К этим участкам левой ординаты примыкают области существования твердых растворов внедрения углерода в соответствующих модификациях железа, находящиеся под характерными сигарообразными областями диаграммы: в области OQPGO - твердый раствор углерода в Fe_α, называемый ферритом (максимальная растворимость углерода - точка P); в области GSE.JNG - твердый раствор углерода в Fe_γ, называемый аустенитом (максимальная растворимость углерода - точка E); в области NHAN- твердый раствор углерода в Fe_δ, называемый ферритом высокотемпературным (максимальная растворимость углерода - точка H). Твердость феррита - HB80...90, аустенита - до 200HB. Сигароподобные области у левой ординаты диаграммы являются двухфазными, так как в отличие от чистого железа, в котором превращения совершаются при постоянных температурах (точки А, N, G), превращения в сплавах свершаются в интервале температур (начало и конец превращения). Например, при охлаждении линия АВ - начало кристаллизации феррита, АН – конец кристаллизации феррита, NH - начало превращения феррита в аустенит, NI - конец этого превращения, и т.п.

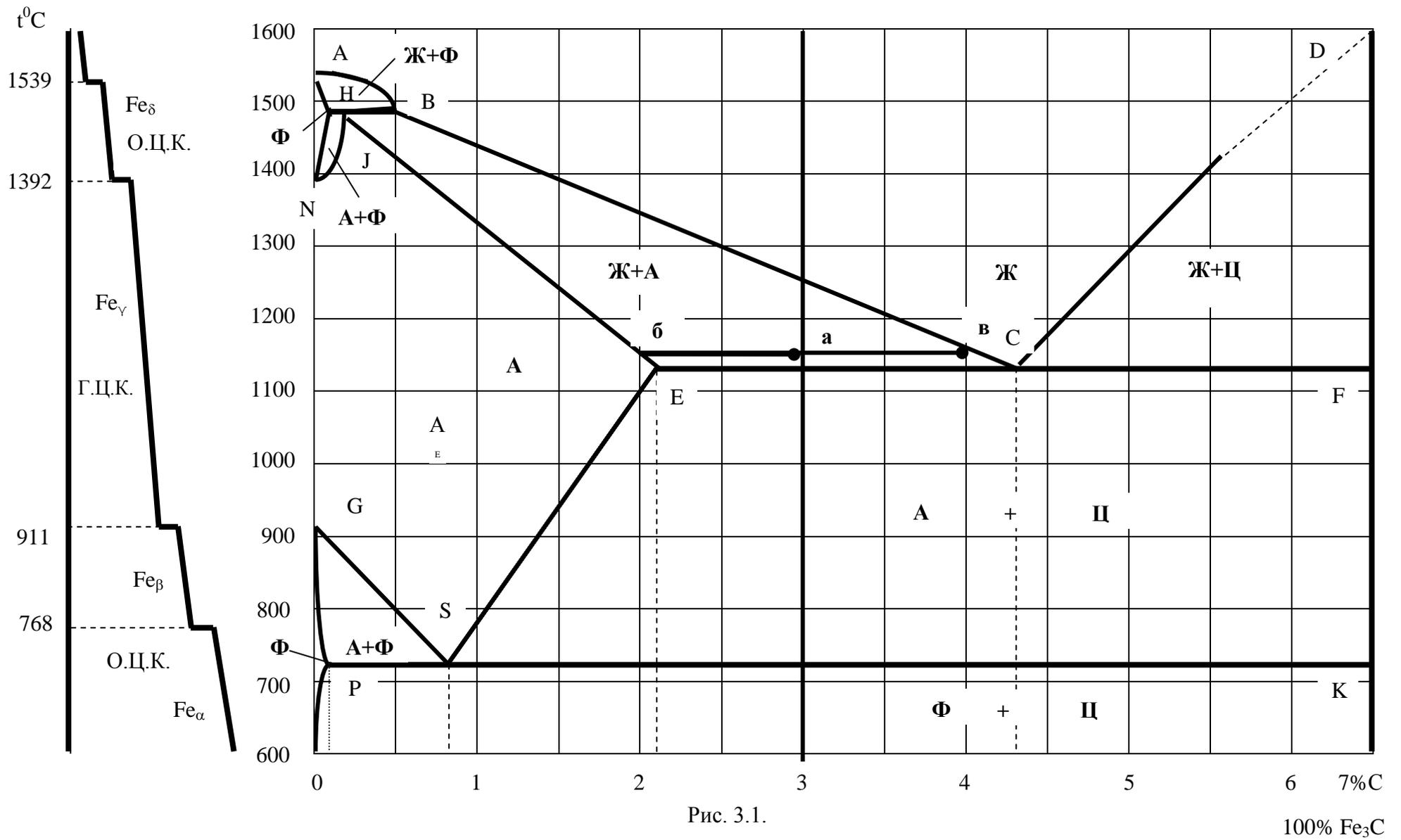


Рис. 3.1.

100% Fe_3C

Кроме указанных выше твердых растворов (феррит и аустенит), в данной системе образуется химическое соединение – карбид железа Fe_3C , которому на диаграмме соответствует характерная вертикальная линия DFKL, отсекающая на оси концентраций отрезок OL-6,67 % C (согласно формуле Fe_3C). Это химическое соединение является устойчивым (температура плавления – точка D), имеет отличную от решеток железа и углерода сложную кристаллическую решетку, высокую твердость (800-850НВ) и называется цементитом.

Фазовый состав сплавов правее линии SE – аустенит и цементит, правее линии PQ – феррит и цементит (интервалы концентраций между однофазными областями).

Таким образом, все двухфазные области на диаграмме можно представить как области “существования” двух фаз, т.е. перехода от одной однофазной области к другой однофазной в интервалах температур или концентраций.

Фазовая диаграмма дает представление о фазовом составе сплавов и температурах фазовых превращений.

Составы и количество фаз в любой двухфазной области можно определить с помощью правила отрезков. Для этого через заданную температурную точку на фигуративной линии сплава проводят горизонтальную линию до пересечения с границами данной двухфазной области – коноду. Проекция точек пересечения коноды с линиями диаграммы на ось концентраций показывают химические составы фаз (прилежащих), а противолежащие точкам отрезки коноды пропорциональны количествам этих фаз.

Например, для сплава с содержанием углерода 3 % при температуре $1170^{\circ}C$ (точка “а”) конодой является отрезок дв, принимаемый за 100 % сплава. При этом химический состав жидкого раствора определяется проекцией точки “в” на ось концентраций ~ 4 % C; химический состав аустенита определяется проекцией точки “д” на ось концентраций ~ 2 % C.

Количество жидкой фазы пропорционально отрезку коноды да:

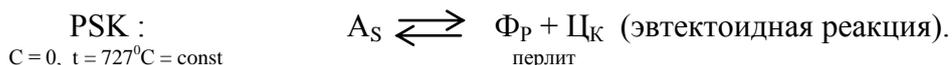
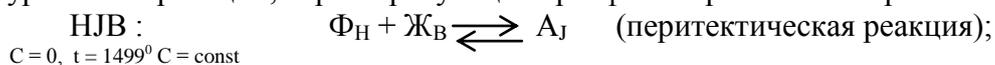
$$Q_{ж} = (\delta_a / \delta_b) \cdot 100 = ((3 - 2) / (4 - 2)) \cdot 100 = 50 \%$$

Количество аустенита пропорционально отрезку коноды ав:

$$Q_a = (a_b / \delta_b) \cdot 100 = ((4 - 3) / (4 - 2)) \cdot 100 = 50 \%$$

Структурная диаграмма (структурный состав сплавов) (рис. 3.2)

Анализируя процессы структурообразования в сплавах целесообразно расчлнить достаточно сложную диаграмму Fe- Fe_3C на три простых участка, содержащих характерные горизонтальные линии HJB, ECF и PSK. Учитывая фазовую диаграмму и правило отрезков, а также формальный вид этих простых участков в связи с типами диаграмм состояния, можно записать уравнения реакций, характеризующих трехфазное равновесие при этих температурах:



Кинетика этих превращений обусловлена полиморфизмом железа и различным содержанием углерода в твердых фазах.

Линия PSK. При охлаждении сплавов, расположенных левее точки S, благодаря полиморфизму железа начинается превращение аустенита в феррит (линия GS). В сплавах правее точки S перестройка решетки железа затруднена из-за большого количества углерода в аустените. Линия SE указывает снижение растворимости углерода в аустените с понижением температуры, в результате чего из аустенита начинает выделяться высокоуглеродистая

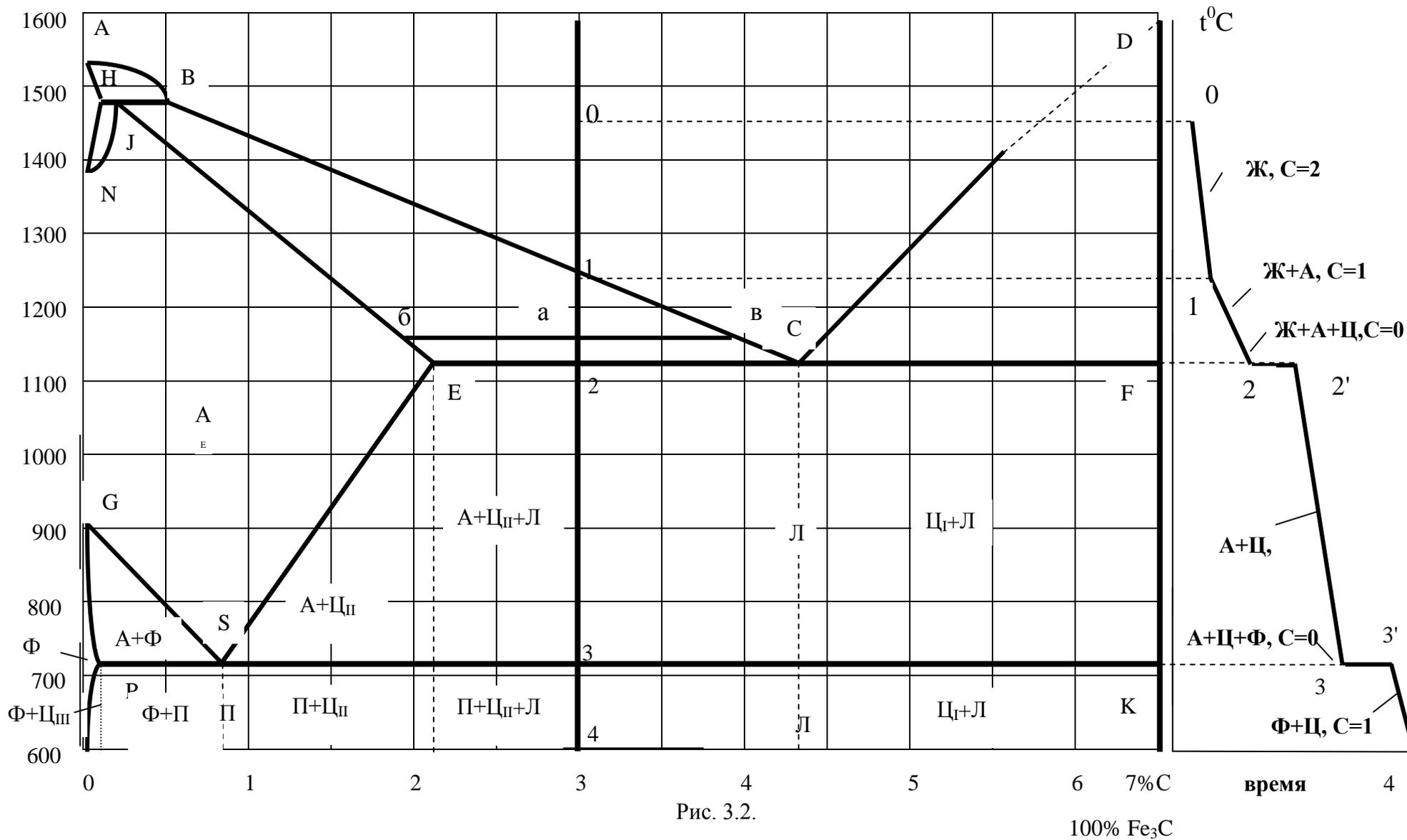


Рис. 3.2.

100% Fe₃C

фаза – цементит, называемый вторичным (тонкая оболочка по границам зерна аустенита в отличие от крупных столбчатых кристаллов цементита первичного, растущего в жидком растворе ниже линии CD). При температуре 727°C (линия PSK) по правилу отрезков аустенит в любом сплаве (левее или правее точки S) содержит 0,8 % C - эвтектоидный состав - и распадается с одновременным выделением из него феррита и цементита вторичного в виде тонких хорошо перемешанных между собою пластин. Такая однородная, постоянного состава двухфазная смесь – эвтектоид - называется перлитом. Нонвариантное равновесие (число степеней свободы $C = K + 1 - \Phi = 2 + 1 - 3 = 0$, $t^{\circ}\text{C} = \text{const}$) обусловлено наличием одновременно трех фаз: А, Ф, Ц. Твердость перлита HB 180... 220.

Линия ECF. В сплавах левее эвтектической точки С первичная кристаллизация начинается с образования дендритов аустенита (первичные кристаллы, содержащие менее 2,14 % C), в сплавах правее точки С в жидкости зарождаются и растут кристаллы высокоуглеродистого (6,67 % C) цементита первичного. При температуре 1147°C у любого сплава, пересекающего линию ECF, количество углерода в жидкой фазе по правилу отрезков соответствует точке С (4,3 % C, эвтектический состав). Жидкость такого состава кристаллизуется в механическую смесь аустенита и цементита первичного. Эта однородная постоянного состава двухфазная смесь одновременно кристаллизующихся при $t^{\circ}\text{C} = \text{const}$ ($C = 0$) фаз является эвтектикой и называется ледебуритом. Ниже температуры 727°C , в результате эвтектоидной реакции, ледебурит представляет собой смесь перлита и цементита.

Сплавы правее точки E (2,14%С), пересекающие линию ECF и содержащие ледебурит, называются белыми чугунами. Сплавы левее точки E, пересекающие линию PSK, называются углеродистыми сталями. Сплавы левее точки P (0,02 % C) называются техническим железом.

Классификация железоуглеродистых сплавов по структуре (8 типов структур)

(рис. 3.3)

Техническое железо:

до 0,006 % C (левее точки Q), структура - феррит (рис. 3.3, а),

0,006-0,02 % C структура - феррит и цементит третичный, выделяющийся из феррита при охлаждении ниже 727°C в результате уменьшения растворимости углерода в феррите по линии PQ (рис. 3.3, б).

Углеродистые стали:

0,02-0,8 % C - доэвтектоидные стали, структура - феррит и перлит (рис. 3.3, в, г, д),

0,8 % C - эвтектоидная сталь, структура - перлит (рис. 3.3, е),

0,8-2,14 % C - заэвтектоидные стали, структур - перлит и цементит вторичный (рис. 3.3, ж).

Белые чугуны

2,14-4,3 % C - доэвтектические чугуны, структура - перлит, окруженный оболочкой цементита вторичного, и ледебурит (рис. 3.3, з),

4,3 % C - эвтектический чугун, структура ледебурит (рис. 3.3, и),

4,3-6,67 % C - заэвтектические чугуны, структура - цементит первичный и ледебурит (рис. 3.3,к).

Процесс формирования структуры в сплавах можно проанализировать, построив кривую охлаждения, например, для сплава с 3 % C (см. рис 3.2). Обозначим точки пересечения фигуративной линии сплава с линиями диаграммы цифрами 1, 2, 3, 4 и возьмем точку 0 в перегретой жидкости. В интервале 01 происходит охлаждение жидкого расплава, $C = 2$ (крутой наклон участка 01). Ниже точки 1 начинается кристаллизация аустенита (А), состав которого изменяется по линии IE (неоднородный химсостав - дендритная ликвация), а состав жидкого расплава - по линии BC, $C = 1$ (пологий участок, так как выделяется скрытая теплота кристаллизации, компенсирующая охлаждение). При 1147°C состав остатка жидкости по правилу отрезков характеризуется точкой С и процесс кристаллизации сплава завершается образованием ледебурита (Л) при

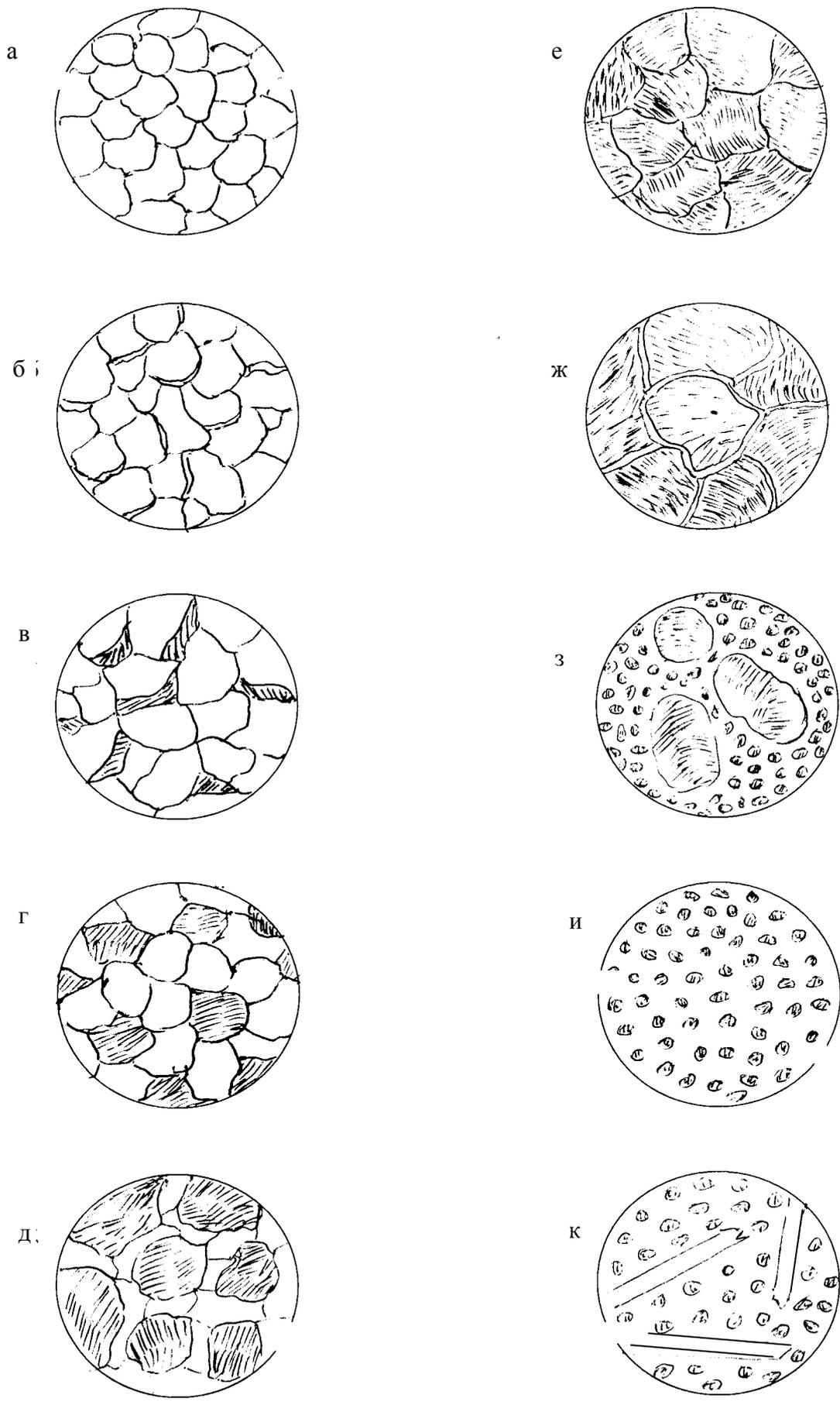


Рис. 3.3

постоянной температуре - участок 2-2' (C = 0). В точке 2' сплав снова двухфазен (нет жидкости) и происходит его охлаждение в интервале 2' 3 (C = 1). При этом по границам аустенита, в результате уменьшения растворимости в нем углерода (линия SE), выделяется цементит вторичный (Ц_{II}). Оболочка цементита вторичного заметна только вокруг кристаллов структурно свободного (первичного) аустенита, в ледебурите же цементит вторичный сливается с цементитом первичным. При температуре 727⁰С аустенит приобретает эвтектоидный состав (правило отрезков) и распадается с образованием перлита (П) при постоянной температуре (участок 3-3', C = 0). Ниже 3' сплав двухфазен (Ф + Ц), его структура перлит, цементит вторичный и ледебурит. Схемы формирования структуры при охлаждении сплава с 3 % С представлены на рис. 3.4.

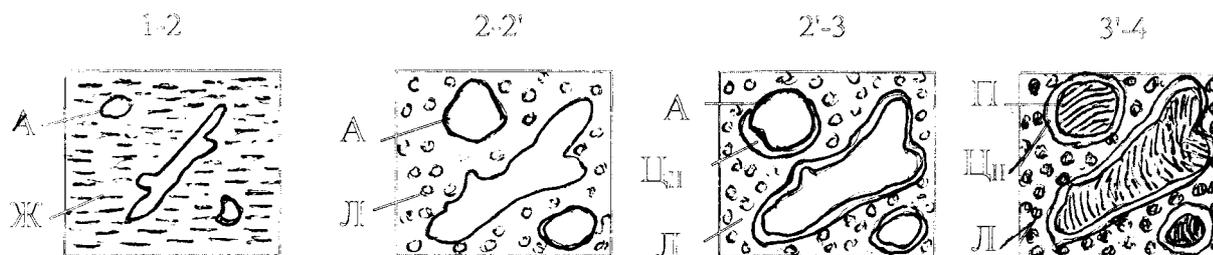


Рис. 3.4

Структурный состав сплавов при комнатной температуре также можно определить, пользуясь правилом отрезков и фазовой диаграммой.

Так, сплав с 3 % С состоит из перлита, содержащего 0,8 % С, цементита вторичного, содержащего 6,67 % С и ледебурита содержащего 4,3 % С. Ледебурит кристаллизуется из жидкости при температуре 1147⁰С и его количество, равное количеству жидкости, определяется по правилу отрезков в области Ж + А (конода ЕС):

$$Q_{Л} = (E2 / EC) \cdot 100 = (3 - 2,14) / (4,3 - 2,14) \cdot 100 \cong 40 \%$$

Количество первичного, ранее закристаллизовавшегося аустенита при этом составляет

$$Q_{А} = (2C / EC) \cdot 100 = (4,3 - 3) / (4,3 - 2,14) \cdot 100 \cong 60 \%$$

Из первичного аустенита, содержащего 2,14 % С (при 1147⁰С) при дальнейшем его охлаждении до 727⁰С и уменьшении растворимости в нем углерода до 0,8 % выделяется структурно свободный цементит вторичный Ц_{II}. Максимальное количество Ц_{II} выделяется из 100% аустенита в сплаве, не содержащем ледебурита и проходящем через точку E:

$$Q_{ЦII} = (2,14 - 0,8) / (6,67 - 0,8) \cdot 100 \cong 22,8 \%$$

Для нахождения количества Ц_{II} в сплаве с 3 % С, составим и решим пропорцию:

- из 100 % аустенита выделяется 22,8 % цементита вторичного;

- из 60 % аустенита выделяется X цементита вторичного.

$$X = (60 \cdot 22,8) / 100 = 13,7 \%$$

Остаток аустенита 60 - 13,7 = 46,3 % при температуре 727⁰С превращается в перлит.

Следовательно, структурный состав сплава с 3 % С при комнатной температуре следующий:

перлит - 46,3 %;

цементит вторичный - 13,7 %;

ледебурит - 40 %.

Задание

Уяснить значение линий и точек диаграммы Fe-Fe₃C, фазовый и структурный состав сплавов.

В соответствии с вариантом задания (табл. 3.1) проанализировать процессы охлаждения и нагрева сплава, используя правило фаз и правило отрезков.

Порядок выполнения работы

Изобразить метастабильную диаграмму железо-углерод, обозначив точки латинскими буквами (общепринятыми). Охарактеризовать компоненты данной системы.

Описать продукты взаимодействия компонентов в сплавах данной системы в жидком и твердом состоянии - фазы системы. Обозначить на диаграмме фазовый состав (карандашом).

Указать значение линий и точек диаграммы, обозначить структурный состав в областях диаграммы (пастой), охарактеризовать механические смеси в системе.

Построить кривые охлаждения и нагрева заданного сплава с применением правила фаз.

Описать превращения, происходящие в сплаве при охлаждении, разъяснив закономерности процессов кристаллизации и перекристаллизации.

С помощью правила отрезков охарактеризовать:

- фазовый состав сплава при температуре t_a , выбранной в заданном температурном интервале,

- структурный состав сплава при комнатной температуре.

Изобразить процесс формирования структуры данного сплава при охлаждении (в соответствии с кривой охлаждения).

Варианты заданий

Таблица 3.1.

№	%C	$t_a, ^\circ\text{C}$ в области	№	%C	$t_a, ^\circ\text{C}$ в области	№	%C	$t_a, ^\circ\text{C}$ в области
1.	0,1	Ж + Ф	11.	1,1	Ж + А	21.	2,14	Ж + А
2.	0,2	Ж + Ф	12.	1,2	Ж + А	22.	2,5	Ж + А
3.	0,3	А + Ф	13.	1,3	Ж + А	23.	3,0	Ж + А
4.	0,4	А + Ф	14.	1,4	А + Ц	24.	3,2	Ж + А
5.	0,5	А + Ф	15.	1,5	А + Ц	25.	3,5	А + Ц
6.	0,6	Ж + А	16.	1,6	А + Ц	26.	4,0	А + Ц
7.	0,7	Ж + А	17.	1,7	А + Ц	27.	4,3	А + Ц
8.	0,8	Ж + А	18.	1,8	А + Ц	28.	4,5	А + Ц
9.	0,9	Ж + А	19.	1,9	А + Ц	29.	5,0	Ж + Ц
10.	1,0	Ж + А	20.	2,0	Ж + А	30.	5,5	Ж + Ц

РАБОТА № 4

МАРКИРОВКА И СВОЙСТВА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ И МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ЧУГУНОВ ПО ГОСТам

Цель работы: *иметь* навыки работы с ГОСТами и справочной литературой;
уметь расшифровывать условные обозначения марок углеродистых сталей.

Общие сведения

Углеродистые стали по содержанию вредных примесей – серы, фосфора и других загрязняющих элементов - подразделяются на стали обыкновенного качества, качественные и высококачественные.

Стали, из которых изготавливаются детали машин, называются конструкционными.

Стали, из которых изготавливаются различные инструменты, называются инструментальными.

ГОСТ 380-94 СТАЛЬ УГЛЕРОДИСТАЯ ОБЫКНОВЕННОГО КАЧЕСТВА

Сталь изготавливают следующих марок:

Ст0, Ст1кп, Ст1пс, Ст1сп,
Ст2кп, Ст2пс, Ст2сп,
Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс, Ст3Гсп,
Ст4кп, Ст4пс, Ст4сп,
Ст5пс, Ст5сп, Ст5Гпс,
Ст6пс, Ст6сп.

Условное обозначение стали - буквенно-цифровое.

Буквы Ст означают "сталь", цифры от 0 до 6 - условный номер марки в зависимости от химического состава стали и механических свойств, например: Ст0, Ст1, Ст2, Ст3.

Для обозначения степени раскисления к обозначению марки стали, после номера марки добавляют индексы: кп - кипящая, пс - полуспокойная, сп - спокойная, например: Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп.

Для обозначения категории стали к обозначению марки, добавляют в конце номер, соответствующий категории, например: Ст3пс2, Ст3кп2, Ст4пс2.

Первую категорию в обозначении марки стали не указывают, например: Ст3кп, Ст3пс.

При заказе стали необходимой категории без указания степени раскисления в обозначении марки стали номер марки и категорию отделяют друг от друга тире, например: Ст3-2.

Для обозначения стали с повышенным содержанием марганца, в обозначении стали, после номера марки ставят букву Г, например: Ст3Гпс.

Стали имеют гарантированный химический состав (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Химический состав сталей по ГОСТ 380-94

Марка стали	Массовая доля элементов, %		
	углерода	марганца	кремния
Ст0	Не более 0,23	-	-
Ст1кп	0,06-0,12	0,25-0,50	Не более 0,05
Ст1пс	0,06-0,12	0,25-0,50	0,05-0,15
Ст1сп	0,06-0,12	0,25-0,50	0,15-0,30
Ст2кп	0,09-0,15	0,25-0,50	Не более 0,05
Ст2пс	0,09-0,15	0,25-0,50	0,05-0,15
Ст2сп	0,09-0,15	0,25-0,50	0,15-0,30
Ст3кп	0,14-0,22	0,30-0,60	Не более 0,05
Ст3пс	0,14-0,22	0,40-0,65	0,05-0,15
Ст3сп	0,14-0,22	0,40-0,65	0,15-0,30
Ст3Гпс	0,14-0,22	0,80-1,10	Не более 0,15
Ст3Гсп	0,14-0,20	0,80-1,10	0,15-0,30
Ст4кп	0,18-0,27	0,40-0,70	Не более 0,05
Ст4пс	0,18-0,27	0,40-0,70	0,05-0,15
Ст4сп	0,18-0,27	0,40-0,70	0,15-0,30
Ст5пс	0,28-0,37	0,50-0,80	0,05-0,15
Ст5сп	0,28-0,37	0,50-0,80	0,15-0,30
Ст5Гпс	0,22-0,30	0,80-1,20	Не более 0,15
Ст6пс	0,38-0,49	0,50-0,80	0,05-0,15
Ст6сп	0,38-0,49	0,50-0,80	0,15-0,30

П р и м е ч а н и я:

1. Массовая доля серы в сталях всех марок, кроме Ст0, должна быть не более 0,050 %, фосфора – не более 0,040 %, в стали марки Ст0 серы – не более 0,060 %, фосфора – не более 0,07 %.

2. Массовая доля азота в стали – не более 0,016 %, а при выплавке в электропечах – не более 0,012 %.

ГОСТ 1050-88 СТАЛЬ УГЛЕРОДИСТАЯ КАЧЕСТВЕННАЯ КОНСТРУКЦИОННАЯ

Сталь изготавливают следующих марок: 05кп, 08кп...10пс, 10кп...15...20, 25, 30, 35, 40, 45...60.

Двузначное число в обозначении стали показывает среднее содержание углерода в сотых долях процента. По степени расчистки сталь обозначают: кипящую – кп, полуспокойную – пс, спокойную – без индекса.

Стали имеют гарантированный химический состав (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Химический состав сталей по ГОСТ 1050-88

Марка стали	Массовая доля элементов, %			
	углерода	кремния	марганца	хрома, не более
05кп	Не более 0,06	Не более 0,03	Не более 0,40	0,10
08кп	0,05-0,12	Не более 0,03	0,25-0,50	0,10
08пс	0,05-0,11	0,05-0,17	0,35-0,65	0,10
08	0,05-0,12	0,17-0,37	0,35-0,65	0,10
10кп	0,07-0,14	Не более 0,07	0,25-0,50	0,15
10пс	0,07-0,14	0,05-0,17	0,35-0,65	0,15
10	0,07-0,14	0,17-0,37	0,35-0,65	0,15
11кп	0,05-0,12	Не более 0,06	0,30-0,50	0,15
15кп	0,12-0,19	Не более 0,07	0,25-0,50	0,25
15пс	0,12-0,19	0,05-0,17	0,35-0,65	0,25
15	0,12-0,19	0,17-0,37	0,35-0,65	0,25
18кп	0,12-0,20	Не более 0,06	0,30-0,50	0,15
20кп	0,17-0,24	Не более 0,07	0,25-0,50	0,25
20пс	0,17-0,24	0,05-0,17	0,35-0,65	0,25
20	0,17-0,24	0,17-0,37	0,35-0,65	0,25
25	0,22-0,30	0,17-0,37	0,50-0,80	0,25
30	0,27-0,35	0,17-0,37	0,50-0,80	0,25
35	0,32-0,40	0,17-0,37	0,50-0,80	0,25
40	0,37-0,45	0,17-0,37	0,50-0,80	0,25
45	0,42-0,50	0,17-0,37	0,50-0,80	0,25
50	0,47-0,55	0,17-0,37	0,50-0,80	0,25
55	0,52-0,60	0,17-0,37	0,50-0,80	0,25
58 (55пп)	0,55-0,63	0,10-0,30	Не более 0,20	0,15
60	0,57-0,65	0,17-0,37	0,50-0,80	0,25

П р и м е ч а н и я:

1. Сталь марки 05кп не допускается к применению во вновь создаваемой и модернизируемой технике.
2. Массовая доля серы в стали должна быть не более 0,040%, фосфора – не более 0,035%. Для стали марок 11кп и 18кп, применяемой для плакировки, массовая доля серы должна быть не более 0,035%, фосфора – не более 0,030%.
3. Массовая доля азота в кислородно-конвертерной стали не должна превышать 0,006% для тонколистового проката и ленты и 0,008% - для остальных видов проката.

Механические свойства стали регламентируются в зависимости от технологии ее обработки (ТВ1, ТВ2, М1, М2, М3). Механические свойства стального проката в нормализованном состоянии (М1) приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Марка стали	Механические свойства, не менее			
	Предел текучести σ_{02} , Н/мм ² (кгс/мм ²)	Временное сопротивление разрыву σ_B , Н/мм ² (кгс/мм ²)	Относительное удлинение δ , %	Относительное сужение ψ , %
08	196(20)	320(33)	33	60
10	205(21)	330(34)	31	55
15	225(23)	370(38)	27	55
20	245(25)	410(42)	25	55
25	275(28)	450(46)	23	50
30	295(30)	490(50)	21	50
35	315(32)	530(54)	20	45
40	335(34)	570(58)	19	45
45	355(36)	600(61)	16	40
50	375(38)	630(64)	14	40
55	380(39)	650(66)	13	35
58(55пп)	315(32)	600(61)	12	28
60	400(41)	680(69)	12	35

Примечания:

1. Нормы механических свойств относятся к прокату диаметром или толщиной до 80 мм. Для проката диаметром или толщиной свыше 80 мм допускается снижение относительного удлинения на 2 % (абс) и относительного сужения на 5 % (абс).
2. По согласованию изготовителя с потребителем для стали марок 25-60 допускается снижение временного сопротивления на 20 Н/мм² (2 кгс/мм²) при одновременном повышении норм относительного удлинения на 2 % (абс).

ГОСТ 1435-90 СТАЛЬ ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ УГЛЕРОДИСТАЯ

Сталь изготавливается следующих марок:

У7, У8, У8Г, У9, У10, У11, У12, У13, У7А, У8А, У8ГА, У9А, У10А, У11А, У12А, У13А.

Буквы и цифры в обозначении марок означают: У - углеродистая, следующее за ней число - среднее содержание углерода в десятых долях процента, Г - повышенное содержание марганца, А - высококачественная.

Стали имеют гарантированный химический состав (табл. 4.4).

Таблица 4.4

Химический состав сталей по ГОСТ1435-90

Марка стали	Содержание элементов, %				
	Углерод	Марганец	Кремний	Сера	Фосфор
У7	0,65-0,74	0,20-0,40	0,15-0,35	0,030	0,035
У8	0,75-0,84	0,20-0,40	0,15-0,35	0,030	0,035
У8Г	0,80-0,90	0,35-0,60	0,15-0,35	0,030	0,035
У9	0,85-0,94	0,15-0,35	0,15-0,35	0,030	0,035
У10	0,95-1,04	0,15-0,35	0,15-0,35	0,030	0,035
У11	1,05-1,14	0,15-0,35	0,15-0,35	0,030	0,035
У12	1,15-1,24	0,15-0,35	0,15-0,35	0,030	0,035
У13	1,25-1,35	0,15-0,35	0,15-0,35	0,030	0,035
У7А	0,65-0,74	0,15-0,30	0,15-0,35	0,020	0,030
У8А	0,75-0,84	0,15-0,30	0,15-0,35	0,020	0,030

У8ГА	0,80-0,90	0,35-0,60	0,15-0,35	0,020	0,030
У9А	0,85-0,94	0,15-0,30	0,15-0,35	0,020	0,030
У10А	0,95-1,04	0,15-0,30	0,15-0,35	0,020	0,030
У11А	1,05-1,14	0,15-0,30	0,15-0,35	0,020	0,030
У12А	1,15-1,24	0,15-0,30	0,15-0,35	0,020	0,030
У13А	1,25-1,35	0,15-0,30	0,15-0,35	0,020	0,030

Примечания:

1. К группе качественных сталей относятся марки стали без буквы А, к группе высококачественных сталей, более чистых по содержанию серы и фосфора, а также примесей других элементов – марки стали с буквой А.
2. Содержание серы в стали, полученной методом электрошлакового переплава, не должно превышать 0,015 %.

Стандартом устанавливаются также нормы твердости сталей (табл. 4.5).

Таблица 4.5

Марки стали	Твердость термически обработанной стали		Твердость образцов после закалки	
	НВ, не более	Диаметр отпечатка, мм, не менее	Температура закалки, °С, и среда охлаждения	НRC, не менее
У7, У7А У8, У8А У8Г, У8ГА	187	4,4	800-820, вода 780-800, вода 780-800, вода	62
У9, У9А У10, У10А У11, У11А У12, У12А У13, У13А	192 197 202 207 217	4,35 4,3 4,25 4,2 4,1	760-780, вода	62

ГОСТ 1412-85 ОТЛИВКИ ИЗ СЕРОГО ЧУГУНА С ПЛАСТИНЧАТЫМ ГРАФИТОМ

Установлены следующие марки серых чугунов:

ферритные СЧ10, СЧ15

феррито-перлитные СЧ18, СЧ20, СЧ21

перлитные СЧ24, СЧ25, СЧ30, СЧ35.

В обозначении чугуна С – серый, Ч – чугун, двузначное число указывает значение предела прочности при растяжении, σ_B , кгс/мм² (МПа·10⁻¹). Прочность чугуна тем больше, чем мельче графитовые включения и чем больше перлита в структуре металлической основы. Химический состав чугунов является факультативным и устанавливается предприятием-изготовителем согласно рекомендациям ГОСТа. Регламентируемые физико-механические свойства чугунов приведены в табл. 4.6.

Таблица 4.6

Физико-механические свойства отливок из серых чугунов по ГОСТ 1412-85

Марка сплава	Плотность, кг/м ³ ·10 ³	Линейная усадка, %	Предел прочности при растяжении МПа (кгс/мм ²)	Модуль упругости Е·10 ⁻² МПа	Температурный коэффициент линейного расширения °С ⁻¹ ·10 ⁻⁶
СЧ10	6,8	1	100 (10)	700-1100	8
СЧ15	7,0	1,1	150 (15)	700-1100	9
СЧ18			180 (18)		
СЧ20	7,1	1,2	200 (20)	800-1100	9,5
СЧ21			210 (21)		

СЧ24			240 (24)		
СЧ25	7,2	1,2	250 (25)	900-1100	10
СЧ30	7,3	1,3	300 (30)	1200-1450	10,5
СЧ35	7,4	1,3	350 (35)	1300-1550	11

ГОСТ1215-79 ОТЛИВКИ ИЗ КОВКОГО ЧУГУНА С ХЛОПЬЕВИДНЫМ ГРАФИТОМ
Установлено 11 марок чугунов: КЧ30-6, КЧ33-8, КЧ35-10, КЧ37-12, КЧ45-7, КЧ50-5, КЧ55-4, КЧ60-3, КЧ65-3, КЧ70-2, КЧ80-1,5.

В обозначении чугуна К – ковкий (условное название, чугуны ковкие не подвергаются), Ч – чугун, первое двузначное число указывает значение предела прочности при растяжении, σ_B , кгс/мм² (МПа·10⁻¹), второе число – относительное удлинение, δ , %.

Регламентируемые химический состав и механические свойства чугунов указаны в табл. 4.7.

Таблица 4.7

Механические свойства и химический состав отливок из ковкого чугуна по ГОСТ 1215-79

Марка чугуна	Механические свойства			Массовая доля элементов, %		
	σ_B , МПа	δ , %	Твердость НВ	С	Si	Mn
	не менее					
Ферритный класс						
КЧ30-6	294	6	100-163	2,6-2,9	1,0-1,6	0,4-0,6
КЧ33-8	323	8	100-163	2,6-2,9	1,0-1,6	0,4-0,6
КЧ35-10	343	10	100-163	2,5-2,8	1,1-1,3	0,3-0,6
КЧ37-12	362	12	110-163	2,4-2,7	1,2-1,4	0,2-0,4
Перлитный класс						
КЧ45-7	441	7	150-207	2,5-2,8	1,1-1,3	0,3-1,0
КЧ50-5	490	5	170-230	2,5-2,8	1,1-1,3	0,3-1,0
КЧ55-4	539	4	192-241	2,5-2,8	1,1-1,3	0,3-1,0
КЧ60-3	588	3	200-269	2,5-2,8	1,1-1,3	0,3-1,0
КЧ65-3	637	3	212-269	2,4-2,7	1,2-1,4	0,3-1,0
КЧ70-2	686	2	241-285	2,4-2,7	1,2-1,4	0,3-1,0
КЧ80-1,5	784	1,5	270-320	2,4-2,7	1,2-1,4	0,3-1,0

Примечание:

Содержание фосфора $\leq(0,10-0,18)$; серы $\leq(0,06-0,20)$, хрома $\leq(0,06-0,08)$, %.

ГОСТ 7293-85 ОТЛИВКИ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА С ШАРОВИДНЫМ ГРАФИТОМ

Установлено 8 марок высокопрочных чугунов: ВЧ35, ВЧ40, ВЧ45, ВЧ50, ВЧ60, ВЧ70, ВЧ80, ВЧ100.

В обозначении чугуна В – высокопрочный, Ч – чугун, двузначное число указывает значение предела прочности при растяжении, σ_B , кгс/мм² (МПа·10⁻¹).

Регламентируемые механические свойства и химический состав чугунов приведены в табл. 4.8.

Относительное удлинение, твердость и ударная вязкость чугунов определяются при наличии требований в нормативно-технической документации и их значения, по согласованию с заказчиком, могут отличаться от указанных в табл. 4.8.

Таблица 4.8

Механические свойства и химический состав высокопрочного чугуна с шаровидным графитом

Марка чугуна	Механические свойства				Массовая доля элементов, %										
	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	Твердос- ть НВ	С		Si			Mn	P	S	Cr	Cu	Ni
					толщина стенки отливки, мм		толщина стенки отливки, мм								
	не менее				до 50	св.50 до 100	до 50	св.50 до 100	св. 100	не более					
Ферритный															
ВЧ35	350	220	22	140-170	3,3-3,8	3,0-3,5	1,9-2,9	1,3-1,7	0,8-1,5	0,2-0,6	0,1	0,02	0,05	-	-
ВЧ40	400	250	15	140-220	3,3-3,8	3,0-3,5	1,9-2,9	1,2-1,7	0,5-1,5	0,2-0,6	0,1	0,02	0,1	-	-
Перлитно-ферритный															
ВЧ45	450	310	10	140-225	3,3-3,8	3,0-3,5	1,9-2,9	1,3-1,7	0,5-1,5	0,3-0,7	0,1	0,02	0,1	-	-
ВЧ50	500	320	7	153-245	3,2-3,7	3,0-3,3	1,9-2,9	2,2-2,6	0,8-1,5	0,3-0,7	0,1	0,02	0,15	-	-
Перлитный															
ВЧ60	600	370	3	192-277	3,2-3,6	3,0-3,3	2,4-2,6	2,4-2,8	-	0,4-0,7	0,1	0,02	0,15	0,3	0,4
ВЧ70	700	420	2	228-302	3,2-3,6	3,0-3,3	2,6-2,9	2,6-2,9	-	0,4-0,7	0,1	0,015	0,15	0,4	0,6
ВЧ80	800	480	2	248-351	3,2-3,6	-	2,6-2,9	-	-	0,4-0,7	0,1	0,01	0,15	0,6	0,6
Бейнитный															
ВЧ100	1000	700	2	270-360	3,2-3,6	-	3,0-3,8	-	-	0,4-0,7	0,1	0,01	0,15	0,6	0,8

Примечание:

Чугун марки ВЧ35 с шаровидным графитом должен иметь среднее значение ударной вязкости KCV не менее 21 Дж/см² при температуре плюс 20⁰С и 15 Дж/см² при температуре минус 40⁰С, минимальное значение ударной вязкости должно быть не менее 17 Дж/см² при температуре плюс 20⁰С и 11 Дж/см² при температуре минус 40⁰С.

Задание

Уяснить классификацию и маркировку углеродистых сталей, и машиностроительных чугунов.

Ознакомиться с химическим составом и свойствами сплавов по ГОСТам в соответствии с заданным вариантом (табл.4.9).

Порядок выполнения работы

1. Указать номер ГОСТа и его наименование.
2. Охарактеризовать номенклатуру сплавов по ГОСТу.
3. Расшифровать условное обозначение сплавов.
4. Для соответствующей данному ГОСТу марки из варианта задания (табл. 4.9) указать значения гарантируемых по ГОСТу показателей.
5. Осуществить самоконтроль уровня усвоения учебного материала, используя в качестве тестов варианты заданий (табл. 4.9).

Таблица 4.9

Варианты заданий

№ п/п	Марки	№ п/п	Марки	№ п/п	Марки	№ п/п	Марки
1.	1. Ст0 2. КЧ30-6 3. ВЧ35 4. 05кп 5. У7	7.	1. Ст2сп 2. СЧ25 3. ВЧ100 4. 20 5. У12	13.	1. Ст4пс 2. КЧ65-3 3. СЧ15 4. 50 5. У10А	19.	1. Ст6сп 2. ВЧ50 3. СЧ45 4. 10пс 5. У8Г
2.	1. Ст1кп 2. СЧ10 3. ВЧ40 4. 08 5. У8	8.	1. Ст3кп 2. СЧ30 3. КЧ37-12 4. 25 5. У13	14.	1. Ст4сп 2. КЧ70-2 3. СЧ20 4. 55 5. У11А	20	1. Ст3-2 2. ВЧ40 3. КЧ30-6 4. 11кп 5. У9
3.	1. Ст2пс 2. КЧ33-8 3. ВЧ45 4. 08кп 5. У8Г	9.	1. Ст3пс 2. СЧ35 3. КЧ45-7 4. 30 5. У7А	15.	1. Ст5пс 2. КЧ80-1,5 3. СЧ25 4. 60 5. У12А	21	1. Ст4-3 2. ВЧ35 3. КЧ33-8 4. 20кп 5. У10
4.	1. Ст1сп 2. СЧ15 3. ВЧ50 4. 10 5. У9	10.	1. Ст3сп 2. СЧ40 3. КЧ50-5 4. 35 5. У8А	16.	1. Ст5сп 2. ВЧ100 3. СЧ30 4. 15кп 5. У13А	22	1. Ст5-2 2. СЧ10 3. КЧ35-10 4. 08пс 5. У11
5.	1. Ст2кп 2. КЧ35-10 3. ВЧ60 4. 10кп 5. У10	11.	1. Ст3Гпс 2. СЧ45 3. КЧ55-4 4. 40 5. У8ГА	17.	1. Ст5Гпс 2. ВЧ80 3. СЧ35 4. 10кп 5. У7	23	1. Ст6-3 2. ВЧ40 3. КЧ37-12 4. 08кп 5. У12
6.	1. Ст2пс 2. СЧ20 3. ВЧ80 4. 15 5. У11	12.	1. Ст4кп 2. КЧ60-3 3. СЧ10 4. 45 5. У9А	18.	1. Ст6пс 2. ВЧ60 3. СЧ40 4. 15пс 5. У8	24	1. Ст4-2 2. СЧ25 3. КЧ45-7 4. 20пс 5. У13

РАБОТА № 5

ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛИ

Цель работы: *уметь* оценивать влияние состава материала на его свойства
иметь навыки работы с ГОСТами и справочной литературой.

Общие сведения

Физическая сущность влияния химического состава на свойства углеродистых сталей охарактеризована в учебной литературе [1, с. 160-162; 2, с. 151; 3, с. 115-117; 4, с. 92], механические свойства углеродистых сталей - в справочной литературе [5, с.27-34].

Задание

Исследовать влияние углерода на свойства углеродистых сталей, определяемые при механических испытаниях (по варианту табл. 5.1).

Порядок выполнения работы

По условному марочному обозначению определить наименование сталей и номер ГОСТа, устанавливающего требования к их составу и свойствам.

Пользуясь ГОСТом или справочной литературой [5], знакомиться с нормируемыми показателями состава и свойств сталей. Данные представить в виде таблицы:

Механические свойства сталей _____ ГОСТ _____
указать марки и состояние сталей номер

№ п/п	Марка стали	Содержание углерода, %	Механические свойства	
1.				
2.				
3.				
...				

3. По данным таблицы построить графическое изображение зависимости заданных механических свойств сталей от содержания углерода в них.

4. Сделать обобщающие выводы о характере и причинах зависимости механических свойств от состава сталей.

Таблица 5.1

Варианты заданий

	Марки сталей	Состояние материала	Механические свойства
1.	08-60	категория ТВ2, нагартованный отожженный	твердость НВ твердость НВ
2.	08-60	категория М1, прокат нормализованный	предел текучести, σ_m , относительное удлинение, δ .
3.	08-60	категория М1, прокат нормализованный	временное сопротивление σ_B , относительно сужение, ψ .
4.	25-50	категория М1, прокат нормализованный	временное сопротивление, σ_B , относительное удлинение, δ , ударная вязкость, КСU
5.	10-50	категория М2, прокат калиброванный,	временное сопротивление, σ_B , относительное удлинение, δ .

		нагартованный	
6.	10-50	категория М2, прокат калиброванный, нагартованный	временное сопротивление, σ_B , относительное сужение, ψ .
7.	10-50	категория М2, прокат калиброванный отожженный	временное сопротивление, σ_B , относительное удлинение, δ .
8.	10-50	категория М2 прокат калиброванный, отожженный	временное сопротивление, σ_B , относительное сужение ψ .
9.	25-60	категория М3, прокат калиброванный улучшенный $d \leq 16$ мм	предел текучести, σ_m , относительное удлинение, δ .
10.	25-60	категория М3, прокат калиброванный улучшенный $d \leq 16$ мм	временное сопротивление, σ_B , работа удара, КУ
11.	Ст0-Стбсп	прокат горячекатанный	временное сопротивление, σ_B , относительное удлинение, δ .
12.	Ст2сп-Стбсп	прокат горячекатанный толщиной 20-40 мм	предел текучести, σ_m , относительное удлинение, δ .
13.	Ст2-Ст4	прокат горячекатанный, толщиной 20-40 мм кипящие стали; спокойные стали.	временное сопротивление, σ_B , относительное удлинение, δ .
14.	Ст2-Ст4	прокат горячекатанный толщиной до 20 мм	предел текучести, σ_m , относительное удлинение, δ .
15.	Ст3	прокат горячекатанной различной толщины кипящая сталь полу- и спокойная сталь с обычным и повышенным содержанием марганца	временное сопротивление, σ_B , предел текучести, σ_m , относительное удлинение, δ .
16.	10-35 А11-А35	Прокат категории М1, горячекатанный.	временное сопротивление σ_B , относительное удлинение, δ , относительное сужение ψ .

РАБОТА № 6

УПРАВЛЕНИЕ СВОЙСТВАМИ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Цель работы: *уметь* оценивать влияние состава и строения стали на ее свойства
иметь навыки работы с ГОСТами и справочной литературой.

Общие сведения

В учебной литературе охарактеризованы физическая сущность влияния химического состава на свойства углеродистых сталей [1, с. 160-162; 2, с.150-154; 3, с.115-117; 4, с. 91-95]; влияние пластической деформации на структуру и свойства [1, с.53-56, с. 270-271; 2, с.54-55, 83; 3, с.93-96; 4, с. 73-77]; виды и назначение термической обработки сталей [1, с.229-252; 2, с. 218-248; 3, с.98-106; 4, с. 113-138]. В справочной литературе [5, с.27-34] приведена информация о механических свойствах углеродистых сталей в различном состоянии.

Задание

Исследовать влияние термической и механической (нагартовки) обработки на свойства проката из углеродистых сталей (по варианту табл. 6.1).

Порядок выполнения работы

По условному марочному обозначению определить наименование сталей и номер ГОСТа, устанавливающего требования к их составу и свойствам.

Пользуясь ГОСТом и справочной литературой [5] ознакомиться с нормируемыми показателями состава и свойств сталей.

Данные представить в виде таблицы, составленной в соответствии с заданием. Один из примеров таблицы приведен ниже:

Механические свойства _____ ГОСТ _____
марки сталей номер

№ п/п	Марка стали	Содержание углерода, %	Состояние проката			
			механические свойства			
1.						
2.						
3.						
...						

3. По данным таблицы построить графическое изображение зависимости заданных механических свойств от вида обработки стали.

4. Сделать обобщающие выводы о характере и причинах полученной зависимости механических свойств от состава и обработки стали.

Таблица 6.1

Варианты заданий

№ пп	Марки группы сталей	Состояние проката	Механические свойства
1.	08-60	категория ТВ 2 горячекатанный, нагартованный отожженный	твердость, НВ
2.	10-50	категория М 2 нагартованный отожженный	временное сопротивление, σ_B относительное удлинение, δ
3.	10-50	категория М 2, нагартованный отожженный	временное сопротивление, σ_B относительное сужение, ψ
4.	25-60	категория М1 - нормализованный категория М3 - улучшенный, $d \leq 16$ мм	временное сопротивление, σ_B относительное удлинение, δ
5.	10-50	категория М1 - нормализованный категория М2 - отожженный	временное сопротивление, σ_B относительное удлинение, δ
6.	10-50	категория М1 - нормализованный категория М2 - отожженный	предел текучести, σ_m относительное сужение, ψ
7.	25-60	категория М1 - нормализованный категория М3 - улучшенный, $d \leq 16$ мм	временное сопротивление, σ_B ударная вязкость, КСU
8.	25-60	категория М2 - отожженный	временное сопротивление, σ_B

		категория МЗ – улучшенный, $d \leq 16$ мм	относительное удлинение, δ
9.	25-60	категория М2 - отожженный категория МЗ – улучшенный, $d \leq 16$ мм	временное сопротивление, σ_b относительное сужение, ψ
10	25-60	категория МЗ, различной толщины	предел текучести, σ_m относительное удлинение, δ
11	25-60	категория МЗ, различной толщины	временное сопротивление, σ_b работа удара КУ
12	Ст 1сп-Ст 5сп	горячекатанный, $d \leq 20$ термоупрочненный электронагревом с самоотпуском при температурах 400, 500, 600, 680 °С	временное сопротивление, σ_b предел текучести, σ_m относительное удлинение, δ
13	A11-A35	горячекатанный, нагартованный	временное сопротивление, σ_b относительное удлинение, δ
14	A11-A35	горячекатанный, нагартованный	твёрдость НВ относительное удлинение, δ

РАБОТА № 7

МАРКИРОВКА И СВОЙСТВА ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ ПО ГОСТам

Цель работы: *уметь* расшифровать условные обозначения марок легированных сталей
иметь навыки работы с ГОСТами и справочной литературой.

Общие сведения

Стали, в состав которых для дополнительного улучшения свойств вводятся, кроме железа и углерода, легирующие элементы называются легированными.

Легированные стали классифицируются:

по степени легирования: низколегированные - до 2,5 %, среднелегированные - 2,5...10% и высоколегированные - свыше 10 % легирующих элементов;

по составу: хромистые, хромоникелевые, хромокремнистые, хромомолибденванадиевые и т.п.

по структуре:

-в отожженном состоянии: доэвтектоидные (Ф+П), эвтектоидные (П), заэвтектоидные (П+К), ледебуритные (П+К+Л), аустенитные (А), ферритные (Ф);

-в нормализованном состоянии: перлитные (П), мартенситные (М). аустенитные (А);

по назначению:

-конструкционные стали
-инструментальные стали
-стали и сплавы с особыми свойствами (коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные, износостойкие, электротехнические и т.п.).

Условное обозначение легирующих элементов в сталях - буквенно-цифровое.

Буквы, обозначающие легирующие элементы:

А - азот (кроме буквы А в конце обозначения)
Б- ниобий
В - вольфрам
Г- марганец
Д - медь
Е - селен

К - кобальт
М - молибден
Н - никель
П - фосфор
Р - бор
С - кремний

Т - титан
Ф - ванадий
Х - хром
Ц - цирконий
Ю - алюминий

Цифры, стоящие после букв, указывают примерное содержание элемента в целых процентах. Отсутствие цифры означает, что в марке содержится до 1,5% этого легирующего элемента.

ГОСТ 4543-71 СТАЛЬ ЛЕГИРОВАННАЯ КОНСТРУКЦИОННАЯ

Марки: 15X; 15XA...; 45X; 50X; 15Г...; 50Г2...; 18ХГ...; 18ХГТ...; 40ХГТР; 35ХГФ; 33ХС...; 15ХМ; 35ХМ...; 40ХМФА; 15ХФ; 40ХФА; 15Н2М; 20ХН...; 12ХН2...; 20Х2Н4А; 30ХН3А; 20ХГСА...; 35ХГСА; 15ХГН2ТА...; 38ХГН; 14Х2Н3МА...; 25Х2Н4МА; 30ХН2МФА...; 45ХН2МФА; 20ХН4ФА; 38Х2Ю; 38Х2МЮА...

В обозначении марок первые две цифры указывают содержание углерода в сотых долях процента. Далее следуют буквенно-цифровые обозначения легирующих элементов.

В условном обозначении отражаются категории качества. Например качественная сталь - 30ХГСА; особобрачественная (сталь электрошлакового переплава) -30ХГС - Ш или 30ХГСА - Ш.

ГОСТ регламентирует химический состав, прокаливаемость, твердость и другие механические свойства термически обработанной стали при нормальной температуре.

ГОСТ 5950-73 СТАЛЬ ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ЛЕГИРОВАННАЯ

Марки: 7ХФ ... 11ХФ, 13Х, ... В2Ф, 9Х, ... ХВГ, ... 8Х6НФТ, Х6ВФ, Х12, ... , 6Х6В3МФС, 7ХЗ, ... 5ХНМ, ... 4ХМФС, ... 3Х3М3Ф, ... 4ХМНФС, 4ХС, ... 6ХВГ ...

В обозначении марок первые цифры указывают среднее содержание углерода в десятых долях процента. Они могут не указываться, если содержание углерода близко к единице. Далее следует буквенно-цифровое обозначение легирующих элементов, входящих в состав стали.

ГОСТ регламентирует химический состав, структуру и твердость стали.

ГОСТ 5632 - 72 СТАЛИ И СПЛАВЫ С ОСОБЫМИ СВОЙСТВАМИ

Марки: 12Х13, 20Х13, ...12Х17, ...40Х13 ...15Х25Т, ...12Х18Н9Т, ...04Х18Н10, ...03Х18Н12, ...10Х17Н13М2Т, ...08Х22Н6Т, ...09Х15Н8Ю, ...06ХН28 МДТ, ...25Х1МФ, ...15Х11МФ, 15Х12ВНМФ, ...40Х9С2, ...09Х14Н16Б, ...09Х14Н9В2БР, ...10Х11Н20ТЗР...

В обозначении стали первые цифры показывают содержание углерода в сотых долях процента. Далее следует буквенно-цифровое обозначение легирующих элементов. ГОСТ регламентирует химический состав сталей, рекомендовано их назначение.

ГОСТ 2176-77 ОТЛИВКИ ИЗ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ С ОСОБЫМИ СВОЙСТВАМИ

Условное обозначение сталей, кроме предусмотренного ГОСТ 5632-72, включает еще букву Л (литая). Например, износостойкие стали (стали Гадфильда) - 110Г12Л, 110Г13Л.

ГОСТ 19265-73. СТАЛЬ БЫСТРОРЕЖУЩАЯ

Марки: Р18, Р12, Р6М3, Р6М5, Р6М5К5, ...Р10К5Ф5, ...Р8М3К6С, ...Р12Ф4К5.

В обозначении стали буква Р означает режущая, далее следует число, указывающее содержание вольфрама в целых процентах, а затем буквенно-цифровое обозначение других легирующих элементов.

ГОСТ регламентирует химический состав сталей и технические требования к ним.

Задание

Уяснить классификацию и маркировку легированных сталей.

Ознакомиться с составом и свойствами легированных сталей по ГОСТам в соответствии с заданным вариантом (табл. 7.1).

Порядок выполнения работы

Охарактеризовать классификацию легированных сталей.

Указать номер ГОСТа и его наименование.

Охарактеризовать номенклатуру марок по ГОСТу.

Расшифровать условное обозначение сталей.

Для марки стали, соответствующей данному ГОСТу из варианта задания (табл. 7.1), указать значения гарантируемых по ГОСТу показателей.

Осуществить самоконтроль уровня усвоения учебного материала, используя варианты заданий в качестве тестов.

Таблица 7.1

Варианты заданий

№ пп	Марки	№ пп	Марки	№ пп	Марки	№ пп	Марки
1	1. 15X25T 2. 33XC 3. 20XГНР 4. 7XФ 5. P18	7	1. 40X 2. 15XФ 3. 30 X13 4. B2Ф 5. P12Ф3	13	1. 50Г 2. 12ХН3А 3. 95X18 4. P9 5. 9X5ВФ	19	1. 08X17Г 2. 30ХГСА 3. 38X2МЮА 4. P9K5 5. 8XФ
2	1. 12X18H12T 2. 38XC 3. 20XГНР 4. 5XHM 5. P9	8	1. 40X13 2. 15H2M 3. 38X2H2MA 4. X 5. P18K5Ф2	14	1. 15X28 2. 20ХН3А 3. 36X2H2MФА 4. P6M5 5. 8X6HФГ	20	1. 20ХГР 2. 50ХН 3. 06X18H11 4. P6M5K5 5. 9XФ
3	1. 30X 2. 40XC 3. 14X17H2 4. 5XHB 5. P6M5	9	1. 09X16H4Б 2. 20H2M 3. 40ХН2МА 4. 9XC 5. P9K5	15	1. 12X18H10E 2. 12X2H4A 3. 38ХН3МФА 4. 11P3AM3Ф2 5. X6BФ	21	1. 25ХГТ 2. 30ХН3А 3. 55X20Г9АН4 4. P9M4K8 5. 11X
4	1. 03X18H12 2. 15XM 3. 38XГH 4. 5XГM 5. P6M5	10	1. 15Г 2. 13X14H3B2ФP 3. 40X2H2MA 4. XГC 5. P6M5K5	16	1. 07X21Г7АН5 2. 20X2H4A 3. 45ХН2МФА 4. P6M5Ф3 5. X12	22	1. 40ХГТР 2. 15ХГH2ТА 3. 05X21H21M4ГБ 4. P18 5. 3X3M3Ф
5	1. 15X18CЮ 2. 30XMA 3. 14X2H3MA 4. 13X 5. 11P3AM3Ф2	11	1. 20Г 2. 40XФА 3. 08X18H12Б 4. 9XBГ 5. P9M4K8	17	1. 18X12BMБФP 2. 35ХГСА 3. 20ХН4ФА 4. P12Ф3 5. X12BM	23	1. 35ХГФ 2. 12X18H12T 3. 20ХГСА 4. P9 5. 4XC
6	1. 38XA 2. 30X13H7C2 3. 20ХН2М 4. XB4 5. P6M5Ф3	12	1. 25X13H2 2. 45ХН 3. 25X2H4MA 4. XBСГ 5. P18	18	1. 12X17 2. 15ХГH2ТА 3. 38X2Ю 4. P18K5Ф2 5. 7X3	24	1. 09X16H4Б 2. 40XMФА 3. 30ХГСН2А 4. P6M5 5. 6X3MФC

РАБОТА № 8

ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ НА СВОЙСТВА КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ

Цель работы: *уметь* оценивать влияние состава материала на его свойства
иметь навыки работы с ГОСТами и справочной литературой.

Общие сведения

Задачи легирования и свойства легированных сталей охарактеризованы в учебной [1, с. 285-305; 2, с. 154-164; 3, с. 122-124, 127-135; 4, с. 70-72] и справочной [5, с. 39-57] литературе.

Легированные конструкционные стали в равновесном состоянии относятся к группе доэвтектоидных. Легирующие элементы (л.э.), в них могут присутствовать как в твердом растворе в железе, так и в карбидной фазе. Кроме того, некоторые л.э. могут содержаться в составе неметаллических включений. Все л.э., кроме бора и азота, имеют близкие к железу атомные размеры и сходные электрохимические свойства и потому в сплавах с железом образуют твердые растворы замещения в широком диапазоне концентраций. Бор и азот, как и углерод, имеют значительно меньшие атомные размеры и в сплавах с железом дают твердые растворы внедрения в узком диапазоне концентраций.

По отношению к углероду в стали л.э. разделяются на две группы: карбидообразующие и элементы, не образующие карбиды (Ni, Co, Si, Cu, Al), которые находятся, главным образом, в твердом растворе.

Карбидообразующие л.э., если их суммарное содержание относительно невелико по сравнению с имеющимся в стали углеродом, находятся преимущественно в карбидной фазе. Если же суммарное количество карбидообразующих л.э. больше необходимого для связывания углерода, то часть их находится в твердом растворе.

Карбидная фаза может быть представлена в сталях в виде легированного цементита (Fe л.э.)₃C, сложных карбидов (Fe л.э.)_mC_n или специальных карбидов (л.э.)_mC_n. Различные карбиды имеют примерно одинаковую твердость, но отличаются от цементита малой способностью к коагуляции и большей устойчивостью против диссоциации при нагреве.

1. *Стоимость и дефицитность л.э. (в порядке возрастания):*

Mn, Si, Al, Cr, Ti, Ni, Nb, Mo, V, W

2. *Влияние л.э. на положение точек S и E диаграммы Fe - Fe₃C (изменение доли перлита)*

а) смещают влево (в порядке убывания влияния): W, Si, Mn, Cr, Ni, Co Mo;
СИЛЬНО

б) смещают вправо: V, Ti, Nb.

3. *Влияние на свойства феррита*

а) увеличивают твердость (в порядке возрастания влияния): Cr, W Mo, Ni, Si, Mn;

б) снижают ударную вязкость (в порядке возрастания влияния): >4% Ni, >1% Cr, Mo, W, >1% Mn, > 1% Si.

4. *Активность карбидообразующих л.э. (по возрастанию влияния):* Fe, Mn, Cr, Mo, W, Nb, Ta, V, Zr, Ti, Hf.

5. *Влияние на склонность к росту зерна аустенита при нагреве:*

а) уменьшают (в порядке убывания влияния): Ti, V, Nb, W, Al, Mo, Cr, Cu, Si, Co, Ni;

б) увеличивают: Mn, B (> 0,006 %).

6. *Влияние на C-образную диаграмму и прокаливаемость*

а) сдвигают влево и уменьшают прокаливаемость: Co, >0,006 % B;

б) сдвигают вправо и увеличивают прокаливаемость все остальные легирующие элементы, наиболее сильно увеличивают прокаливаемость Cr, Ni, Mo, B (< 0,006 %), Mn.

7. *Влияние на превращения при отпуске*

а) замедляют сильно: Cr, Mo, Si, V;

б) замедляют слабо: Ni, Mn.

8. Влияние на порог хладноломкости

а) повышают: C, V, Si, Cr, B, Mn;

б) снижают: Mo, Ni.

Влияние наиболее распространенных легирующих элементов на свойства стали и чугуна охарактеризовано также в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Влияние наиболее распространенных легирующих элементов на свойства стали и чугуна

Влияние легирующих элементов на свойства	
стали	чугуна
<i>Марганец</i>	
Повышает прокаливаемость и механические, в особенности упругие, свойства. При содержании более 1,5 % сообщает склонность к отпускной хрупкости. При содержании около 13 % и выше придает стали аустенитную структуру, противоударную стойкость, высокую износостойкость при сухом трении. При нагреве способствует росту зерна	Препятствует графитизации и способствует отбелу
<i>Кремний</i>	
Увеличивает прочность, износостойкость и придает упругие и антифрикционные качества. При содержании более 2 % снижает пластичность. Повышает прокаливаемость, но увеличивает температуру закалки, нормализации и отжига	Существенно увеличивает графитизацию. Сильно влияет на структуру. В зависимости от процентного содержания позволяет получить чугуны со значительно отличающимися свойствами
<i>Никель</i>	
Увеличивает прокаливаемость, в особенности в сочетании с хромом. Способствует повышению прочности и коррозионной стойкости при высоких температурах. В результате закалки обеспечивает получение мелкозернистой структуры, отличающейся повышенной прочностью, высокой пластичностью и вязкостью	Способствует графитизации, размельчению зерна и повышению износостойкости. При содержании более 13 % в сочетании с хромом и медью (нирезист) обеспечивает получение особенно износостойкой и коррозионно-стойкой структуры
<i>Хром</i>	
Карбидообразующий элемент. Повышает прокаливаемость. Способствует получению твердых и износостойких рабочих поверхностей. При содержании более 12 % придает высокие антикоррозионные и жаростойкие качества. Недостаток – повышение склонности стали к отпускной хрупкости	Способствует образованию карбидов, повышению жаростойкости, коррозионной стойкости и износостойкости
<i>Молибден</i>	
Эффективный карбидообразующий элемент. Повышает прокаливаемость. Существенно снижает склонность к отпускной хрупкости. Обеспечивает получение равномерной мелкозернистой структуры, сообщает стали высокую прочность, пластичность и вязкость	Размельчает структуру и существенно повышает износостойкость чугуна. Препятствует графитизации. В оптимальной пропорции с никелем обеспечивает получение перлитной структуры

<i>Титан</i>	
Эффективный карбидообразующий элемент. Способствует получению мелкозернистой структуры, в особенности в сочетании с хромом и марганцем. В результате закалки обеспечивает высокую твердость рабочих поверхностей деталей. Повышает коррозионную стойкость	Действует в том же направлении, что и молибден
<i>Алюминий</i>	
Измельчает зерно. Повышает ударную вязкость. При нагреве способствует графитизации (можно предотвратить введением Ti и V). Увеличивает коррозионную стойкость	Способствует графитизации, повышает прочность
<i>Ванадий</i>	<i>Медь</i>
Эффективный карбидообразующий элемент. В малых количествах способствует получению мелкозернистой структуры и повышению вязкости стали. Способствует сохранению твердости при отпуске. Один из немногих элементов, улучшающих свариваемость, так как является активным раскислителем и дегазатором	Способствует графитизации и повышению прочности и износостойкости
<i>Вольфрам</i>	<i>Фосфор</i>
Эффективный карбидообразующий элемент. Главнейшее положительное качество – обеспечение после закалки и отпуска высокой твердости (HRC 64-66). В случае использования в хромоникелевых сталях способствует получению равномерной структуры и уменьшению при нагреве роста зерна. Благодаря высокой твердости широко применяется в инструментальных сталях и сплавах	Существенно повышает литейные качества чугуна (жидкотекучесть)
<i>Бор</i>	<i>Магний</i>
В малых количествах сильно увеличивает прокаливаемость сталей, в частности хромомолибденовых. Добавка в количестве более 0,007 % вызывает возникновение горячих трещин (красноломкость)	Способствует получению сфероидальной структуры графита, что значительно увеличивает прочность и вязкость чугуна

Задание

Уяснить влияние легирующих элементов на свойства конструкционной стали.

Пользуясь ГОСТами сравнить прокаливаемость и свойства углеродистой и различных легированных сталей с одинаковым количеством углерода в соответствии с заданным вариантом (табл. 8.2).

Порядок выполнения работы

Дать развернутую общую характеристику влияния л.э. на свойства конструкционной стали.

В соответствии с заданным вариантом по содержанию углерода (табл. 8.2) выбрать марку углеродистой и двух-трех легированных различных по составу марок стали, указать их химический состав, режим термической обработки, механические свойства. Объяснить влияние легирующих элементов на свойства сталей.

Таблица 8.2

Варианты заданий

№ п/п	% С	№ п/п	% С	№ п/п	% С
1	0,15	6	0,35	11	0,38
2	0,20	7	0,40	12	0,14
3	0,12	8	0,45	13	0,55
4	0,25	9	0,50	14	0,60
5	0,30	10	0,18	15	0,65

РАБОТА № 9

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ

Цель работы: *знать* основные параметры, характеризующие технологические свойства сплавов;
уметь оценивать технологические свойства железоуглеродистых сплавов в зависимости от их состава.

Общие сведения

Под технологическими свойствами обычно понимают способность металлов и сплавов подвергаться тем или иным технологическим операциям с целью получения изделий необходимой конфигурации с необходимыми свойствами. К технологическим характеристикам относят литейные свойства, обрабатываемость давлением и резанием, свариваемость, прокаливаемость и т.п. [1, с. 163-164, с. 146-147; 2, с.281-289; 3, с.86-87; 4, с.35-37; 6, с.50-51, 54-55, 69-70, 84-85].

Литейные свойства

Показателями литейных свойств являются жидкотекучесть, усадка, ликвация сплавов.

Жидкотекучесть или способность металла заполнять литейную форму, определяется по спиралевидной пробе согласно ГОСТ 16438-70 и выражается длиной спирали в сантиметрах.

Уменьшение объема жидкого металла при его затвердевании называется усадкой и определяет склонность к усадочным раковинам и усадочной пористости, а также к образованию горячих трещин. Склонность стали к образованию усадочных раковин, определяется на специальных цилиндрических образцах, переходящих в верхней части в усеченный конус, усадочная пористость - по ширине пористой зоны. Трещиностойкость - на приборе специальной конструкции.

Ликвация - химическая неоднородность по сечению отливки – зависит, главным образом, от химического состава сплава, способа литья и условий охлаждения отливки. Для определения ликвации выполняются металлографические исследования и сравнения макро- и микроструктур данного сплава с эталонными. Часто оценка литейных свойств представляется в виде относительных величин - коэффициентов, отражающих сравнение данного и эталонного сплавов, исследуемых по единой методике. Для стали эталоном является ЗОЛ. При этом различают показатели жидкотекучести $K_{жт}$, трещиностойкости $K_{тн}$, склонности к образованию усадочных раковин $K_{ур}$, склонности к образованию усадочной пористости $K_{уп}$.

Сравнительную оценку литейных свойств железо-углеродистых сплавов можно выполнить по диаграмме Fe-Fe₃C. Чем ниже температура плавления, тем лучше жидкотекучесть. Чем шире температурный интервал кристаллизации, тем больше усадка и склонность к ликвации.

Обрабатываемость давлением

Обрабатываемость давлением зависит от пластичности материала.

Пластичность - предельно необратимая деформация металла без разрушения, зависит от многих факторов, в том числе от структуры металла, температуры, степени и скорости деформации, напряженного состояния в очаге деформации. В связи с этим создание единого для всех видов обработки металлов давлением критерия пластичности затруднительно. Уровень пластичности обычно оценивается значениями относительного удлинения δ и относительного сужения ψ , относительной деформацией до появления первой трещины, углом закручивания образца до разрушения, ударной вязкостью и т.п.

Показатели пластичности увеличиваются с повышением температуры, если это не сопровождается нежелательными изменениями в структуре.

Влияние скорости деформирования на пластичность неоднозначно. При благоприятной ультрамелкозернистой структуре, температурах $t^{\circ}\text{C} > 0,5 T$ плавления и скорости деформации $10^{-5}-10^{-1} \text{ с}^{-1}$ возникает так называемая "сверхпластичность", когда значения δ достигают $10^2-10^3\%$. С повышением скорости пластичность снижается, однако при взрывной обработке давлением отмечено улучшение деформируемости многих малопластичных сплавов.

Из возможных схем напряженного состояния лучшей для пластической обработки является схема, реализующая условия одномерного течения металла или всестороннего сжатия, способствующая завариванию дефектов и препятствующая раскрытию микротрещин. В этих условиях даже хрупкие материалы (чугуны, мрамор) допускают деформацию 80-90 %.

Ковочные свойства сталей обычно характеризуются механическими свойствами в зависимости от температуры испытания в интервале ковочных температур или температурными параметрамиковки и условиями охлаждения преимущественно крупных поковок.

Ковкость и штампуемость можно также оценить по стандартным технологическим пробам (на осадку, изгиб, вытяжку и т.п.).

Свариваемость

Согласно ГОСТ 2601-74, свариваемость - свойство металла или сочетания металлов образовывать при установленной технологии сварки соединение, отвечающее требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатацией изделия.

В зависимости от сложности технологических приемов, позволяющих устранить образование трещин и получить сварное соединение требуемого качества, различают условно четыре группы свариваемости сталей:

- 1) без ограничений, т.е. без подогрева и термообработки;
- 2) ограничено свариваемые - без подогрева или с небольшим подогревом ($100-120^{\circ}\text{C}$ для стали) и последующей термообработкой.
- 3) трудносвариваемые - с обязательным подогревом ($200-300^{\circ}\text{C}$ для стали) и последующей термообработкой;
- 4) не рекомендуемые для сварных конструкций - обязателен предварительный и сопутствующий подогрев и немедленный отжиг.

Предварительная оценка свариваемости стали может быть выполнена по углеродному эквиваленту, отражающему химический состав стали

$$C_{\text{ЭКВ}} = \text{C} + \text{Mn} / 6 + \text{Si} / 24 + \text{Cr} / 5 + \text{Mo} / 4 + \text{V} / 14 + \text{Ni} / 10; \%$$

При $C_{\text{ЭКВ}} < 0,25 \%$ свариваемость без ограничений, при $C_{\text{ЭКВ}} = 0,25 - 0,35 \%$ свариваемость хорошая, при $C_{\text{ЭКВ}} = 0,35 - 0,45 \%$ свариваемость удовлетворительная, при $C_{\text{ЭКВ}} \geq 0,45$ свариваемость плохая (третья или четвертая группа свариваемости).

Обработка резанием

Обрабатываемость резанием обычно оценивается по скорости резания, соответствующей 60-минутной стойкости реза (стойкость - время непрерывной работы реза от переточки до

переточки). При этом определяется коэффициент обрабатываемости K_v , представляющий собой отношение скорости резания данного сплава к скорости резания эталонного для принятых условий резания; эталоном для стали является сталь 45 ($\sigma_b = 637$ МПа, HB179), скорость резания которой принята за единицу: Следовательно, коэффициент обрабатываемости стали

$$K_v = V / V_0$$

где v - скорость резания данной стали, соответствующая 60-минутной стойкости резца для принятых условий резания;

v_0 - скорость резания стали 45 при 60-минутной стойкости резца для принятых условий резания.

Для улучшения обрабатываемости резанием некоторые стали имеют повышенное содержание серы (0,08...0,25 %) фосфора (0,06...0,15 %) или свинца (0,15...0,30 %), способствующих легкому отделению и измельчению стружки, что, в свою очередь, улучшает качество обработанной поверхности. Такие стали применяются для изготовления неотчетливых деталей на станках-автоматах и называются, поэтому автоматными.

ГОСТ 1414-75 устанавливает следующие марки углеродистых и легированных автоматных сталей:

A11, A12, A20, A30, A35, A40Г, АС14, АС35Г2, АС45Г2

АС12ХН, АС14ХГН, АС19ХГН, АС20ХГНМ, АС30ХМ, АС38ХГМ, АС40ХГНМ, АС40Х.

В условном обозначении стали А – автоматная, двухзначное число указывает содержание углерода в сотых долях процента, легирующие элементы обозначены буквами С – свинец, Г – марганец, Х – ром, Н – никель, М – молибден.

Способность к термообработке

Термическая обработка - остаточное изменение свойств материала путем нагрева, выдержки и последующего охлаждения детали (заготовки). Поведение материала при термообработке определяется его структурой, особенностями превращений при нагреве и охлаждении, теплофизическими свойствами и оценивается такими показателями как закалываемость, прокаливаемость, отпускная хрупкость, флокеночувствительность.

Под закалываемостью понимают способность стали повышать твердость в результате закалки. Закалываемость стали определяется в первую очередь содержанием в ней углерода. Чем больше в мартенсите углерода, тем выше его твердость. Легирующие элементы оказывают относительно небольшое влияние на закалываемость.

Прокаливаемость - глубина закаленного слоя, за которую принимают расстояние от поверхности до слоя со структурой 50 % мартенсита + 50 % тростита (полумартенситная структура). Максимальный диаметр заготовки, в центре которой после закалки в данной охлаждающей среде образуется полумартенситная структура, называют критическим диаметром. Прокаливаемость тем выше, чем меньше критическая скорость. Прокаливаемость стали особенно возрастает при одновременном введении нескольких легирующих элементов и может колебаться в зависимости от состава, величины зерна (чем больше зерно, тем больше прокаливаемость), размера и формы изделия и т.д. В связи с этим прокаливаемость стали каждой марки характеризуют полосой прокаливаемости. Прокаливаемость стали в общем случае определяют методом торцевой закалки (ГОСТ 5657-69), а результаты испытаний выражают графически в координатах твердость - расстояние до охлаждаемого торца [1, с. 240-244, 2, с. 203-207, 3, с. 119-120, 4, с. 123-125].

Задание

Сравнить технологические свойства железоуглеродистых сплавов в соответствии с вариантом задания (табл. 9.1).

Таблица 9.1

Варианты задания

№ п/п	Обозначение марок сплавов	№ п/п	Обозначение марок сплавов	№ п/п	Обозначение марок сплавов
1	0,5 кп,58(55ПП)	8	Ст3 , 45	15	20 , 20 ХН2М
2	08 , 60	9	20 , 40	16	10 , У 12
3	10 , 50	10	25 , 50	17	30 ХГТ, 20 ХНМ
4	15 , 45	11	30 , 60	18	СЧ30 , КЧ 30-6
5	45 ,СЧ20	11	40 , 40 ХН	19	15Х , 45Х
6	СЧ20, ВЧ40	13	10 , Ст5	20	30Х , 30ХГТ
7	25 , ВЧ45	14	30 , 30 ХГСА	21	30 , Ст6

Порядок выполнения работы

Указать наименование и расшифровать условное обозначение заданных марок сплавов.

Выполнить сравнительную оценку структурного состава сплавов в равновесном состоянии при комнатной температуре и положений (значений) критических точек (по диаграмме Fe-Fe₃C).

Дать сравнительную характеристику технологических свойств сплавов пользуясь диаграммой Fe-Fe₃C и справочными данными [5, 6].

РАБОТА № 10

МАРКИРОВКА ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ ПО ГОСТам

Цель работы: *уметь* классифицировать материалы по их основным признакам
уметь расшифровывать условные обозначения марок сплавов Al, Cu подшипниковых;
иметь навыки работы с ГОСТами и справочной литературой.

Общие сведения

Условные обозначения некоторых легирующих элементов в марках цветных сплавов:

А - алюминий	Кд - кадмий	Мш - мышьяк	С - свинец
Ван - ванадий	К - кобальт	Н - никель	Ср - серебро
Ви - висмут	Кр (К) - кремний	О - олово	Су - сурьма
Ж - железо	Мг - магний	Пд - палладий	Ф - фосфор
И- иридий	Мц - марганец	Пл - платина	Ц - цинк.
Ин - индий	М - медь		

АЛЮМИНИЙ И ЕГО СПЛАВЫ

ГОСТ 11069-74 АЛЮМИНИЙ ПЕРВИЧНЫЙ

Марки: Алюминий	особой чистоты	А 999 (99,999% Al)
	высокой чистоты	А 995 (99,995% Al)
		А 99 (99,99% Al)
		А 97 (99,97% Al)
		А 95 (99,95% Al)

технической чистоты	A 85 (99,85% Al)
	A 8 (99,8% Al)
	A 7 (99,70% Al)
	A 6 (99,60% Al)
	A 5 (99,50% Al)
	A 0 (99,0% Al)

ГОСТ 21488-76 АЛЮМИНИЙ ДЕФОРМИРУЕМЫЙ

Марки АДО, АД1, АД. В обозначении марки АД – алюминий деформируемый, цифра – условный номер.

ГОСТ 1583-93 СПЛАВЫ АЛЮМИНИЕВЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ

I группа-система Al- Si, Al-Si-Mg (силумины, в том числе специальные, силумины с дополнительным легированием Mn, Ti, Be, Sb)

Марки: АК12(АЛ2); АК13; АК 9; АК9с; АК9ч(АЛ4); АК9пч(АЛ4-1); АК8л(АЛ34); АК7ч; АК7ч(АЛ9); АК7пч(АЛ9-1); АК10Су.

II группа-система Al-Si-Cu

Марки: АК5М(АЛ5); АК5Мч(АЛ5-1); АК5М2; АК5М7; АК6М2; АК8М(АЛ32); АК5М4; АК8М3; АК8М3ч(ВАЛ8); АК9М2; АК12М2; АК12ММгН(АЛ30), АК12М2МгН(АЛ25), АК21М2,5Н2,5(ВКЖЛС-2).

III группа-система Al-Cu

Марки: АМ5(АЛ19); АМ4,5Кд(ВАЛ10).

IV группа-система Al-Mg (магналии)

Марки: АМг4К1,5М; АМг5К (АЛ13); АМг5Мц (АЛ28); АМг6л(АЛ23); АМГ6лч(АЛ23-1) АМг10(АЛ27); АМг10ч(АЛ27-1); АМг11(АЛ22); АМг7(АЛ29).

V группа-система Al - прочие компоненты

Марки: АК7Ц9(АЛ11); АК9Ц6; АЦ4Мг(АЛ24).

Примечание: в скобках дано старое обозначение по ГОСТ 2685-75.

Условное обозначение включает букву А - алюминий (основа сплавов) и буквенно-цифровое обозначение других компонентов и легирующих элементов: буква указывает наименование элемента, а цифра, за нею следующая – его содержание в %. Для обозначения кремния принята буква К.

Повышение пластических свойств базовых сплавов обеспечивается снижением содержания вредных примесей, уровень которых в порядке убывания обозначается индексами “с”, “ч”, “пч”. Индекс “л” – литейный, характеризует высокую герметичность сплава.

ГОСТ 4784-74 АЛЮМИНИЕВЫЕ ДЕФОРМИРУЕМЫЕ СПЛАВЫ

Неупрочняемые термической обработкой

Система Al-Mn

Марки: АМц, АМцС;

Система Al-Mg (магналии)

Марки: АМг1, АМг2, АМг3, АМг4, АМг5, АМг6.

Цифры - условный порядковый номер, тем больший, чем больше содержание магния.

Упрочняемые термической обработкой

Система Al и ~ 3% в сумме добавок Mg, Si, Mn (или Cr), Cu (авиали).

Марки: АД 31, АД 33, АД 35, АВ.

АД - алюминиевый деформируемый,

Цифры - условный номер. АВ - авиаль.

Система Al-Cu и ~3% в сумме добавок Mg, Mn, Si, Ti, Ni.

Дуралюмины: Д 1, Д 16, В 65, Д 18.

Д - дуралюмин, цифры - условный номер, В - высокопрочный.

Ковочные сплавы: АК4, АК4-1, АК 6, АК 8.

АК - алюминиевый ковочный, цифра - условный номер сплавов.

Система Al-Zn-Mg

Свариваемые сплавы 1915, 1925, цифры - условный номер сплава.

Система Al-Zn-Mg-Cu

Высокопрочные сплавы В 95, В 96.

В - высокопрочный, цифры - условный номер сплава.

При маркировке алюминия и его сплавов после условного номера, буквами может быть указано состояние сплава: М - мягкий, Т - термически обработанный (закалка и естественное старение), Н - нагартованный (подвергнутый холодной пластической деформации), П - полунартованный.

МЕДЬ И ЕЁ СПЛАВЫ

ГОСТ 859-78 МЕДЬ, ИЗГОТАВЛИВАЕМАЯ В ВИДЕ КАТОДОВ, СЛИТКОВ И ПОЛУФАБРИКАТОВ

Марки катодной меди: МВЧк (99,993 % Cu), М00к (99,99 % Cu), М0к (99,97 % Cu), М1к (99,95 % Cu)

ВЧ - высшая чистота; к - катодная; цифры - условный номер.

Слитки и полуфабрикаты:

М006 (99,99 % Cu)

М06 (99,97 % Cu)

М00 (99,96 % Cu)

М0 (99,93 % Cu)

М1 (99,9 % Cu)

М2 (99,7 % Cu)

М3 (99,5 % Cu)

Сплавы меди с цинком называются латунями, все прочие сплавы меди - бронзами.

Сплавы по составу могут быть простыми (двойными) и многокомпонентными.

ГОСТ 17711-93 СПЛАВЫ МЕДНО-ЦИНКОВЫЕ (ЛАТУНИ) ЛИТЕЙНЫЕ

Марки: ЛЦ40С; ЛЦ40Мц1.5; ЛЦ40Мц3Ж; ЛЦ40Мц3А; ЛЦ38Мц2С2; ЛЦ37Мц2С2; ЛЦ30А3; ЛЦ25С2; ЛЦ23А6Ж3Мц2; ЛЦ16К4; ЛЦ14К3С3.

Л - латунь, Ц - цинк, двузначное число - среднее содержание цинка в %; далее следует буквенно-цифровое обозначение остальных легирующих элементов, где буква указывает наименование элемента, а следующая за ней цифра - среднее его содержание в % (остальное - медь).

ГОСТ 15527-70 СПЛАВЫ МЕДНО-ЦИНКОВЫЕ (ЛАТУНИ) ДЕФОРМИРУЕМЫЕ

Марки: Л 96; Л 90; Л 85; Л 70; Л 68; Л 63; Л 60; ЛА77-2; ЛН 65-5; ЛМц58-2; ЛО 90-1; ЛО 70-1; ЛО60-1; ЛС 63-3; ЛС 74-3; ЛС 64-2; ЛС 60-1; ЛС 59-1; ЛС 63-2; ЛС 60-2; ЛС 59-3; ЛК 80-3; ЛМш 68-0,05; ЛАЖ 60-1-1; ЛАН 59-3-2; ЛЖМц 59-1-1; ЛМцА 57-3-1; ЛЖС 58-1-1; ЛАМш 77-2-0,05; ЛОМш 70-1-0,05; ЛАНКМц 75-2-2,5-0,5-0,5.

Л - латунь.

В простых латунях за буквой Л следуют цифры, указывающие среднее содержание меди (остальное - цинк).

В многокомпонентных латунях за буквой Л следуют буквы, указывающие элементы дополнительно (кроме цинка) легирующие латунь, цифры через дефис указывают среднее содержание меди и соответствующих легирующих элементов в том же порядке, как и буквы их обозначающие (остальное - цинк).

ГОСТ 613-79 БРОНЗЫ ОЛОВЯННЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ

Марки: БрОЗЦ12С5, БрОЗЦ7С5Н1, Бр04Ц7С5, Бр04Ц4С17, Бр05Ц5С5, Бр05С25, Бр06Ц6С3, Бр08Ц4, БрО10Ф1, БрО10С10, БрО10Ц2.

Бр - бронза, О - олово, цифра за буквой О указывает среднее содержание олова в %, далее следует буквенно-цифровое обозначение легирующих элементов, в котором буква указывает наименование легирующего элемента, а следующая за ней цифра - среднее содержание этого элемента в % (остальное - медь).

ГОСТ 493-79 БРОНЗЫ БЕЗОЛОВЯННЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ

Марки: БрА9Мц2Л, БрА10Мц2Л, БрА9ЖЗЛ, БрА10ЖЗМц2, БрА10Ж4Н4Л, БрА11Ж6Н6, БрА9Ж4Н4Мц1, БрС30, БрА7Мц15ЖЗН2Ц2, БрСуЗНЗЦ3С20Ф.

Бр - бронза, далее следует буквенно-цифровое обозначение легирующих элементов, где буква указывает наименование элемента, а следующая за ней цифра - среднее содержание этого элемента в % (остальное - медь).

Буква Л в конце марочного обозначения – литейная.

ГОСТ 5017-74 БРОНЗЫ ОЛОВЯННЫЕ, ОБРАБАТЫВАЕМЫЕ ДАВЛЕНИЕМ

Марки: БрОФ8-0,3, БрОФ7-0,2, БрОФ6,5-0,4, БрОФ 6,5-0,15, БрОФ4-0,25, БрОФ2-0,25, БрОЦ4-3, БрОЦС 4-4-2,5, БрОЦС 4-4-4.

Бр - бронза, далее следует буквенное обозначение легирующих элементов в порядке убывания их концентраций, а затем в той же последовательности через дефис указывается среднее их содержание в % (остальное - медь).

ГОСТ 18175-78 БРОНЗЫ БЕЗОЛОВЯННЫЕ ОБРАБАТЫВАЕМЫЕ ДАВЛЕНИЕМ

Марки: БрА5, БрА7, БрАМц 9-2, БрАМц 10-2, БрАЖ 9-4, БрАЖМц 10-3-1,5, БрАЖН10-1-4, БрБ2, БрБНТ 1,7, БрБНТ 1,9, БрБНТ1,9Мг, БрКМц 3-1, БрКН 1-3, БрМц 5, БрАЖНМц 9-4-4-1, БрМг0,3, БрСр 0,1 БрКд1.

Бр - бронза, далее следует буквенное обозначение легирующих элементов в порядке убывания их концентраций, а затем в той же последовательности через дефис указывается среднее их содержание в % (остальное - медь).

ПОДШИПНИКОВЫЕ АНТИФРИКЦИОННЫЕ СПЛАВЫ

ГОСТ 1585-85 ОТЛИВКИ ИЗ АНТИФРИКЦИОННОГО ЧУГУНА

Марки: АЧС-1, АЧС-2, АЧС-3, АЧС-4, АЧС-5, АЧС-6

АЧВ-1 АЧВ-2

АЧК-1 АЧК-2

В условном обозначении А - антифрикционный, ЧС - чугун серый, ЧВ - чугун высокопрочный, ЧК - чугун ковкий, цифра - условный порядковый номер, характеризующий комплекс служебных свойств.

ГОСТ 1320-74 БАББИТЫ ОЛОВЯННЫЕ И СВИНЦОВЫЕ

Марки: Б88, Б83, Б83-С, Б16, БН БС6

оловянные

свинцовые

Sn-Sb-Cu

Pb-Sb-Sn-Cu

В условном обозначении Б - баббит, последующее число - содержание олова в целых в %; другие буквы указывают дополнительное легирование, например, Н - никелем, С – сурьмой, Т – теллуrom.

ГОСТ 1209-90 БАББИТЫ КАЛЬЦИЕВЫЕ

Марки: БКА; БК2; БК2Ш (основа - свинец).

Б - баббит, К - кальций, А - алюминий, 2 - среднее содержание олова в %, Ш - шихтовочный.

ГОСТ 21437-75 БАББИТЫ ЦИНКОВЫЕ

Марки: ЦАМ 10-5; ЦАМ 9,5-1,5; ЦАМ 5-10.

Ц - цинк (основа), А - алюминий, М - медь, первое число - среднее содержание алюминия, %, через дефис - содержание меди в %.

Задание

Уяснить классификацию и маркировку сплавов алюминия, меди и подшипниковых.

Ознакомиться с составом и свойствами сплавов в соответствии с заданным вариантом (табл. 10.1).

Порядок выполнения работы

1. Указать номер ГОСТа и его наименование.
2. Охарактеризовать номенклатуру сплавов по ГОСТу.
3. Расшифровать условное обозначение марок.
4. Для соответствующей данному ГОСТу марки сплава из варианта задания (табл. 10.1) указать значения, гарантируемых по ГОСТу показателей.
5. Осуществить самоконтроль уровня усвоения учебного материала, используя в качестве тестов варианты заданий.

Таблица 10.1

Варианты заданий

№ п/п	Марки	№ п/п	Марки	№ п/п	Марки	№ п/п	Марки
1.	1. АК12 2. АМц 3. ЛЦ40С 4. БрОФ 8-0,3 5. АЧС-1	7	1. АК7 2. М1 3. ЛЦ30А3 4. БрА5 5. АЧВ-1	13	1. АК9М2 2. АВ 3. ЛА77-2 4. БрО3Ц12С5 5. Б83-С	19	1. АМг6л 2. АКЧ-1 3. ЛС 60-1 4. БрА9Мц2Л 5. ЦАМ10-5
2.	1. АК13 2. АМг1 3. ЛЦ40Мц1,5 4. БрОФ7-0,2 5. АЧС-2	8	1. АК5М 2. АМг5 3. ЛЦ25С2 4. БрАМц 9-2 5. АЧВ-2	14	1. АМ5 2. Д1 3. ЛН 63-2 4. БрО3Ц7С5Н1 5. Б 16	20	1. АМг10 2. АК 6 3. ЛК 80-3 4. БрА10Мц2Л 5. ЦАМ 5-10
3.	1. АК9 2. АМг2 3. БрОФ6,5-0,4 4. Л70 5. АЧС-3	9	1. АК10Су 2. АМг6 3. ЛЦ23А6Ж3Мц2 4. БрБНТ 1.9 5. АЧК -1	15	1. АМ 4,5Кд 2. Д16 3. ЛМц58-2 4. БрО5Ц5С5 5. БН	21	1. АМг11 2. АК8 3. ЛМш68-0,05 4. БрА9Ж3Л 5. БКА
4.	1. АК9пч 2. АМг	10	1. АК5М2 2. АД31	16	1. АМг4К1,5М 2. В65	22	1. АК7Ц9 2. А99

	3. ЛЦ40МцЗЖ 4. БрОЦ 4-3 5. АЧС-4		3. ЛЦ16К4 4. БрАЖ 9-4 5. АЧК-2		3. ЛО 90-1 4. БрО4Ц4С17 5. БС6		3. ЛАЖ 60-1-1 4. БрА10Ж3Мц2 5. Б83
5.	1. АК8л 2. АМцС 3. ЛЦ40Мц3А 4. БрОЦС4-4-4 5. АЧС-5	11	1. АК12ММгН 2. АД33 3. Л96 4. БрКМц-3-1 5. Б88	17	1. АМг5К 2. Д18 3. ЛО 70-1 4. БрО10Ф1 5. АЧС-1	23	1. АК9Ц6 2. А8 3. ЛАН 59-3-2 4. БрА11Ж6Н6 5. БК2Ш
6.	1. АК9ч 2. АМг4 3. ЛЦ 38Мц2С2 4. БрОЦС4-4-2,5 5. АЧС-6	12	1. АК12М2 2. АД 35 3. Л 85 4. БрАЖН 10-4-4 5. Б 83	18	1. АМг5Мц 2. АК4 3. ЛО60-1 4. БрО10С10 5. ЦАМ9,5-1,5	24	1. АЦ4Мг 2. А 995 3. ЛОМш70-1-0,05 4. БрСу3Н3Ц3С20Ф 5. БК2

РАБОТА № 11

МАРКИРОВКА ПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы: *иметь* навыки работы с ГОСТами и справочной литературе;
уметь расшифровывать условные обозначения проводниковых материалов.

Общие сведения

Проводниковые материалы по назначению делятся на группы:

- * проводниковые материалы высокой проводимости,
- * сплавы с повышенным (заданным) электрическим сопротивлением,
- * контактные материалы,
- * припой.

ПРОВОДНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ВЫСОКОЙ ПРОВОДИМОСТИ

Важнейшие проводниковые материалы высокой проводимости - медь, бронза, алюминий, маркировка которых, охарактеризована в работе № 10. Для изготовления проводниковых изделий применяют сорта проводниковой меди с содержанием примесей не более 0,05...0,1 % в отожженном (мягкая медь ММ) или нагартованном (твердая медь МТ) состоянии, а также алюминий различной степени чистоты. Из алюминия высокой чистоты изготавливают электроды электротехнических конденсаторов, а также алюминиевую фольгу. Проволоку для проводов изготавливают из алюминия, содержащего не более 0,3...0,5% примесей, состояние поставки - мягкая проволока (АМ), полутвердая (АПТ) и твердая (АТ). Для изготовления проводов применяют также сплав алюминия – альдрей.

Проводниковые бронзы: - Бр010, БрА7, Бр0Ф6,5-0,15, БрБ2.

СПЛАВЫ С ПОВЫШЕННЫМ (ЗАДАННЫМ) ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ

Сплавы на основе меди

Система Cu-Ni (в том числе с дополнительным легированием)

Марки: МН 0,6; МН16,

МНА 6-1,5 (куниаль),

МНМц 3-12 (манганин),

МНМц 40-1,5 (константан),

МНМц 43-0,5 (копель),

МНЦ 15-20 (нейзильбер)

В обозначении сплавов М - медь (основа сплавов), Н - никель и другие буквы, указывающие дополнительное легирование (А - алюминий, Мц - марганец, Ц - цинк), затем следует число, показывающее среднее содержание никеля в %, через дефис - цифры, соответствующие среднему содержанию легирующего элемента в %.

Сплавы на основе никеля

Система Ni-Cr

в том числе с дополнительным легированием

Система Ni-Cr-Fe.

Марки хромелей: НХ9, НХ9,5 (9 или 9,5 % Cr, остальное никель),

Марки нихромов: Х20Н80, Х20Н80-Н, Х20Н80-ВИ, Н80ХЮД-ВИ,

Марки ферронихромов: Х15Н60, Х15Н60-Н, Х15Н60-ВИ.

В условном обозначении нихромов и ферронихромов их компоненты обозначаются буквами Н - никель, Х - хром, цифра за буквой указывает среднее содержание данного компонента в %, содержание железа и легирующих элементов (Ю – алюминий, Д - медь) не указывается. Буква Н после дефиса указывает, что сплав предназначен для нагревательных элементов и должен выплавляться в индукционных электропечах (открытых и вакуумных); буквы ВИ - вакуумно-индукционный способ выплавки.

Система Ni-Mn (в том числе с дополнительным легированием)

Марки: НМц2,5, НМц5 (никель марганцовистый),

НМцАК2-2-1 (алюмель).

Здесь Н - никель (основа сплавов), Мц - марганец и другие буквы, указывающие дополнительное легирование (А - алюминий, К - кобальт), затем следует число, указывающее среднее содержание марганца в %, а через дефис - цифры, соответствующие среднему содержанию легирующих элементов в том же порядке, что и буквы, их обозначающие.

Система Ni-Co-Fe

Марка: Н50К10 (~ 50 % Ni, ~ 10 % Co, остальное – железо).

Сплавы на основе железа (малоуглеродистые высоколегированные стали по ГОСТ 10994-74)

Марки: Х13Ю4 (фехраль)
Х15Ю5

Х23Ю5 (хромаль)
Х27Ю5Т

Х25Н20

Условное обозначение не включает содержание углерода (0,05-0,15 % С в разных марках) и представляет собой буквенно-цифровое обозначение легирующих элементов в стали: буква указывает наименование элемента, а цифра после нее - его среднее содержание в %.

КОНТАКТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Металлические контактные материалы имеют буквенно-цифровое условное обозначение.

Буквы в марках означают: Пл - платина, Пд - палладий, И - иридий, Рд - родий, Ру - рублидий, Зл - золото, К - кобальт, М - медь, Н - никель, Ср – серебро.

Благородные металлы: Пл99,7; И 99,9; И 99,8; Рд 99,9; Рд 99,8; Пд 99,9; Пд 99,8.

Цифры после буквы указывают содержание данного металла в %.

Сплавы благородных металлов

ПлИ-5; ПлИ-10; ПлИ-15...ПлИ-32,
ПлРд-5; ПлРд-10; ПлРд-15; ПлРд-20; ПлРд-7,5
ПлПд-10; ПлПд-15; ПлПд-20; ПлПдРд-4-3,5
ПдИ-10, ПдИ-18
ПлМ-2,5; ПлМ-8,5
ПлРу-10
ПдСр-20; ПдСр-30; ПдСр-40; ПдСрК-35-5; ПдСрМ-36-4.

В условном обозначении буквы последовательно указывают наименование первого и второго компонентов, затем легирующих элементов (при их наличии). Через дефис следует число, указывающее среднее содержание второго компонента в %, затем среднее содержание легирующего элемента в %.

Серебро: Ср 999,9; Ср 999

Сплавы системы: Ag-Cu: СрМ960, СрМ916, СрМ900, СрМ875, СрМ800, СрМ770, СрМ750, СрМ500

В условном обозначении серебра и его сплавов цифры после буквы указывают среднее содержание серебра в тысячных долях (проба). Для неподвижных контактов применяются также медь, латунь (см. работу № 10), цинк.

Металлокерамические контактные материалы

На основе вольфрама типа: W-Cu-Ni : КМК-Б20, КМК-Б21

типа: W-Ag-Ni : КМК-А60, КМК-А61

КМК - контакт металлокерамический, через дефис - тип материала.

Медь - графит: МГ3, МГ5.

Серебро - графит: СГ3, СГ5.

М - медь, С - серебро, цифра указывает среднее содержание графита в %.

Композиты

Сплав СОМ 10

С - серебро, О - окисленная, М - медь, 10 - содержание меди в %.

ПРИПОИ

В зависимости от температуры плавления и механических свойств паяного соединения припои делятся на мягкие и твердые.

Мягкие припои ($t_{пл} < 400^{\circ}C$).

Система Sn-Pb (с дополнительным легированием)

Марки: ПОС10; ПОС30; ПОС40; ПОС61; ПОС90;

ПОСК 50-1,8; ПОСК2-18;

ПОС61М;

ПОССу61-0,5; ПОССу50-0,5; ПОССу40-0,5; ПОССу35-0,5; ПОССу30-0,5; ПОССу25-0,5;

ПОССу18-0,5; ПОССу95-5; ПОССу40-2...ПОССу18-2; ПОССу15-2; ПОССу10-2...;

ПОСВ33; ПОСВ32-15-53.

В условном обозначении припоев (П) после букв, указывающих компоненты (О - олово, С - свинец) и легирующие элементы (М - медь, К - кадмий, Су - сурьма, В - висмут) следует число, указывающее среднее содержание олова в %, цифры через дефис указывают среднее содержание легирующих элементов (остальное свинец).

Система Sn-Zn

Марки: ПОЦ90; ПОЦ70; ПОЦ60; ПОЦ40

П - припой, О - олово, Ц - цинк, двузначное число - среднее содержание олова в % (цинк - остальное).

Система Sn -Pb (легирование Ag)

Марки: ПСр1; ПСр1,5; ПСр2,5

ПСрОС 2-58; ПСрОС 3-58; ПСрОС 3,5-95

В условном обозначении припоев (П) после буквенного обозначения серебра (Ср) и компонентов (О - олово, С - свинец) следуют цифры, указывающие среднее содержание серебра в %, через дефис среднее содержание олова в % (остальное свинец). При содержании олова менее 50 % буквенные обозначения компонентов и количество олова не указываются. Не указываются также дополнительное легирование некоторых из этих припоев сурьмой ($0,5 \pm 0,3$ %).

Система Sn-Ag (в том числе с дополнительным легированием)

Марки: ПСрО10-90 (~ 10 % серебра ~ 90 % олова)

ПСрОС_у8 (ВПр-6)

ПСрМО5 (ВПр-9)

В условном обозначении припоев (П) буквами указаны: Ср - серебро, О - олово (основа), Су - сурьма, М - медь, после букв следует содержание серебра в %.

Система Pb-Ag

Марки: ПСр3 (~ 3 % серебра, остальное - свинец)

Система Cd-Zn

Марки: ПК60Ц40, ПК40Ц60 (П3000)

В условном обозначении припоев после буквы, обозначающей компонент, следует число, указывающее его содержание в %.

Т в е р д ы е п р и п о и ($t_{пл} > 400^0C$)

Система Cu-Zn – латуни (в том числе легированные)

Марки: ПМЦ-54, ПМЦ-48, ПМЦ-36

Л 63, ЛОК 62-0,6-0,4

В условном обозначении припоев (П) после букв, обозначающих компоненты (М - медь, Ц - цинк) указывается содержание меди в % (остальное цинк). Используется также традиционное обозначение латуней (см. работу № 10).

С е р е б р я н ы е п р и п о и

Система Ag-Cu-Zn

Марки: ПСр70; ПСр65; ПСр45; ПСр40; ПСр37,5; ПСр25

После букв Ср (серебро) указывается содержание серебра в % (остальное медь и цинк).

Дополнительное легирование, например, кадмием может не указываться - ПСр40 (~ 27 % Cd), а может указываться ПСрМЦКд45-15-16-24.

Система Ag-Cu (том числе с дополнительным легированием)

Марки: ПСр72; ПСр71; ПСрМО68-27-5; ПСр62; ПСр50; ПСр25Ф; ПСр50Кд; ПСрКдМ50-34-16.

В марке припоев (П) после буквенного обозначения серебра (Ср) и других составляющих сплава (М - медь, Кд - кадмий, Ф - фосфор, О - олово) следует, число указывающее содержание серебра в %, через дефис содержание других составляющих в % в той же последовательности, что и буквы, их обозначающие. Иногда содержание других элементов может не указываться даже буквой - ПСр62 (~ 10 % Sn), или указывается только буквой - ПСр25Ф (~ % 5P), ПСр50Кд (~34 % Cd).

Б е с с е р е б р я н ы е п р и п о и

Система Al-Cu-Si: 34-A, 35-A

основа, - А - алюминий, число показывает общее количество других составляющих сплава, %.

Системы Sn-Zn-Cu: А - тип припоя

Zn-Al-Cu: В - тип припоя
Cu-P-Sn-Zn: ПФОЦ7-3-2

Задание

Уяснить классификацию и маркировку проводниковых материалов.
 В соответствии с вариантом задания (табл. 11.1) расшифровать марки проводниковых материалов и ознакомиться с их составом и свойствами.

Порядок выполнения работы

- Охарактеризовать классификацию проводниковых материалов (по назначению и свойствам)
 2. Пользуясь справочной литературой [5, с.189-193; 6, с. 148-155; 7, с.409-439] расшифровать заданные марки сплавов и указать значения гарантируемых показателей.
 Осуществить самоконтроль уровня усвоения учебного материала, используя в качестве тестов варианты заданий.

Таблица 11.1

Варианты заданий

№ пп	Марки	№ пп	Марки	№ пп	Марки	№ пп	Марки
1.	1. МН 0,6 2. Х25Н20 3. ПЛИ-5 4. ПСрКдМ50-34-16 5. ПК60Ц20	7	1. МНЦ15-20 2. ПЛИ-10 3. ПдСр-30 4. ПСр71 5. ПОСК2-18	13	1. Х15Н60-Н 2. ПЛИ-30 3. МГ3 4. ПСр45 5. ПОЦ60	19	1. НМцАК2-2-1 2. ПлПдРд-4-3,5 3. СрМ875 4. ПМЦ-36 5. ПСрОС2-58
2.	1. МН16 2. ПлРд-5 3. ПдСрМ-36-4 4. ПСр50Кд 5. ПК40Ц60	8	1. НХ9 2. ПЛИ-15 3. ПдСр-40 4. ПСр72 5. ПОС61М	14	1. Х15Н60-ВИ 2. ПЛИ-32 3. МГ5 4. ПСр44Кд 5. ПОЦ40	20	1. Н50К10 2. ПлПд-15 3. СрМ900 4. 34-А 5. ПСрОС3-58
3.	1. МНА 6-1,5 2. ПлПд-10 3. ПдСрК-35-5 4. ПСр25Ф 5. ПОС10	9	1. НХ 9,5 2. ПЛИ-17,5 3. Пд 99,9 4. ПСрМЦКд45-15-16-24 5. ПОССу50-0,5	15	1. Н80ХЮД-ВИ 2. ПлРд10 3. КМК-Б20 4. ПСр65 5. ПСр1	21	1. Х13Ю4 2. ПдИ-10 3. СрМ800 4. 35-А 5. ПСрОС3,5-95
4.	1. МНМц43-0,5 2. ПдИ-10 3. ПлН 4,5 4. ПСр 50 5. ПОС 30	10	1. Х20Н80 2. ПЛИ-20 3. СОМ10 4. ПСр25 5. ПОССу 40-2	16	1. НМц 2.5 2. ПлРд-15 3. КМК-Б21 4. ПСр 70 5. ПСр1,5	22	1. Х15Ю5 2. ПдИ-18 3. СрМ500 4. А 5. ПСрО10-90
5.	1. МНМц40-1,5 2. ПлРу-10 3. ПдСр-20 4. ПСр62 5. ПОС61	11	1. Х20Н80-Н 2. ПЛИ-25 3. СГ3 4. ПСр 37,5 5. ПОЦ 90	17	1. НМц5 2. ПлРд-20 3. КМК-А60 4. ПМЦ-54 5. ПСр 2,5	23	1. Х23Ю5 2. ПлМ-2,5 3. Рд 99,8 4. В 5. ПСрОСу8
6.	1. МНМц3-12 2. ПдСр-20 3. ПлРу-8 4. ПСрМО68-27-5 5. ПОС 90	12	1. Х20Н80-ВИ 2. ПЛИ-26 3. СГ5 4. ПСр40 5. ПОЦ70	18	1. НА 5 2. ПлРд 7,5 3. КМК-А61 4. ПМЦ-48 5. ПСр3	24	1. Х27Ю5Т 2. ПлМ-8,5 3. И 99,9 4. ПФОЦ7-3-2 5. ПСрМО5

РАБОТА № 12

МАТЕРИАЛЫ ВЫСОКОЙ ПРОВОДИМОСТИ

Цель работы: *иметь* навыки выбора экономически целесообразного проводникового материала.

Общие сведения

В качестве токопроводящего материала для изготовления проводов широко применяются медь и алюминий. Удельное электрическое сопротивление меди при $+ 20^{\circ}\text{C}$ $\rho_{\text{Cu}} = 0,0172 \text{ мк}\cdot\text{Ом}\cdot\text{м}$, а удельное электрическое сопротивление алюминия $\rho_{\text{Al}} = 0,028 \text{ мк}\cdot\text{Ом}\cdot\text{м}$, плотность меди – 8960 кг/м^3 , плотность алюминия – 2702 кг/м^3 .

При одинаковой длине и проводимости (одно и тоже значение $R = \rho \cdot (l/S)$), провод из алюминия должен иметь сечение больше в $0,028 / 0,0172 = 1,63$ раза. Следовательно, диаметр алюминиевого провода должен быть в $\sqrt{1,63} \approx 1,3$ раза больше медного. Однако если нет ограничения проводов габаритами, то применение алюминия взамен меди позволяет уменьшить материалоемкость в $8960/1,63 \cdot 2702 \approx 2$ раза. Алюминий менее дефицитен, чем медь, хотя разница в ценах сравнительно невелика. Зная массу проводов и стоимость единицы массы меди и алюминия, можно оценить экономическую эффективность замены медных проводов алюминиевыми. При проектировании линий электропередач учитываются также механические свойства проводников.

Задание

В соответствии с вариантом задания (табл. 12.1) оценить экономическую эффективность замены голых медных проводов алюминиевыми. Длина провода - 1 км. Сортамент и механические свойства проводов приведены в табл. 12.2.

Таблица 12.1

Варианты заданий

Вариант № пп	Сечение медного провода, мм ²	Оптовая цена за 1 т*, руб.		Вариант № пп	Сечение медного провода, мм ²	Оптовая цена за 1 т*, руб.	
		меди	алюминия			меди	алюминия
1	10	980	1200	14	6	1000	1250
2	16	950	1200	15	350	860	620
3	25	950	1100	16	400	860	620
4	35	950	1000	17	4	1000	1250
5	50	930	900	18	10	1000	1250
6	70	930	850	19	16	940	1150
7	95	900	800	20	25	940	1000
8	120	900	750	21	35	930	900
9	150	880	700	22	50	935	830
10	185	880	650	23	70	920	800
11	240	870	640	24	95	920	750
12	300	870	630	25	120	910	700
13	4	860	850	26	185	960	900

* показатели на 1990 г., зависят от чистоты металла и особенностей производственного процесса.

Таблица 12.2

Основной сортамент голых медных и алюминиевых проводов

Сечение, мм ²		4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
Разрывное усилие, кН	медь	1,5	2,6	4,1	5,9	9,3	13	17,5	28	39	43,6	52,3	68	87	102	122	137,6								
	алюминий			1,7	2,5	3,9	5,7	8,3	11,3	14,6	19,6	24	29,8	37,8	46,9	56,4	63,4	69,9	79	83,9	90,6	99	103	112	120,7

Порядок выполнения работы

- Рассчитать сечение алюминиевого провода той же проводимости, что и заданный медный.
2. Назначить стандартное сечение алюминиевого провода (равное или ближайшее большее к расчетному) и указать диаметры медного и алюминиевого проводов.
 3. Определить объем, массу и ориентировочную стоимость 1 км проводов из меди и алюминия.

Результаты расчетов представлены в виде таблицы.

№ пп	Материал проводов	Удельное сопротивление, мк·Ом·м	Плотность	Сечение		Масса кг/км	Стоимость		Разрывное усилие, Н
				расчетное	стандартное		руб/м	руб	
1.	Медь								
2.	Алюминий								

4. Сделать выводы о целесообразности замены медного провода алюминиевым.

РАБОТА № 13

КАБЕЛЬНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

Цель работы: *знать* конструктивные элементы кабельных изделий и их назначение;
уметь расшифровать условные обозначения проводов, шнуров и кабелей.

Общие сведения

В зависимости от конструкций кабельные изделия делятся на кабели, провода и шнуры. Их основными элементами, в общем случае, являются токопроводящие жилы, изоляция, экран, оболочка и наружные защитные покрытия. В зависимости от назначения изделия отдельные из указанных элементов могут отсутствовать (экран, защитные покрытия).

ПРОВОДА

Провод - одна или несколько скрученных вместе проволок (жил) из проводниковых материалов (медь, алюминий, сталь) предназначенных для передачи и распределения электрической энергии. Провода с медными жилами обозначают буквой П, с алюминиевыми жилами - АП, стальные провода - ПС; провода сопротивления изготавливают из константана, манганина или нихрома (соответственно в марочном обозначении провода - буквы К, М, или Н). Многопроволочные провода изготавливают скруткой отдельных проволок или навивкой на одну или три центральные проволоки последующих рядов проволоки. Чтобы провод имел в сечении круглую форму и не раскручивался, смежные слои проволок навиваются в противоположных направлениях. Для многопроволочных проводов $\sigma_{\text{в}} \sim 90\%$ от суммы временных сопротивлений разрыву отдельных проволок. Многопроволочные провода могут быть изготовлены из одного или двух материалов, например алюминия и стали АС90, АСУ200, АСО300 (А - алюминий, С - сталь, О - ослабленной прочности, У - усиленной прочности, цифры - поперечное сечение алюминиевой части, мм²).

Различают провода:

- круглого и прямоугольного сечения;
- неизолированные и изолированные; неизолированными являются провода воздушных линий электропередач, антенн и контактных линий электрифицированного транспорта;

- **н е з а щ и щ е н н ы е и з а щ и щ е н н ы е**; защищенные провода имеют внешнюю защитную оболочку;
- **п р о с т ы е и с л о ж н ы е**; сложные провода имеют не одну, а несколько отдельных изолированных жил.

По назначению провода бывают обмоточные, установочные, монтажные и специального назначения (например, для щеток электрических машин).

О б м о т о ч н ы е п р о в о д а предназначены для изготовления обмоток электрических машин, аппаратов, приборов. Изоляция проводов может быть эмалевой, эмалево-волокнутой, волокнутой, пленочной, оксидной.

Основные разновидности **эмалевой изоляции** представляют собой пленки специальных лаков: **ЭЛ** - эмаль лакостойкая на основе масляных лаков, дешевая, но с низкой нагревостойкостью и прочностью; **ЭВ** - эмаль высокопрочная на основе синтетических полимеров (поливинилацеталевый лак и т.п.); **ЭТ** - эмаль теплостойкая, повышенной нагревостойкости (полиуретан, полиамиды и т.п.); **ЭМ** - эмаль металвин.

Волокнистая изоляция: Б - телефонная или кабельная бумага или хлопчатобумажная пряжа), Ш - шелк натуральный, ШК - шелк капрон, Л - лавсановый шелк, С - стекловолокно, А - асбест и т.д. Для подклейки и пропитки волокон применяют обычно лаки на основе нитроглифталевых полимеров. Применение кремний органических лаков повышает рабочую температуру до 400⁰С, однако при этом снижаются механические свойства. Высокую нагревостойкость обеспечивает также подклейка и пропитка жаростойким органосиликатным составом (ОЖ).

Пленочная изоляция (ПИ) чаще всего лавсановая или полиэтиленовая. Хорошую нагревостойкость обеспечивает фторопластовая пленка (Ф), а так же полиимидная пленка (ПИ), дублированная с фторопластом.

Оксидная изоляция представляет собой оксидную пленку, полученную на проводниковом металле электрохимической обработкой, которая может служить надежной нагревостойкой изоляцией при сравнительно высоком напряжении. Так, оксидная пленка алюминия толщиной 0,03мм имеет пробивное напряжение 100 В, а толщиной 0,04 мм – 250 В. Из оксидированного алюминия можно изготавливать различные катушки без дополнительной междувитковой и междуслойной изоляции. Недостатком оксидной изоляции являются ограниченная гибкость и заметная гигроскопичность.

Примеры марок незащищенных обмоточных медных проводов представляющих собой медные жилы:

- с эмалевой изоляцией: ПЭЛ, ПЭЛУ (ЭЛ - эмаль лакостойкая, У - утолщенный слой), ПЭВ - 1 (однослойная изоляция из эмали высокопрочной), ПЭВ-2 (2 - двухслойная изоляция из эмали высокопрочной), ПЭМ-1 (однослойная изоляция эмалью металвин);
 - с волокнутой изоляцией: ПСД - два слоя (Д) стекловолокна, ПДА - два слоя асбеста, ПЛБД - лавсановый шелк и хлопчатобумажная пряжа; ПСДК - два слоя стекловолокна с пропиткой из кремнийорганических лаков;
 - с эмалево-волокнутой изоляцией: ПЭЛШО - эмаль лакостойкая и однослойная обмотка (О) из натурального шелка; ПЭТСОТ - эмаль теплостойкая и однослойная обмотка из утонченного (Т) стекловолокна;
 - с пленочной изоляцией: ППФ - изоляция фторопластовой пленкой, ППФИ - изоляция фторопластовой и полиимидно-фторопластовой пленкой.
- АПБ - алюминиевый провод с изоляцией из телефонной бумаги.

У с т а н о в о ч н ы е п р о в о д а служат для распределения электрической энергии в силовых и осветительных стационарных и передвижных установках. Установочные провода

выпускаются со сплошной резиновой (Р), поливинилхлоридной (В), полиэтиленовой (П), наиритовой (Н) изоляцией, обладающей хорошими электроизоляционными свойствами, а также влагонепроницаемостью, бензино- и маслостойкостью, высокой эластичностью, предназначенной для работы при температурах от - 40 до + 50⁰С и относительной влажности окружающей среды до 95% (при температуре + 20⁰С). Применение резины на основе кремнийорганического каучука (РК) допускает работу проводов в интервале температур от - 60⁰С до + 180⁰С при напряжении питания до 660В переменного тока частотой 50 Гц.

Примеры марок установочных проводов с медной жилой: ПВ - поливинилхлоридная изоляция; ППВ - плоский провод с поливинилхлоридной изоляцией для открытой прокладки, ППВС - такой же, но для скрытой прокладки под штукатуркой; ПР - резиновая изоляция и оплетка из хлопчатобумажной пряжи, пропитанная противогнилостным составом; ПРД - с двумя (Д) гибкими жилами и резиновой изоляцией в оплетке из хлопчатобумажной пряжи; ПРВ - резиновая изоляция и поливинилхлоридная оболочка; ПРГ - такой же как и ПР, но с гибкой (Г) жилой.

Наличие оплетки на установочном проводе может указываться в конце марочного обозначения буквой О - оплетка из хлопчатобумажной пряжи (О иногда опускается), Л - оплетка, покрытая лаком, С - оплетка из стекловолокна. Например: ПРЛ, ПРКС, ПРТО (Т - для прокладки в трубах).

К изолированным защищенным проводам относятся:

ПРП - провод с медными жилами, резиновой изоляцией, в защитной панцирной (П) оплетке;

ПРФ - провод с медными жилами, резиновой изоляцией, в металлической фальцованной (Ф) оболочке из сплава АМц или латуни (ПРФл);

АПРФ – такой же, как ПРФ, но с алюминиевыми жилами.

Конструкция некоторых проводов представлена на рис. 13.1.

Стальные оцинкованные (защита от коррозии) провода изготавливаются однопроволочными - ПСО-4 (провод стальной однопроволочный, Ø 4 мм) и многопроволочными без присадки меди - ПС35 (провод стальной сечением 35 мм²) или с присадкой меди - ПМС 45 (сечением 45 мм²).

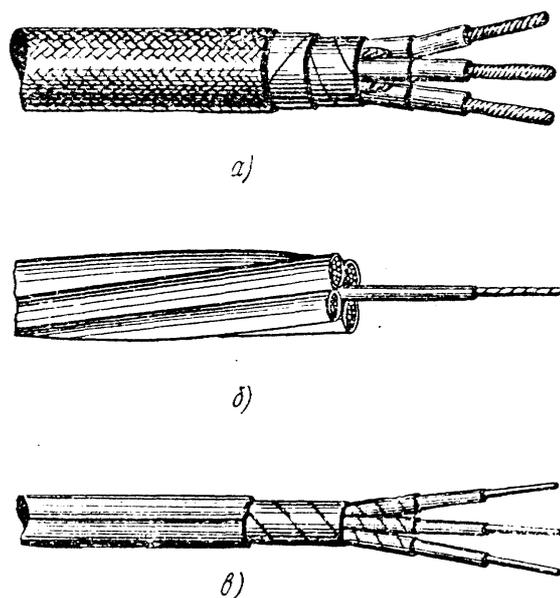


Рис. 13.1. Провода: а) ПРТО; б) АРТ; в) АПРФ

Монтажные провода служат для монтажа схем слаботочной, электронной, в том числе полупроводниковой аппаратуры, электроприборов и т.п.

Монтажные провода имеют токопроводящие жилы из мягкой медной проволоки.

Когда требуется повышенная гибкость, провода изготавливаются из тонких проволок, свитых друг с другом. В монтажных проводах высокой нагревостойкости (200-250⁰С) применяют никелированные или посеребренные медные жилы, во всех остальных - медные луженые жилы.

Изоляция монтажных проводов обычно бывает волокнистой (капроновые, лавсановые или стеклянные нити), пленочной (лентами из триацетатной пленки – Ц), поливинилхлоридной или полиэтиленовой, может включать оплетку из полиамидного шелка, стекловолокна или лакированную (обозначения см. выше).

В обозначение монтажных проводов включается буква М. При этом буква П - провод может указываться (ПМВ- провод монтажный с поливинилхлоридной изоляцией, однопроволочный) или не указываться (МГШ - монтажный провод с гибкой многопроволочной медной жилой в оплетке из полиамидного шелка). В общих электрических трассах цепей управления с целью устранения в них возможных электрических наводок от других, совместно укладываемых проводников, применяют экранированные (Э) провода, например, МГВЭ - провод монтажный гибкий многопроволочный с поливинилхлоридной изоляцией, экранированный.

В целях обеспечения электробезопасности, а также быстрого отыскания проводов, принадлежащих определенным цепям, по их функциональному назначению используется цветовой код изоляции, например, черный - для силовых цепей постоянного и переменного тока, красный - для цепей управления переменного тока и т.п.

ШНУРЫ

Шнур - две (или три) свитые вместе или помещенные в общую оболочку изолированные резиной гибкие медные жилы.

Марки шнуров:

ШР - шнур (Ш) с двумя гибкими медными жилами и резиновой (Р) изоляцией, каждая жила заключена в хлопчатобумажную оплетку;

ШРП - такой же, как ШР, но жилы заключены в общую оплетку; предназначен для присоединения подвижных переносных (П) электроприемников;

ШРПЛ - такой же как и ШРП, но жилы заключены в легкий (Л) резиновый шланг;

ШРПС - такой же как и ШРП, но жилы заключены в прочный (средний - С) резиновый шланг.

Провода ПРД и ПРВД, конструкция которых аналогична шнурам ШР, также могут быть отнесены к шнурам.

Обозначение соединительных шнуров и проводов с параллельными жилами включает букву П (ППВ, ШВП), теплостойких – букву Т (ШВПТ).

КАБЕЛЬ

Кабель (рис. 13.2) - конструкция из одной или нескольких изолированных токопроводящих жил, заключенных в герметическую оболочку, поверх которой могут быть наложены защитные покрытия. Бронированный кабель поверх герметической оболочки имеет защитную (броневую) оболочку, изготавливаемую из стальных лент, плоской или круглой стальной проволоки. Кабель, не имеющий поверх герметической или броневой оболочки каких-либо защитных покрытий, называется голым.

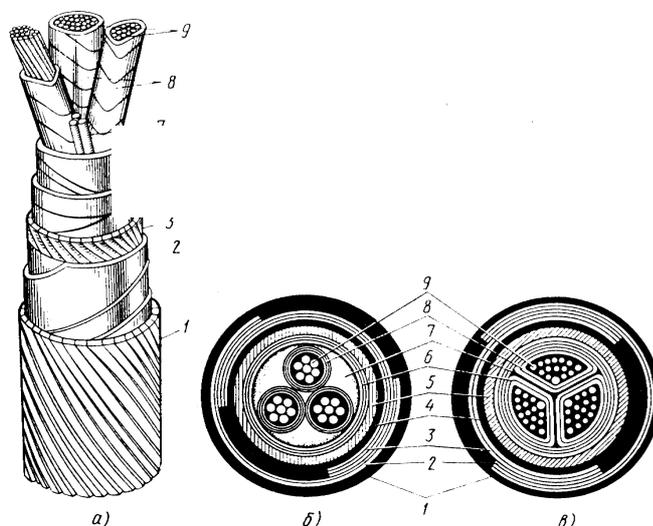


Рис. 13.2. Трехжильный кабель с поясной изоляцией из пропитанной бумаги:
а — наружный вид кабеля с секторными жилами, *б* — разрез кабеля с круглыми жилами, *в* — разрез кабеля с секторными жилами;
 1 — пропитанная кабельная пряжа, 2 — ленточная броня, 3 — защитный покров из пропитанной кабельной пряжи, 4 — бумага, пропитанная компаундом. 5 — защитная оболочка. 6 — поясная изоляция, 7 — наполнитель, 8 — изоляция жил, 9 — жилы

Различают кабели силовые - для силовой и осветительной проводки, и контрольные - для проводки цепей управления, сигнализации и блокировки.

Силовые кабели бывают одно-, двух-, трех- и четырехжильными. Жилы изготавливаются из меди (буква М обычно в марочном обозначении отсутствует) или алюминия (буква А впереди марочного обозначения).

Герметическая оболочка обозначается буквами С - свинцовая, А - алюминиевая, В - поливинилхлоридная, Н - наиритовая. Затем, обычно, следует буквы, указывающие изоляцию жил (Р - резиновая, В - поливинилхлоридная, П - полиэтиленовая, Б - бумажная, Ш - шланг сплошной поливинилхлоридный или полиэтиленовый) и защитное покрытие (Г - голый; А - асфальтированный; Б - бронированный лентами, К - круглыми проволоками, П - плоскими проволоками). В марках кабелей, у которых каждая жила заключена в отдельную свинцовую оболочку, впереди ставят букву "О".

Броню кабелей покрывают битумным составом, поверх которого может быть навит один или два слоя пропитанной пряжи. Силовые кабели диаметром более 50 мм применяются в гофрированной алюминиевой оболочке.

Примеры марок силовых кабелей:

ВРГ - кабель с медными жилами и резиновой изоляцией в поливинилхлоридной герметической оболочке, голый;

АСБ - кабель с алюминиевыми жилами и бумажной изоляцией, пропитанной компаундным составом в свинцовой герметической оболочке, с броней из стальных лент;

СБШв - такой же как АСБ, но с медными жилами и наружным покровом из поливинилхлоридного шланга;

ААБ - такой же как АСБ, но с алюминиевой герметической оболочкой;

ААШп - кабель с алюминиевыми жилами, в алюминиевой оболочке и полиэтиленовом шланге.

Контрольные кабели выполняют многожильными и на сравнительно небольшие сечения от 0,75 до 10 мм². Изоляция жил имеет различную расцветку, осуществляемую с помощью цветной бумаги. В маркировку контрольных кабелей, аналогичную маркировке силовых, вводят дополнительно букву "К": КВРГ, КСБГ, АКВВГ, и т.п.

Шахтные кабели, силовые и контрольные, имеют медные жилы, так как использование кабелей с алюминиевыми жилами и в алюминиевой оболочке запрещено правилами безопасности.

В горизонтальных выработках используются кабели СБШв, СБГ, СБн, СБлн (л - усиленная подушка у защитного покрова, н - негорючий наружный покров).

Кабели для наклонных и вертикальных выработок отличаются обедненно-пропитанной бумажной изоляцией жил (в маркировке через дефис указывается буква В) или изоляцией, пропитанной нестекающим составом на основе церезина (буква Ц в маркировке), например: СБн-В (кабель с медными жилами и обедненно-пропитанной бумажной изоляцией в свинцовой герметической оболочке с броней из стальной оцинкованной ленты и негорючим наружным покровом), ЦСКл (кабель с медными жилами и бумажной изоляцией, пропитанной нестекающим составом на основе церезина, в свинцовой оболочке, с броней из круглой стальной оцинкованной проволоки с усиленной подушкой у защитного покрова).

Силовые кабели и кабели управления шахтных (Ш) передвижных машин и механизмов изготавливаются гибкими (Г) или особо гибкими (ОГ), прочными (П) или особой прочности (ОП):

ГРШЭ – кабель гибкий, с резиновой изоляцией, шахтный, экранированный.

Задание

В соответствии с заданным вариантом (табл. 13.1) указать наименование кабельных изделий и расшифровать их условное обозначение.

Порядок выполнения работы

Пользуясь инструкцией и справочной литературой [7]

- уяснить конструкцию кабельных изделий и их классификацию по назначению;
- охарактеризовать особенности маркировки обмоточных, установочных и монтажных проводов, шнуров, силовых и контрольных кабелей;
- указать наименование и расшифровать условное обозначение заданных марок кабельных изделий.

Осуществить самоконтроль уровня усвоения учебного материала, используя в качестве тестов различные варианты заданий (табл. 13.1).

Таблица 13.1

Варианты заданий

№ п/п	Марки	№ п/п	Марки	№ п/п	Марки	№ п/п	Марки
1	1. ПЭЛШКО 2. АПР 3. МШДЛ 4. АБ 5. СБн	7	1. ПЭВЛО 2. АППВ 3. МОГ 4. ШРП 5. ВВГ	13	1. ЦСКл 2. ПРД 3. МГШВЭВ 4. ШРПС 5. ВРГ	19	1. ПСДК 2. УВГ 3. МГСЛ 4. КСБГ 5. ПЭВ-1
2	1. ПЭЛШКД 2. ПВ 3. ЦСПл 4. СБ 5. МГВСЛЭ	8	1. ПЛБД 2. АППР 3. МПСПО 4. ПЭМ-2 5. АВВГ	14	1. ПБОО 2. ГРШЭ 3. МГШВ 4. АВРГ 5. ПЭВ	20	1. ПЭТСО 2. УВОГ 3. МГЦШП 4. АСРГ 5. ПЭЛУ
3	1. ПЭЛБО 2. ПГВ 3. ЦСПн 4. АСБ 5. МГШП	9	1. ПЭТЛО 2. ПР 3. СБШв 4. ПВБ 5. МГШПЭ	15	1. АПБ 2. ПБОТ-3 3. МШВ 4. ШРПЛ 5. ААШв	21	1. ПЭТСОТ 2. АПРВ 3. МГШДЛ 4. КОГВЭШ 5. СП
4	1. ПЭЛБД 2. АПВ	10	1. ПЭВБД 2. ПРЛ	16	1. КГШ 2. ЛПЛ-2	22	1. ПДА 2. ПРВ

	3. СБГ 4. ААБ 5. МШП		3. МПП 4. АПВБ 5. СПлн-В		3. МГЦСЛЭ 4. ААШп 5. ПЭВТЛ-1		3. МГШД 4. АКВВГ 5. ПЭЛ
5	1. СБлн 2. ППВ 3. МГШДО 4. ВВБ 5. ПЭВ-2	11	1. ПСО-4 2. ПРГ 3. МГПЭ 4. ВРБ 5. ШР	17	1. АПСД 2. ЛПЛС-2 3. МГЦСЛ 4. ПЭВКЛ 5. НРГ	23	1. ПЭТКСОТ 2. ПРВД 3. МЭШДЛ 4. КВВГ 5. ГВШОП
6	1. ПЭЛО 2. ППВС 3. МПСПОЭ 4. КОГЭШ 5. АВВБ	12	1. ПБО 2. ПРГЛ 3. МГП 4. ПЭТВ 5. АВРБ	18	1. ПСДТ 2. РКГМ 3. МГСЛЭ 4. ПЭМ-1 5. КВРГ	24	1. ПСДКТ 2. ПРГВ 3. ГРШЭП 4. АНРГ 5. МГВЛЭ

РАБОТА № 14

МАРКИРОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы: *уметь* классифицировать материалы по их основным признакам
иметь навыки работы с ГОСТами и справочной литературой;
уметь расшифровывать условные обозначения марок магнитных материалов.

Общие сведения

Классификация, состав и свойства магнитных материалов охарактеризованы в учебной [1, с. 324-327; 2, с. 342-348; 3, с. 137-138] и справочной [5, с. 157-178; 7, с. 439-469] литературе. Магнитные материалы классифицируют по технологии производства на деформируемые, литые и спеченные методами порошковой металлургии; по магнитным свойствам и назначению - на магнитомягкие с коэрцитивной силой не более 4к А/м и магнитотвердые с коэрцитивной силой не менее 4к А/м (коэрцитивная сила - величина равная напряженности магнитного поля, необходимого для изменения магнитной индукции от остаточной до нуля, т.е. до полного размагничивания).

Магнитомягкие материалы

ГОСТ 11036-75 СТАЛЬ СОРТОВАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ НЕЛИГИРОВАННАЯ

Марки: 10895, 20895, 11895, 21895, 10880, 20880, 11880, 21880, 10860...21860, 10850,... 21850.

В обозначении марки первая цифра указывает класс материала по структурному состоянию и виду проката: 1 - горячекатанная
2 - холоднокатанная изотропная.

Вторая цифра характеризует содержание кремния: 0 - не более 0,3 % Si, 1 - допускается некоторое повышение содержания кремния и технологические добавки других элементов (титана, алюминия и т.д.).

Третья цифра является условным обозначением гарантируемого магнитного свойства: 8 - коэрцитивная сила.

Четвертая и пятая цифры - двузначное число, указывающее значение гарантируемого показателя, т.е. значение коэрцитивной силы в А/м.

ГОСТ 21427.1-83, 21427.2-83, 27427.4-78. СТАЛЬ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ТОНКОЛИСТОВАЯ

Марки: 2011, 2012, 2013, 2111, 2112, 2211...2216, 2312, 2411...2414, 2421, 3311, 3411...3415, 3404...3409, 3421...3425.

В обозначении марки стали первая цифра указывает класс по структурному состоянию и виду проката: 2 - холоднокатанная изотропная, 3 - холоднокатанная анизотропная (сталь 1 класса - горячекатанная изотропная - снята с производства).

Вторая цифра характеризует содержание кремния: 0 - до 0,4 % Si; 1 - 0,4 ÷ 0,8 % Si; 2 - 0,8 ÷ 1,8 % Si; 3 - 1,8 ÷ 2,8 % Si; 4 - 2,8 ÷ 3,8 % Si.

Третья цифра характеризует группу стали по основной нормируемой характеристике: 0 - удельные потери при магнитной индукции 1,7 Тл и частоте 50 Гц; 1 - удельные потери при магнитной индукции 1,5 Тл и частоте 50 Гц; 2 - удельные потери при магнитной индукции 1,0 Тл и частоте 400 Гц для холоднокатанной изотропной стали и удельные потери при магнитной индукции 1,5 Тл и частоте 400 Гц для холоднокатанной анизотропной стали.

Вместе первые три цифры в обозначении стали означают тип стали.

Четвертая цифра указывает порядковый номер марки данного типа стали.

Ранее для этих сталей было установлено обозначение типа Э11, Э12... Э31... Э46... Э1300...Э340...Э360...

Стали с содержанием кремния до 2 %, более пластичные, используемые для изготовления пакетов роторов и статоров электротехнических машин, называют динамными.

Стали с содержанием кремния свыше 2 %, более хрупкие, используемые в виде пакетов листов для сердечников трансформаторов, называются трансформаторными.

ГОСТ 10160-75 СПЛАВЫ ПРЕЦИЗИОННЫЕ МАГНИТОМЯГКИЕ (хим. состав по ГОСТ 10994-74)

Прецизионные сплавы - высоколегированные сплавы со специальными физико-механическими свойствами, уровень которых определяется точным химическим составом, специальной технологией выплавки и специальной термообработкой.

Марки: 79НМ, 80НХС, 81НМА, 83НФ, 50НХС, 45Н, 50Н, 50НП...40НКМП...27КХ, 49КФ...47НК...16Х, 36КНМ.

Эти сплавы представляют собой системы Fe-Ni, Fe-Ni-Co, Fe-Co, Fe-Cr в том числе с добавлением таких легирующих элементов, как молибден (М), кремний (С), ванадий (Ф).

В условном обозначении сплава двузначное число показывает содержание в процентах компонента сплава, буквенное обозначение которого следует за этим числом: Н - никеля, К - кобальта, Х - хрома. Затем следует буквенное обозначение легирующих элементов (без указания их количества). Буква П - прямоугольная петля гистерезиса.

Сплавы системы Fe-Ni называются пермаллоями, среди них классический пермаллой содержит около 79 % Ni, сплавы с 30 % Ni известны также как термаллой, с 45-50 % Ni - как гайперник. Высоконикелевые пермаллои имеют очень высокие значения магнитной проницаемости в слабых полях, низконикелевые - повышенную магнитную индукцию и повышенное удельное электросопротивление.

Сплавы системы Fe-Ni-Co с постоянной магнитной проницаемостью называются перминварами (47НК, 45НКМ, 70НК...) сплавы системы Fe-Co с высокой индукцией насыщения - пермендюрами (49КФ, 49К2Ф...).

В качестве магнитомягких применяют также менее дефицитные нековкие альсиферы, содержащие 5 - 5,5 % Al, 9-10 % Si, остальное Fe. Из альсифера отливают сердечники и полые детали с толщиной стенок не менее 2 мм, работающие в диапазоне частот не более 20 кГц.

Магнитотвердые материалы

ГОСТ 1435-90 СТАЛЬ ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ УГЛЕРОДИСТАЯ

Марки: У10, У11, У12, У13 (с мартенситной структурой)

У - углеродистая, цифры показывают содержание углерода в десятых долях процента.

ГОСТ 6862-71 СТАЛЬ СОРТОВАЯ ДЛЯ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ

Марки: ЕХ, ЕХ3, ЕВ6 (Е7В6), ЕХ5К5, ЕХ9К15М2.

Е - индекс, указывающий назначение стали, далее следует буквенно-цифровое обозначение легирующих элементов: буква указывает наименование легирующего элемента (Х - хром, В - вольфрам, К - кобальт, М - молибден), а следующая за ней цифра - количество легирующего элемента в процентах.

ГОСТ 10994-74. СПЛАВЫ ПРЕЦИЗИОННЫЕ МАГНИТОТВЕРДЫЕ

Марки: 52К10Ф, 52К11Ф, 52К12Ф, 52К13Ф, 35КХ4Ф, 35КХ6Ф, 35КХ8Ф.

Это деформируемые сплавы системы Fe-Co-V (викаллои). В обозначении сплава число указывает содержание в процентах компонента сплава, буквенное обозначение которого следует за этим числом. Некоторые сплавы дополнительно легируются 7,5 - 8,5% Cr, при этом в маркировку включается буква Х без указания количества хрома.

ГОСТ 17809-72 СПЛАВЫ МАГНИТОТВЕРДЫЕ ЛИТЫЕ

Система Fe-Ni-Al (ални).

Марки: ЮН1, ЮН2, ЮН3.

Ю - алюминий, Н - никель, цифра - условный порядковый номер.

Дополнительное легирование медью, титаном, кремнием (сплавы алниси) обозначается соответственно буквами Д, Т, С: ЮНД, ЮНС, ЮНТС.

Система Fe-Ni-Al-Co (алнико и магнико).

Марки: ЮНДК, ЮНДК-И (И - изотропный), ЮНДКБА (Б - ниобий), количественное содержание составляющих сплава в марочном обозначении не указывается.

Применяется также обозначение, в котором расшифровано содержание в процентах основных компонентов цифрами, стоящими за соответствующей буквой: ЮНДК15(~ 15 % Co), ЮН14ДК25 (~ 14 % Ni, ~ 25 % Co), ЮНДК31ТЗБ (~ 31 % Co, ~ 3 % Ti).

ГОСТ 21559-76 МАТЕРИАЛЫ МАГНИТОТВЕРДЫЕ СПЕЧЕННЫЕ

Марки: КС25ДЦ-150, КС25ДЦ-175, КС25ДЦ-190, КС25ДЦ-210, КС25ДЦ-225, КС25ДЦ-240, КС36А, КС37, КС37А, КС25ЭГд, КС27ЭГд, КММ37, КС10ММ27, КС20ММ17, КС25ММ12.

В обозначении марок буквы означают: К - кобальт, С - самарий, Э - эрбий, Гд - гадолиний, Д - медь, Ц - цирконий, ММ - цериевый мишметалл; цифры, стоящие после буквы, соответствуют среднему содержанию самария или цериевого мишметалла, а цифры, отделяемые дефисом - значению максимального произведения $(BH)_{\max}$ материала (магнитная энергия).

Буква А в конце марочного обозначения магнитотвердых материалов указывает улучшенную текстуру.

Задание

Уяснить классификацию и маркировку магнитных материалов.

Ознакомиться с составом и свойствами магнитных материалов в соответствии с заданным вариантом (табл. 14.1).

Порядок выполнения работы

1. Охарактеризовать классификацию магнитных материалов.
2. Указать номер ГОСТа и его наименование.
3. Охарактеризовать номенклатуру марок по ГОСТу.
4. Расшифровать условное обозначение марок.
5. Для соответствующей данному ГОСТу марки сплава из варианта задания указать значения гарантируемых по ГОСТу показателей.
6. Осуществить самоконтроль уровня усвоения учебного материала, используя в качестве тестов варианты заданий.

Таблица 14.1

Варианты заданий

№ п/п	Марки	№ п/п	Марки	№ п/п	Марки	№ п/п	Марки
1.	1. 10895 2. 3425 3. 79НМ 4. КС25ДЦ-150 5. ЮНТС	7.	1. 11880 2. 3406 3. 45Н 4. КС36А 5. ЮНДКТ8	13.	1. 3311 2. 77НМДП 3. КС10ММ27 4. ЮНДК15 5. 10850	19.	1. 2215 2. 47НК 3. 52К11Ф 4. У12А 5. 11895
2.	1. 20895 2. 3423 3. 80НХС 4. КС25ДЦ-175 5. ЮНДКИ	8.	1. 21880 2. 3405 3. 50НП 4. КС37 5. У10	14.	1. 2421 2. 65НП 3. КС20ММ17 4. ЮН14ДК25 5. 20850	20.	1. 2112 2. 40КМ 3. 52К12Ф 4. ЕХ9К15М2 5. У13А
3.	1. 11895 2. 3421 3. 47НКХ 4. КС25ДЦ-190 5. ЮНДК	9.	1. 10860 2. 3415 3. 68НМП 4. КС37А 5. У11	15.	1. 2414 2. 27КХ 3. КС25ММ12 4. ЮНДК31ТЗБ 5. 11850	21.	1. 2111 2. 79Н3М 3. 52К13Ф 4. ЕХ5К5 5. 21895
4.	1. 21895 2. 3409 3. 81НМА 4. КС25ДЦ-210 5. ЮНДКБА	10.	1. КС25ЭГд 2. 3414 3. 34НКМП 4. У12 5. 20860	16.	1. 2413 2. 49КФ 3. ЮН1 4. 40НКМП 5. 21850	22.	1. 2013 2. 68НМ 3. 35КХ4Ф 4. ЕВ6 5. 11880
5.	1. 10880 2. 3408 3. 83НФ 4. КС25ДЦ-225 5. ЮНДКТ5	11.	1. 3413 2. 35НКХСП 3. КС27ЭГд 4. У13 5. 11860	17.	1. 2412 2. 49К2Ф 3. ЮН2 4. 50Н 5. 10895	23.	1. 2012 2. 16Х 3. 35КХ6Ф 4. ЕХ3 5. 10880
6.	1. 20880 2. 3407 3. КС25ДЦ-240 4. 50НХС 5. ЮНДКТ5А	12.	1. 3412 2. ЕХ3 3. 79НМП 4. КММ37 5. 21860	18.	1. 2216 2. 49К2ФА 3. 52К10Ф 4. ЮН3 5. 20895	24.	1. 2011 2. 36КНМ 3. 35КХ8Ф 4. ЕХ 5. 20880

РАБОТА № 15

СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СТАЛЕЙ

Цель работы: *уметь* оценивать влияние состава электротехнических сталей на их служебные свойства

Общие сведения

Основное расчетное соотношение при конструировании трансформаторов

$$U = \pi \sqrt{2} f W S B_m \quad (1)$$

где U - действующее значение напряжения,

f - частота,

W - число витков,

S - площадь сечения магнитопровода,

B_m - рабочая индукция.

Потери на вихревые потоки

$$P_v = \beta (B_m)^2 f^2 \frac{d^2}{\rho} \quad (2)$$

где β - коэффициент пропорциональности,

d - толщина магнитопровода,

ρ - удельное электрическое сопротивление.

Анализируя оба выражения, можно заключить, что при заданных исходных значениях U и f , уменьшение габаритов и веса трансформаторов обеспечивается максимальными значениями B_m , а уменьшение потерь на вихревые токи - уменьшением d и достаточно высокими значениями ρ . Следовательно, магнитопровод должен представлять собой пакет тонких листов из пластичного материала с высокой индукцией насыщения.

Задание

Выполнить сравнительный анализ потерь на вихревые токи для различных марок электротехнических сталей в соответствии с вариантом задания (табл. 15.1).

Порядок выполнения работы

1. Расшифровать условное обозначение заданных марок сталей, указать содержание кремния в них (ГОСТ 21427.3-75).
2. Пользуясь ГОСТ 21427.3-75, установить значения B_m , ρ и механических свойств сталей.
3. Полагая $\beta = \text{const}$, $f = \text{const}$, $d = \text{const}$, $H_c = \text{const}$ и пользуясь выражением (2), сравнить стали по потерям на вихревые токи, определив P_{v1}/P_{v2} .
4. Скорректировать значение d одной из сталей, обеспечивающее равенство $P_{v1} = P_{v2}$.
5. Сравнить (ГОСТ 21427.3-75) пластические свойства сталей, расчетное значение d с существующим сортаментом.
6. Сделать заключение о влиянии кремния на служебные и технологические свойства сталей.

Таблица 15.1

Варианты задания

№ п/п	Марки	№ п/п	Марки	№ п/п	Марки
1.	1212 и 1514	9.	1511 и 1312	17.	1313 и 1514
2.	1213 и 1513	10.	1512 и 1313	18.	1213 и 1413
3.	1311 и 1511	11.	1513 и 1411	19.	1413 и 1514
4.	1312 и 1413	12.	1514 и 1412	20.	1311 и 1513

5.	1313 и 1411	13.	1311 и 1514	21.	1312 и 1511
6.	1411 и 1212	14.	1312 и 1513	22.	1212 и 1412
7.	1412 и 1512	15.	1212 и 1312	23.	1213 и 1413
8.	1413 и 1212	16.	1511 и 1411	24.	1511 и 1213

4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

4.1. Задачи

Задача 1

В результате термической обработки пружины должны получить высокую упругость. Для изготовления их выбрана сталь 60С2ХФА: а) расшифруйте состав и определите группу стали по назначению; б) назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки данной стали; в) опишите структуру и свойства стали после термической обработки.

Задача 2

Для реостатных приборов выбран сплав константан: а) расшифруйте состав и укажите, к какой группе относится этот сплав по назначению; б) опишите структуру и электрические характеристики этого сплава.

Задача 3

В результате термической обработки тяги должны получить повышенную прочность по всему сечению (твердость НВ250-280). Для изготовления их выбрана сталь 30ХНЗ: а) расшифруйте состав и определите группу стали по назначению; б) назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки данной стали; в) опишите структуру и свойства стали после термической обработки.

Задача 4

Для изготовления ряда деталей самолета выбран сплав Д16: а) расшифруйте состав и укажите характеристики механических свойств сплава после термической обработки; б) опишите способ упрочнения этого сплава и объясните природу упрочнения.

Задача 5

В результате термической обработки рессоры должны получить высокую упругость. Для их изготовления выбрана сталь 65С2ВА: а) расшифруйте состав и определите группу стали по назначению; б) назначьте режим термической обработки, приведите его обоснование, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки данной стали; в) опишите структуру и свойства стали после термической обработки.

Задача 6

В машиностроении используется сталь ШХ15. Расшифруйте состав и определите группу стали по назначению. Назначьте режим термической обработки и приведите его обоснование. Опишите структуру и свойства стали после термической обработки.

Задача 7

Для изготовления деталей, работающих в активных коррозионных средах выбрана сталь 20Х17Н2: а) расшифруйте состав и определите группу стали по назначению; б) объясните назначение легирующих элементов, введенных в эту сталь; в) назначьте и обоснуйте режим термической обработки и опишите структуру и свойства стали после обработки.

Задача 8

В результате термической обработки шестерни должны получить твердый износостойчивый поверхностный слой при вязкой сердцеvine. Для их изготовления выбрана сталь 18ХГТ: а) расшифруйте состав и определите группу стали по назначению; б) назначьте режим термической и химико-термической обработки, приведите его обоснование, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах обработки данной стали; в) опишите структуру и свойства стали после термической обработки.

Задача 9

Назначьте режим термической обработки шестерни из стали 20Х с твердостью зуба HRC58-62. Опишите микроструктуру и свойства поверхности и сердцеvine зуба после термической обработки.

Задача 10

Для изготовления постоянных магнитов сечения 50x50 мм выбран сплав ЕХ: а) расшифруйте состав и укажите, к какой группе сплавов относится данный сплав по назначению; б) назначьте режим термической обработки, приведите его обоснование и опишите структуру и свойства сплава после обработки; в) объясните, почему в данном случае нельзя применить сталь У12.

Задача 11

Назначьте марку латуни, коррозионно-устойчивой в морской воде: а) расшифруйте ее состав и опишите структуру, используя диаграмму состояния медь-цинк; б) укажите способ упрочнения латуни и основные свойства.

Задача 12

В результате термической обработки полуоси должны получить повышенную прочность по всему сечению (твердость HB230-280). Для изготовления их выбрана сталь 30ХГС: а) расшифруйте состав и определите группу стали по назначению; б) назначьте режим термической обработки, приведите его обоснование, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки данной стали; в) опишите структуру и свойства стали после термической обработки.

Задача 13

В результате термической обработки втулки должны получить повышенную прочность по всему сечению (твердость HB250-280). Для изготовления их выбрана сталь 40ХГР: а) расшифруйте состав и определите, к какой группе относится данная сталь по назначению; б) назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на

превращения, происходящие на всех этапах термической обработки данной стали; в) опишите структуру и свойства стали после термической обработки.

Задача 14

Для изготовления токопроводящих упругих элементов выбран сплав Бр.БНТ-1,9. Приведите химический состав, режим термической обработки и получаемые механические свойства материала. Опишите процессы, происходящие при термической обработке, и объясните природу упрочнения в связи с диаграммой состояния медь-бериллий.

Задача 15

Кулачки должны иметь минимальную деформацию и высокую твердость и износоустойчивость поверхностного слоя (HV750-1000). Для изготовления их выбрана сталь 30ХМА: а) расшифруйте состав и определите группу стали по назначению; б) назначьте и обоснуйте режим термической и химико-термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения в стали при ее термической обработке; в) опишите структуру и свойства изделий на поверхности и в сердцевине.

Задача 16

Для изготовления деталей, работающих в активных коррозионных средах выбрана сталь 10Х18Н12Т: а) расшифруйте состав и определите группу стали по назначению; б) объясните причины введения легирующих элементов в эту сталь; в) назначьте и обоснуйте режим термической обработки и опишите микроструктуру данной стали после термической обработки.

Задача 17

Для изготовления плит высокого класса точности выбрана сталь 120ХГ: а) определите состав и группу стали по назначению; б) назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки данной стали; в) опишите структуру и свойства стали после термической обработки.

Задача 18

Для деталей, работающих в слабых коррозионных средах, используется сталь 10Х13: а) расшифруйте состав и определите группу стали по назначению; б) объясните причину введения хрома в эту сталь; в) назначьте и обоснуйте режим термической обработки и опишите микроструктуру после обработки.

Задача 19

Копиры должны иметь минимальную деформацию и высокую износоустойчивость поверхностного слоя при твердости HV750-1000. Для их изготовления выбрана сталь 38ХВФЮА: а) расшифруйте состав и определите, к какой группе относится данная сталь по назначению; б) назначьте и обоснуйте режим термической и химико-термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах обработки данной стали; в) опишите структуру и свойства стали после обработки.

Задача 20

Для реостатных элементов сопротивления выбран сплав манганин: а) расшифруйте состав и укажите, к какой группе относится данный сплав по назначению; б) опишите структуру и электрические характеристики этого сплава.

Задача 21

В результате термической обработки рессоры должны получить высокую упругость. Для изготовления их выбрана сталь 70С3А: а) расшифруйте состав и определите, к какой группе относится данная сталь по назначению; б) назначьте режим термической обработки, приведите его обоснование; в) опишите микроструктуру и свойства стали после термической обработки.

Задача 22

На изделиях из стали 15 требуется получить поверхностный слой высокой твердости. Приведите обоснование выбора метода химико-термической обработки, опишите его технологию и структуру изделия после окончательной термической обработки.

Задача 23

Для изготовления деталей путем глубокой вытяжки применяется латунь Л96: а) расшифруйте состав и опишите структуру сплава; б) назначьте режим промежуточной термической обработки, применяемой между отдельными операциями вытяжки, обоснуйте выбранный режим; в) приведите общую характеристику механических свойств сплава.

Задача 24

Пружины из стали 65 после правильно выполненной закалки и последующего отпуска имеют твердость значительно ниже, чем это требуется по техническим условиям. Чем вызван этот дефект и как можно его исправить? Укажите, какая твердость и структура обеспечивают упругие свойства пружин.

Задача 25

Для изготовления корпусных деталей электрических машин выбран сплав АЛ2: а) расшифруйте состав и укажите способ изготовления деталей из данного сплава; б) опишите методы повышения механических свойств сплава и сущность этого явления.

Задача 26

В результате термической обработки шестерни должны получить твердый износостойчивый поверхностный слой при вязкой сердцеvine. Для изготовления их выбрана сталь 30ХГТ: а) расшифруйте состав и определите, к какой группе относится данная сталь по назначению; б) назначьте режим термической обработки, приведите его обоснование; в) опишите микроструктуру и свойства стали после обработки.

Задача 27

Выберите углеродистую сталь для изготовления напильников. Назначьте режим термической обработки, опишите сущность происходящих процессов, структуру и свойства инструмента в готовом виде.

Задача 28

Для изготовления вакуумной аппаратуры и достижения плотных контактов между металлом и стеклом используется сплав платинит Н48: а) расшифруйте состав и определите, к какой группе относится данный сплав по назначению; б) опишите влияние легирующих элементов на основную характеристику сплава и причины выбора данного состава сплава в связи с аномалией изменения термического коэффициента расширения.

Задача 29

Для изготовления деталей штампов, обрабатывающих металл в холодном состоянии, выбрана сталь ХГЗСВ: а) расшифруйте состав и определите, к какой группе относится данная сталь по назначению; б) назначьте и обоснуйте режим термической обработки стали, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки; в) опишите микроструктуру и свойства стали после термической обработки.

Задача 30

Пружина из стали 75 после правильно выполненной закалки и последующего отпуска имеет твердость значительно выше, чем это предусматривается техническими условиями. Чем вызван этот дефект и как можно его исправить? Укажите структуру и твердость, которые обеспечивают высокие упругие свойства пружин.

Задача 31

Для некоторых деталей (щеки барабанов, шары дробильных мельниц и т.п.) выбрана сталь Г13: а) расшифруйте состав и определите группу стали по назначению; б) назначьте режим термической обработки и обоснуйте его выбор; в) опишите микроструктуру стали и причины ее высокой износоустойчивости.

4.2. Контрольные вопросы по материаловедению

1. Металлы, их характерные свойства. Кристаллическое строение металлов. Полиморфизм, анизотропия, квазиизотропия.
2. Виды дефектов кристаллической решетки. Строение и свойства реальных металлов.
3. Методы исследования строения металлов: фрактография, макро- и микроанализ, рентгеноструктурный анализ.
4. Испытание металлов на растяжение. Характеристики прочности и пластичности, определяемые при растяжении.
5. Механические свойства металлов. Определение твердости металлов.
6. Упругая и пластическая деформация. Явление наклепа. Механизм разрушения металлов, вязкое и хрупкое разрушение.
7. Основные закономерности процесса кристаллизации металлов. Степень переохлаждения и ее влияние на процесс кристаллизации. Строение стального слитка.
8. Сплавы. Продукты взаимодействия компонентов в сплавах, диаграммы состояния сплавов. Связь между типом диаграммы и свойствами сплавов.
9. Значение линий и точек диаграммы Fe-Fe₃C. Компоненты системы.
10. Фазовый и структурный состав сплавов по диаграмме Fe-Fe₃C.
11. Углеродистые стали и их классификация. Влияние углерода и постоянных примесей (Si, Mn, S, P) на свойства стали.
12. Белые и машиностроительные чугуны, их классификация. Строение свойства и область применения.

13. Критические точки в сталях, их обозначение при нагреве и охлаждении. Превращения в сталях при нагреве, изменение размеров зерен.
14. Диаграмма изотермического распада аустенита для У8 и стали 50, продукты распада. Влияние скорости непрерывного охлаждения на превращения в стали 50 при непрерывном охлаждении с аустенитного состояния до комнатной температуры.
15. Мартенситное превращение и его особенности. Закалка стали, режим и виды.
16. Выбор температуры нагрева под закалку стали 50 и стали У10. Строение и свойства закаленной стали.
17. Отжиг, его сущность, виды и назначение. Нормализация стали.
18. Превращения в закаленной стали при отпуске. Виды и назначение отпуска.
19. ХТО стали, сущность и назначение (цементация, азотирование).
20. Влияние легирующих элементов на строение и превращения в сталях. Классификация легированных сталей. Преимущества и недостатки легированных сталей и область их применения.
21. Конструкционные (легированные и углеродистые) цементируемые и улучшаемые стали.
22. Износостойкие и коррозионностойкие стали и сплавы.
23. Магнитотвердые и магнитомягкие материалы. Немагнитные материалы.
24. Медь и ее свойства. Сплавы меди, их классификация, маркировка и свойства, область применения.
25. Алюминий и его свойства. Сплавы алюминия, их классификация, маркировка и свойства, область применения.
26. Состав и основные свойства пластмасс. Термопластичные и термореактивные пластмассы.
27. Металлокерамические материалы. Композиты. Технология получения, свойства и область применения.
28. Металлы и сплавы высокой проводимости. Стали и сплавы с высоким электросопротивлением.
29. Контактные материалы.
30. Припой.
31. Полупроводники Ge и Si, их свойства, технология очистки, область применения. Селен и карбид кремния.
32. Газообразные и жидкие диэлектрики. Свойства и область применения.
33. Диэлектрические материалы: бумага, картон, стекло. Свойства, технология получения, область применения.
34. Диэлектрические материалы: резина, пластмассы. Свойства, технология получения изделий, область применения.

Диаграммы состояния двойных металлических сплавов

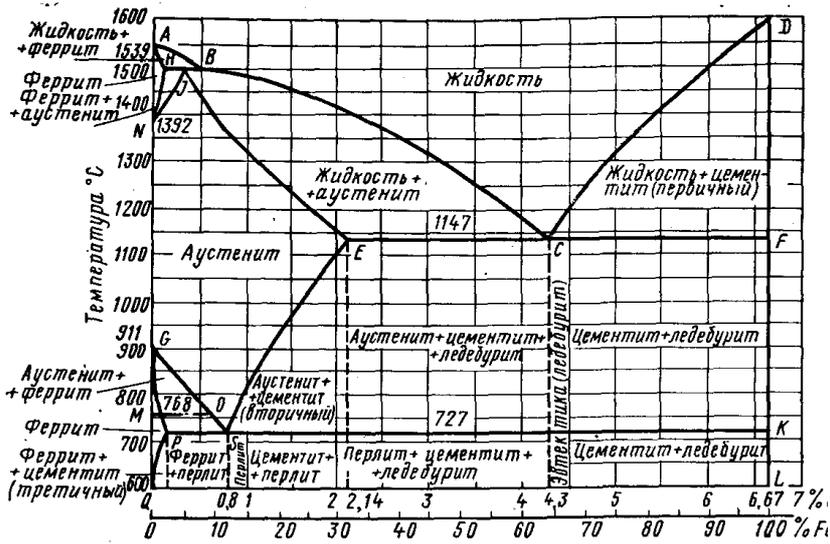


Рис. 1. Диаграмма состояния Fe—Fe₃C

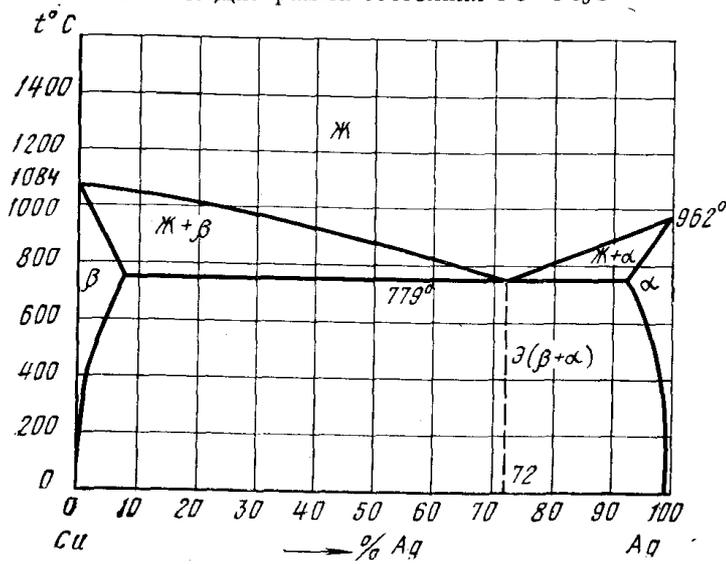


Рис. 2. Диаграмма состояния системы Cu—Ag

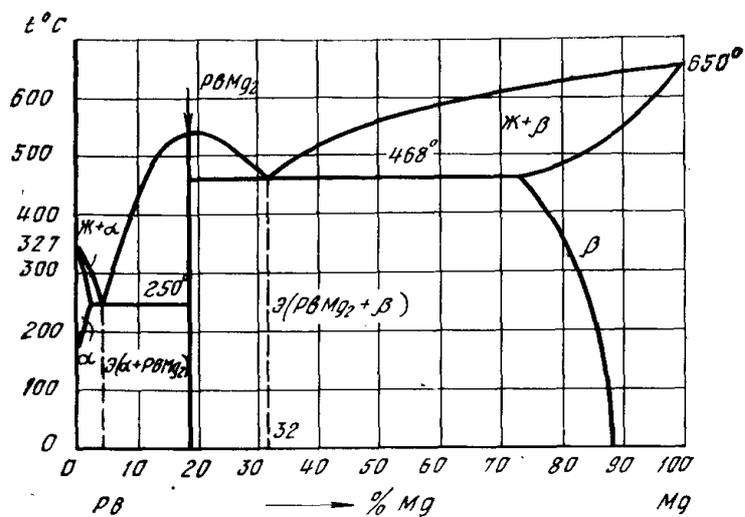


Рис. 3. Диаграмма состояния системы Pb—Mg

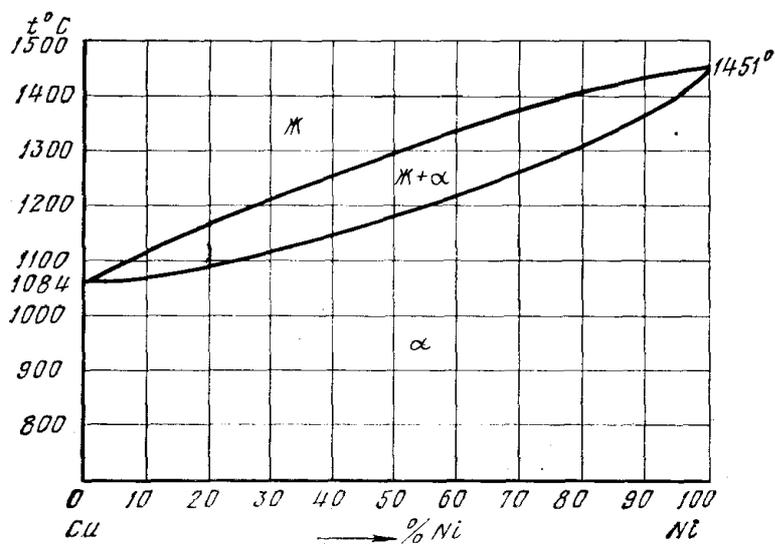


Рис. 4. Диаграмма состояния системы Cu—Ni

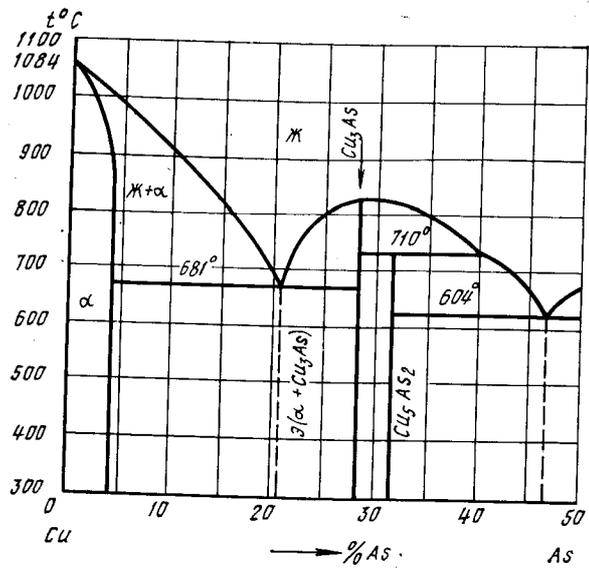


Рис. 5. Диаграмма состояния системы Cu—As

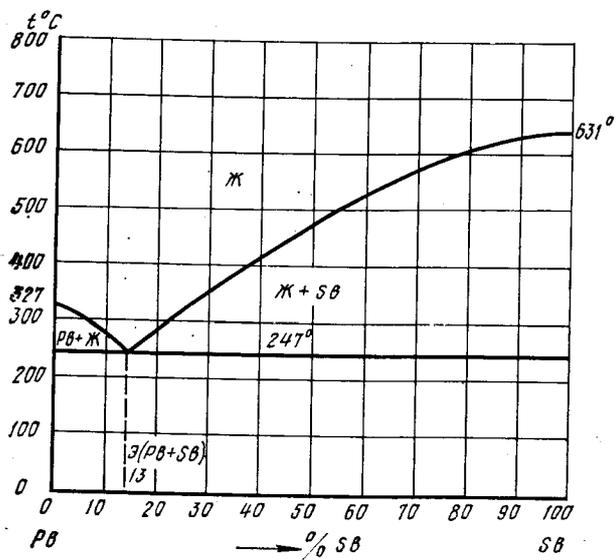


Рис. 6. Диаграмма состояния системы Pb—Sb

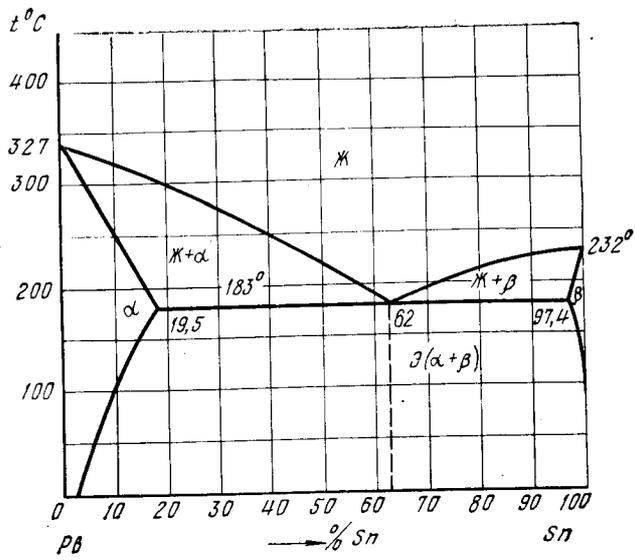


Рис. 7. Диаграмма состояния системы Pb—Sn

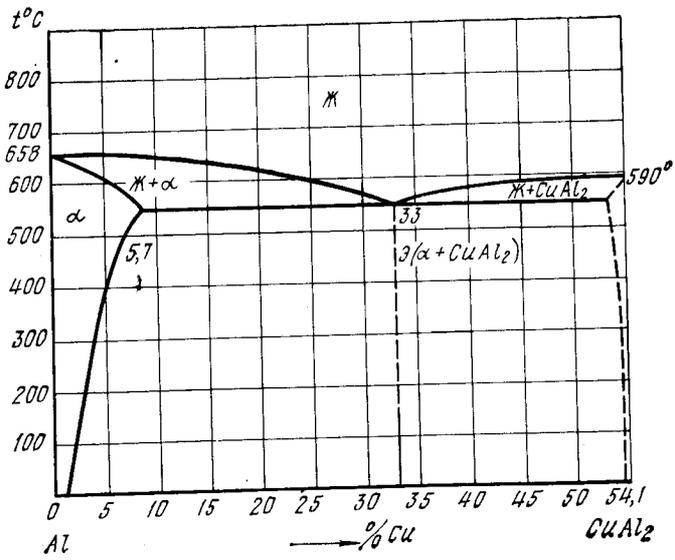


Рис. 8. Диаграмма состояния системы Al—Cu

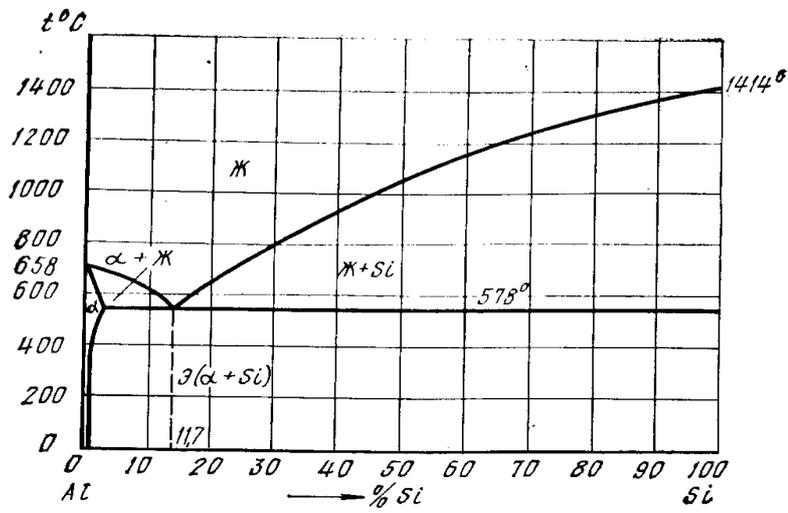


Рис. 9. Диаграмма состояния системы Al—Si

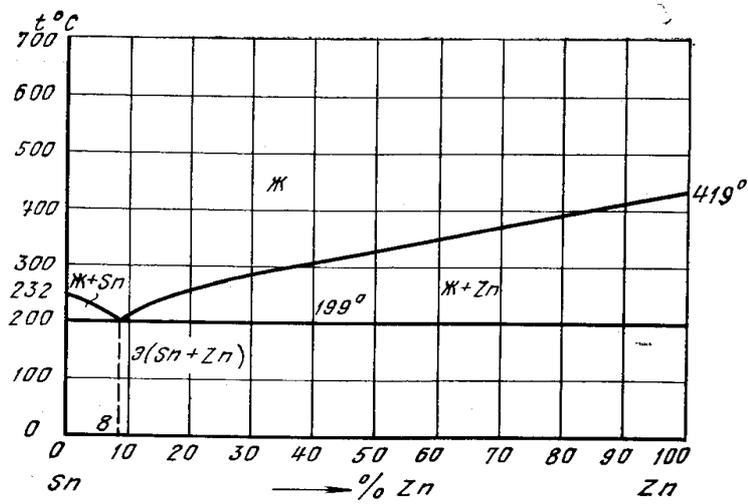


Рис. 10. Диаграмма состояния системы Sn—Zn

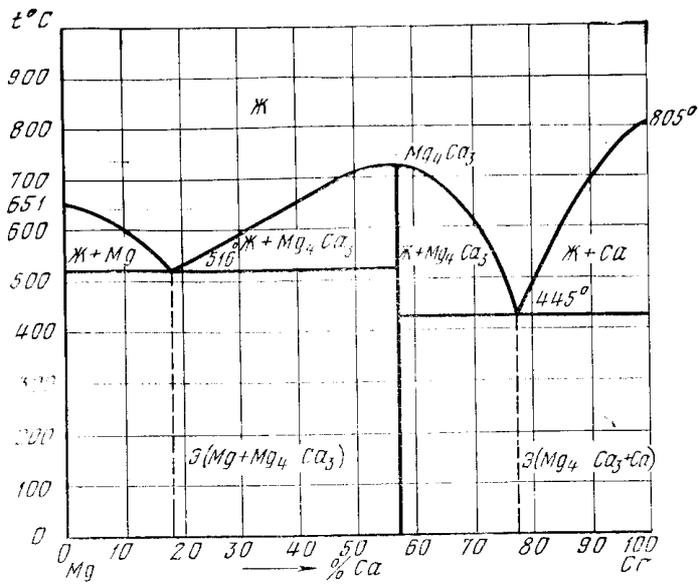


Рис. 11. Диаграмма состояния системы Mg—Ca

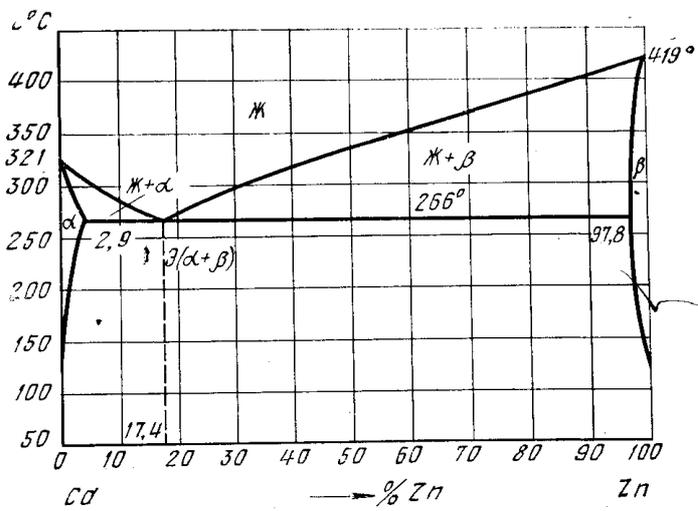


Рис. 12. Диаграмма состояния системы Cd—Zn

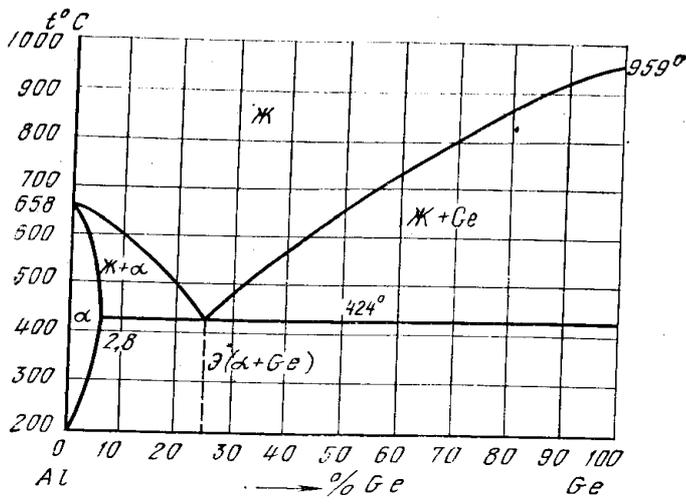


Рис. 13. Диаграмма состояния системы Al—Ge

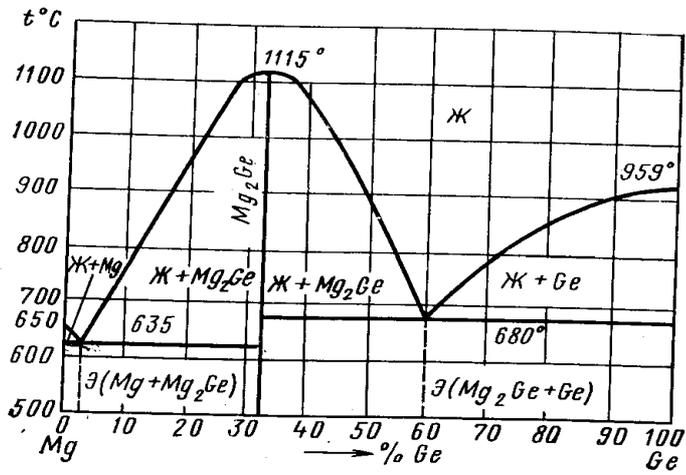


Рис. 14. Диаграмма состояния системы Mg—Ge

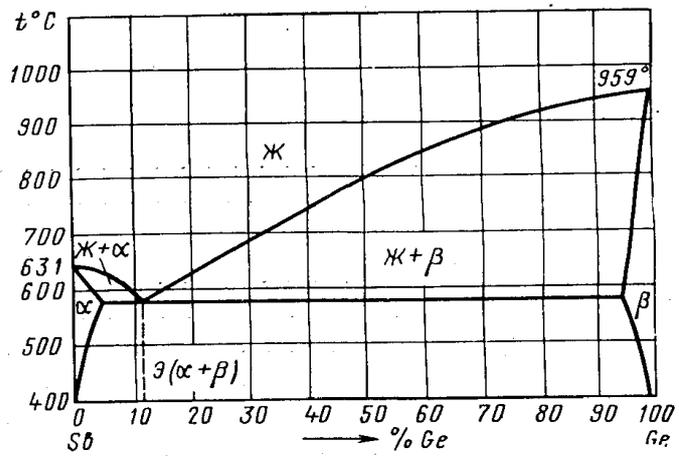


Рис. 15. Диаграмма состояния системы Sb—Ge

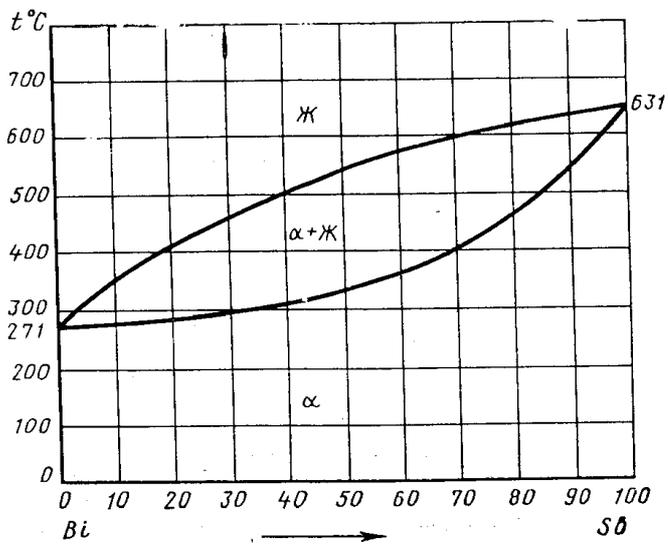


Рис. 16. Диаграмма состояния системы Bi—Sb

