

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Шибает П.Б., Сироткин О.С., Сироткин Р.О.**

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЯ  
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Программа, методические указания  
по изучению дисциплины**

**Для студентов заочной  
формы обучения направления подготовки 140100.62  
«Теплоэнергетика и теплотехника»  
квалификация – бакалавр**

**Казань 2012**

УДК 621.002.3

ББК 34.651

М34

М34        **Шибает П.Б., Сироткин О.С., Сироткин Р.О. и др.**  
**Материаловедение Технология конструкционных материалов:**  
Программа, методические указания и контрольные задания /  
П.Б. Шибает, О.С. Сироткин, Р.О. Сироткин и др. – Казань: Казан. гос  
энерг. ун-т, 2012. – 66 с.

Приведены общие рекомендации по работе над дисциплиной, программа,  
методические указания по изучению дисциплины «Материаловедение.  
Технология конструкционных материалов».

Методические указания предназначены для студентов-заочников  
направления подготовки специалистов 140100 Теплоэнергетика и теплотехника.

УДК 621.002.3

ББК 34.651

© Шибает П.Б., Сироткин О.С., Сироткин Р.О. и др., 2012

© Казанский государственный энергетический университет, 2012

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Главным объектом исследования, дисциплины «Материаловедение. ТКМ», является материал специфика структуры и свойств, которого определяет область его практического использования и затем способ или технологию его переработки в изделие или конструкцию, в нашем случае в виде соответствующей электро- или теплоэнергетической установки [1-4].

Под **материалом** *сегодня следует понимать вид вещества (прежде всего химического) или совокупность его нескольких видов (например, фаз) в виде одной материальной системы (материального тела), обладающего комплексом свойств, определяющих возможность его использования в качестве сырья, изделия или конструкции* [2-4,34].

Современное материаловедение как наука и учебная дисциплина должна отвечать, в первую очередь, на вопросы единства природы металлических и неметаллических материалов и их специфических различий в структуре и свойствах, изучаемых с целью конструирования и получения материалов с требуемым комплексом эксплуатационных свойств. Поэтому именно теоретические основы, отвечающие на эти вопросы, сегодня наиболее актуальны, так как создание материалов нового поколения (нано-, сверхпроводников и т.д.) и технологий их производства без знаний фундаментальных начал материаловедческой науки невозможно.

Основой для решения поставленной задачи является необходимость углубления знаний о специфике многоуровневой организации металлического и неметаллического материала (микро-, мезо- и макроструктура) и совокупном вкладе различных уровней в его конечные свойства. Необходимо понимать, что каждому из структурных уровней реального материала соответствует свой «элемент»: атомный остов (катион или анион) и обобществленные электроны, молекула (или макромолекула в полимерах) или фазы в виде макромолекулы или наночастицы, блоков, кристаллитов, ламелей, субзерен и аксиалитов, зерен, дендритов, сферолитов и т.д. При этом научная специфика материаловедения, раскрывается именно через изучение совокупного влияния состава и типа взаимодействий (связей) перечисленных выше элементов (химического, физического Вандервальсового дисперсионного, ориентационного или индукционного, водородного, механического и т.д.) на различных уровнях структуры (строения) материала на его свойства. Таким образом, **материаловедение сегодня можно определить как науку о влиянии состава и типа (природы) взаимодействий (химических, физических, механических и других связей) элементов, составляющих материал, на его структуру (строение) и свойства** [2-4,34].

## **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целью освоения дисциплины «Материаловедение и технология конструкционных материалов» является изучение физико-химических основ строения металлических, полимерных, композиционных и керамических материалов, применяемых в энергетике, номенклатуры и технологии конструкционных материалов, исследование новых металлических, неметаллических, композиционных и керамических материалов, намеченных к применению в энергетической промышленности, изучение назначения технических характеристик материалов, условий эксплуатации, нормативных положений, а также формирование знаний принципов технологии получения и применения конструкционных материалов, как компонентов оборудования. Связь параметров, характеризующих свойства материалов с характеристиками указанного оборудования.

Задачей изучения дисциплины является приобретение студентами практических навыков в области материаловедения, контроля качества материалов, технологии их обработки.

## **МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО**

Дисциплина «Материаловедение и технология конструкционных материалов» относится к базовой части общепрофессионального цикла (Б.3) основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника».

Дисциплина «Материаловедение и технология конструкционных материалов» базируется на знаниях студентами физики, химии, инженерной графики, высшей математики, технологии термической обработки и переработки, электротехнических металлов.

Знания, полученные по освоению дисциплины «Материаловедение и технология конструкционных материалов», необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы и изучении дисциплин «Механика», «Электротехника и электроника», «Техническая термодинамика» «Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии» и др.

В результате изучения этой дисциплины студент приобретает умение ориентироваться в многообразии материалов, пользоваться справочной и специальной литературой в области металлических, композиционных и керамических материалов, а в лаборатории – первичные навыки экспериментального определения основных характеристик материалов распространенными методами.

Будущий специалист на основе знаний о перспективных направлениях совершенствования материалов и способов их обработки должен уметь правильно оценить надежность, экономичность и экологическую целесообразность их выбора при разработке новой энергетической аппаратуры, предназначенной для различных условий эксплуатации.

### **КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В результате изучения дисциплины «Материаловедение и технология конструкционных материалов» формируются следующие компетенции или их составляющие:

- готовность к контролю организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля работы технологического оборудования и качества выпускаемой продукции (ПК-15);
- способность к проведению экспериментов по заданной методике и анализу результатов с привлечением соответствующего математического аппарата (ПК-18);
- готовность к проведению измерений и наблюдений, составлению описания проводимых исследований, подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций (ПК-19).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

1. Знать: номенклатуру технических материалов в теплоэнергетике, их структуру и основные свойства; атомно-кристаллическое строение металлов; фазово-структурный состав сплавов; типовые диаграммы состояния; свойства железа и сплавов на его основе; методы обработки металлов (деформация, резание, термическая обработка металлических материалов); новые металлические материалы; неметаллические материалы; композиционные и керамические материалы; физико-химические основы и особенности строения металлических, неметаллических, композиционных, керамических материалов (ПК-15, ПК-18, ПК-19).

2. Уметь: использовать оборудование лаборатории материалов для качественного (по микроструктуре) и количественного определения их свойств (твердость, ударная вязкость, жаропрочность, пластичность и т.д.); пользоваться справочными данными по характеристикам материалов и способам их обработки (ПК-15, ПК-18, ПК-19).

- на основе макроанализа, механических испытаний и микроанализа выявлять свойства материала деталей и определять их соответствие надлежащему качеству (ПК-15, ПК-18, ПК-19);

- на основе требований нормативной документации назначать параметры технологических процессов эксплуатации, термической обработки, сварки и пайки деталей установок энергоснабжения (ПК-15, ПК-18, ПК-19);

- на основе нормативных правил диагностики технического состояния оборудования выбирать и определять методы, средства и нормы разрушающего и неразрушающего контроля металлов, неметаллических, композиционных, керамических материалов.

3. Владеть: методами структурного анализа качества материалов, методиками лабораторного определения свойств материалов, а также навыками разработки и оформления технической документации на диагностику и ремонт энергетического оборудования.

## **ИННОВАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ СОВРЕМЕННОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ**

Различают новации и инновации в технологии изготовления продукта или в преподавании учебных дисциплин. Инновационные аспекты изложения материаловедения сегодня приобретают крайне важное методологическое и прикладное значение [2-16], так как позволяют получить результат наиболее приближенный к практике или совокупности современных знаний, наиболее точно и кратко, в концентрированном виде раскрывающих специфику изучаемой дисциплины и ее отличия от других наук. При этом только базисные инновации позволяют создать качественно новую методологию изложения предмета изучения, так как в их основе лежат новые фундаментальные научные достижения, позволяющие получить продукт (материал, изделие, методику преподавания, учебник и т.д.) следующего поколения.

При этом предмет материаловедения и логика системного изложения содержания этой дисциплины наиболее полно и точно раскрывается в виде следующей (см. рис. 1.) инновационной схемы. При изложении данной дисциплины кафедры МВТМ КГЭУ [2-16,34] делает упор четыре основных базисных инновации, опирающиеся на новые фундаментальные достижения современного материаловедения и определяющих создание качественно нового системного знания:

– единую для металлов и неметаллов систему универсальных базовых понятий (рис. 1), включая элементы системной классификации материалов по

различным признакам;

– единую классификацию основных уровней структуры металлов и неметаллов (рис. 2.);

– единую универсальную модель химического взаимодействия элементов тонкой электронно-ядерной структуры металлических, полимерных, керамических и др. материалов (рис. 3.), определяющих их базовое единство и разницу в структуре и свойствах, в зависимости от характера локализации – делокализации обобществленных электронов (определяемого через степени ковалентности, металличности и ионности соответствующих гомо- и гетероядерных связей элементов их тонкой структуры);

– Систему химических связей и соединений (СХСС), базовых гомо- и гетероядерных веществ, металлической и неметаллической природы (рис. 4.) в виде «химического треугольника» – (ХТ), включая разворот левой стороны ХТ СХСС в виде Периодической системы гомоядерных связей элементов (атомных остовов) в «чистых» металлах, неметаллах и переходных между ними промежуточных (например полупроводниковых) или полиморфных форм (рис. 5.) материалов на их основе.

Базисные инновации современного материаловедения, как единой науки о металлических и неметаллических материалах:

1. Система базовых (основных и производных) понятий; 2. Унифицированная классификация основных уровней структуры; 3. Единая универсальная модель тонкой химической структуры; 4. Система химических связей и соединений (СХСС), объединяющая «чистые» металлы и неметаллы и раскрывающая общий характер влияния исходной тонкой химической микроструктуры на последующие уровни их структурной организации и специфику их свойств, включая оценку индивидуального вклада различных уровней в характеристику конкретного свойства



Рис. 1. Инновационная схема современного материаловедения (Сироткин О.С. 2007г) [13,34].

Уровни структуры и их размерный интервал		Структурные элементы в металлах	Структурные элементы в полимерах
<b>1. Микроструктура:</b>			
т о н к а я	<i>1а) электронно-ядерная;</i> ~1 – 5 Å ( $1\cdot 10^{-10}$ м)	Атомные остовы и обобществленные электроны, которые осуществляют химическую связь (преимущественно металлическую в металлах и преимущественно ковалентную в полимерах); точечные дефекты: вакансии и т.д. (0,0001-0,0005 мкм)	
	<i>1б) молекулярная;</i> ~5 – 10 Å ( $0,5\cdot 10^{-9}$ м)	<i>Молекулы в металлах отсутствуют,</i> поэтому структурными элементами данного уровня в них могут быть дефекты соответствующих размеров (0,0005-0,001 мкм)	Фрагменты макромолекул (атомные группировки) и единичные межзвенные (ван-дер-ваальсовы (ВДВ) и водородные) связи и низкомолекулярные вещества
	<i>1в) наноструктура;</i> ~10 – 10 000 Å ( $10^{-9}$ - $10^{-6}$ м)	Наночастицы (0,001-0,1 мкм) и поверхности раздела; Фрагменты, блоки, полигоны (0,1-1 мкм) и область когерентного рассеивания (0,001-0,01 мкм); Линейные дефекты: дислокации и дисклинации (0,1-1 мкм)	Макро(олиго-)молекулы, внутри- и межмолекулярное ВДВ и водородное взаимодействие; Надмолекулярные соединения: наночастицы и поверхности раздела; кристаллиты, ламели и границы раздела; линейные дефекты
<b>2. Мезоструктура</b> ~ $10^4$ - $10^7$ Å ( $10^{-6}$ - $10^{-3}$ м)		Субзерна (1-100 мкм) и субграницы; Зерна (100-1000 мкм) и границы между ними; Поверхностные дефекты (дислокационные ансамбли)	НМС: небольшие аксиалиты, эдриты и сферолиты диаметром до нескольких десятков мкм; Поверхностные и небольшие объемные дефекты (поры и т.д.)
<b>3. Макроструктура</b> ~ $10^7$ - $10^9$ Å ( $10^{-3}$ - $10^{-1}$ м)		Структуры, образованные зернами (волокна, дендриты и т.д.) и поверхность раздела; Крупные объемные дефекты (усадочные раковины, поры, трещины и т.д.)	НМС: крупные надмолекулярные образования в виде крупных аксиалитов, эдритов и сферолитов (от нескольких десятков мкм и выше); Объемные дефекты (трещины и т.д.)

*Примечание:* Если в полимерах, на основе линейных макромолекул, наличие наноструктурных элементов является практически естественным (размеры индивидуальных макромолекул реально соответствуют размерам коллоидно-дисперсных систем: 40-80нм), то в металлах появление наночастиц обычно определяется нанотехнологией

**Рис. 2. Классификация основных уровней структурной организации металлических и полимерных материалов (Сироткин О.С., Сироткин Р.О. 2006г.) [2-6,15,34].**

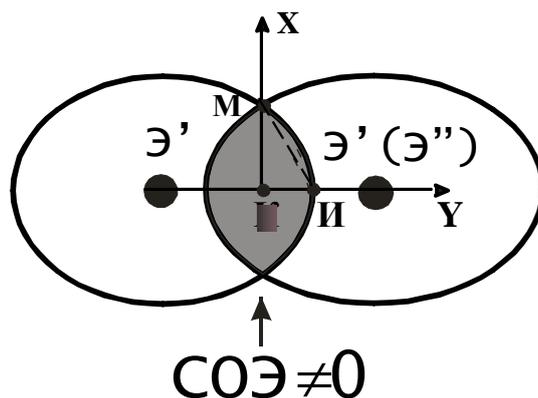


Рис. 3. Плоскостное изображение единой модели химической связи элементов тонкой структуры металлов и неметаллов [2-5,34], как совокупности ковалентной – К (точка К), металлической – М (вдоль оси металло-ковалентности  $X$ ) и ионной – И (вдоль оси ионно-ковалентности  $Y$ ) составляющих (компонент) реального взаимодействия атомных остовов (ядер) в гомо- ( $\text{Э}'\text{-Э}'$ ) и гетероядерных ( $\text{Э}'\text{-Э}''$ ) в тонкой микроуровне их структурной организации (см. рис. 2)

В рамках единой универсальной модели, степень обобществленных электронов ( $\text{COЭ}$ ) в результате наложения всех трех компонент химической связи друг на друга и характер локализации–делокализации  $\text{OЭ}$  в межъядерном пространстве химического соединения можно описать в общем виде уравнением суммарной волновой функции

$$\psi_{\text{OЭ}} = c_1\psi_{\text{ков}} + c_2\psi_{\text{мет}} + c_3\psi_{\text{ион}}, \quad (1)$$

где  $c_1$ ,  $c_2$  и  $c_3$  - коэффициенты, определяющие долю составляющих связи, которые в сумме равны единице или 100 %.

Эта модель и послужила фундаментальной основой создания Системы химических связей и соединений (СХСС) в виде «химического треугольника», объединяющей металлы и неметаллы (рис. 3) и раскрывающей общий характер влияния химической микроструктуры на последующие уровни их строения и специфику свойств, включая оценку индивидуального вклада различных уровней в характеристику конкретного эксплуатационного свойства [2-6].



1	2											13	14	15	16	17																							
Li <sub>М</sub> 23,42 76,57 Литий	Be <sub>М</sub> 39,69 60,31 Бериллий	<table border="1"> <tr> <td>Be<sub>М</sub></td> <td>1</td> <td>1 – обозначение элемента</td> </tr> <tr> <td>39,69</td> <td>2</td> <td>2 – степень ковалентности – Ск,</td> </tr> <tr> <td>60,31</td> <td>3</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>БЕРИЛИЙ</td> <td>4</td> <td>3 – степень металличности – См,</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>%</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>4 – название элемента</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>где м- металл</td> </tr> </table>										Be <sub>М</sub>	1	1 – обозначение элемента	39,69	2	2 – степень ковалентности – Ск,	60,31	3	%	БЕРИЛИЙ	4	3 – степень металличности – См,			%			4 – название элемента			где м- металл	[C] <sub>п</sub> 68,35 31,65 Углерод	где, п – степень полимеризации 1,2,3-мерность структуры	[B] <sub>п</sub> 51,03 48,97 Бор	[C] <sub>п</sub> 68,35 31,65 Углерод	N <sub>2</sub> 78,80 21,20 Азот	O <sub>2</sub> 89,40 10,60 Кислород	F <sub>2</sub> 100 0 Фтор
Be <sub>М</sub>	1	1 – обозначение элемента																																					
39,69	2	2 – степень ковалентности – Ск,																																					
60,31	3	%																																					
БЕРИЛИЙ	4	3 – степень металличности – См,																																					
		%																																					
		4 – название элемента																																					
		где м- металл																																					
Na <sub>М</sub> 22,51 77,48 Натрий	Mg <sub>М</sub> 33,26 66,74 Магний											Al <sub>М</sub> 44,52 55,48 Алюминий	[Si] <sub>п</sub> 50,27 49,73 Кремний	[P] <sub>п</sub> , P <sub>4</sub> 56,62 43,38 Фосфор	S <sub>8</sub> , [S] <sub>п</sub> 65,75 34,25 Сера	Cl <sub>2</sub> 73,79 26,21 Хлор																							
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																												
K <sub>М</sub> 20,67 79,33 Калий	Ca <sub>М</sub> 26,51 73,49 Кальций	Sc <sub>М</sub> 32,25 67,75 Скандий	Ti <sub>М</sub> 35,62 64,38 Титан	V <sub>М</sub> 41,16 58,84 Ванадий	Cr <sub>М</sub> 43,51 56,49 Хром	Mn <sub>М</sub> 43,84 56,16 Марганец	Fe <sub>М</sub> 44,02 55,98 Железо	Co <sub>М</sub> 46,67 53,33 Кобальт	Ni <sub>М</sub> 46,80 53,20 Никель	Cu <sub>М</sub> 49,33 50,67 Медь	Zn <sub>М</sub> 46,54 53,45 Цинк	Ga <sub>М</sub> 44,24 55,76 Галлий	Ge 49,46 50,54 Германий	As <sub>М</sub> [As] <sub>п</sub> 53,16 54,29 46,84 46,71 Мышьяк	[Se] <sub>п</sub> , Se <sub>8</sub> 65,29 34,79 Селен	Br <sub>2</sub> 71,06 28,94 Бром																							
Rb <sub>М</sub> 19,50 80,49 Рубидий	Sr <sub>М</sub> 24,31 75,69 Стронций	Y <sub>М</sub> 30,36 69,64 Итрий	Zr <sub>М</sub> 33,14 66,86 Цирконий	Nb <sub>М</sub> 36,43 63,57 Ниобий	Mo <sub>М</sub> 38,71 61,29 Молибден	Tc <sub>М</sub> 41,54 58,46 Технеций	Ru <sub>М</sub> 41,51 58,48 Рутений	Rh <sub>М</sub> 44,22 55,78 Родий	Pd <sub>М</sub> 38,65 61,35 Палладий	Ag <sub>М</sub> 39,11 60,89 Серебро	Cd <sub>М</sub> 42,12 57,88 Кадмий	In <sub>М</sub> 43,64 56,36 Индий	Sn <sub>М</sub> [Sn] <sub>п</sub> 45,62 47,67 54,38 52,33 Олово	Sb <sub>М</sub> [Sb] <sub>п</sub> 48,96 50,07 51,04 49,93 Сурьма	[Te] <sub>п</sub> 54,92 45,08 Телур	I <sub>2</sub> 59,24 40,76 Йод																							
Cs <sub>М</sub> 18,59 81,41 Цезий	Ba <sub>М</sub> 23,98 76,02 Барий	La <sub>М</sub> 30,15 69,85 Лантан	Hf <sub>М</sub> 32,71 67,29 Гафний	Ta <sub>М</sub> 35,64 64,36 Тантал	W <sub>М</sub> 38,48 61,52 Вольфрам	Re <sub>М</sub> 42,18 58,82 Рений	Os <sub>М</sub> 41,21 58,79 Осмий	Ir <sub>М</sub> 43,69 56,31 Иридий	Pt <sub>М</sub> 38,60 61,39 Платина	Au <sub>М</sub> 38,43 61,39 Золото	Hg <sub>М</sub> 41,13 58,84 Ртуть	Tl <sub>М</sub> 42,52 57,48 Таллий	Pb <sub>М</sub> 44,98 55,02 Свинец	Bi <sub>М</sub> 47,20 52,80 Висмут	Po <sub>М</sub> 49,38 50,62 Полоний	At <sub>2</sub> 55,69 44,31 Астат																							

**Рис. 5. Периодическая система гомоядерных химических связей элементов и основных типов исходных металлических и неметаллических соединений и материалов их основе (Левая сторона СХСС). © Сироткин О.С. и др. [2,7,8,10,34].**

Именно подобный подход и позволяет раскрыть особенности современного материаловедения как самостоятельной естественной науки и общепрофессиональной учебной дисциплины о единстве природы металлических и неметаллических материалов и их специфических отличиях в структуре и свойствах.

Изучение дисциплины в целом позволяет студентам приобрести знания о природе и свойствах материалов для наиболее эффективного их использования в технике. По изучаемым разделам дисциплины студенты должны выполнить одну контрольную работу, сдать зачет по лабораторным работам и лекционный зачет по теоретической части дисциплины. Лабораторные работы выполняются в лабораториях института во время экзаменационной сессии.

### **ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАБОТЕ НАД ДИСЦИПЛИНОЙ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ»**

Работа студента над дисциплиной «Материаловедение. Технология конструкционных материалов» складывается из следующих этапов:

- самостоятельное изучение разделов и тем дисциплиной по учебникам и учебным пособиям с последующей самопроверкой и выполнением задания по работе с диаграммой состояния железоуглеродистых сплавов;
- индивидуальные консультации (очные и письменные);
- выполнение лабораторных и практических работ;
- посещение лекций;
- сдача зачета по лабораторному практикуму;
- сдача лекционного зачета (дифференцированного) по всей дисциплине.

### **САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА**

Начинать изучение дисциплины необходимо с рассмотрения его содержания по программе, затем приступить к рассмотрению отдельных тем. Сначала знакомятся с вопросами данной темы, их последовательностью, а затем приступают к изучению содержания темы.

При первом чтении необходимо получить общее представление об излагаемых вопросах. При повторном чтении следует параллельно вести конспект, в который следует заносить все основные понятия, определения и закономерности рассматриваемой темы, математические зависимости, химические формулы и уравнения реакций, названия веществ и структурных

оставляющих, а также впервые встретившиеся термины и названия металлографических понятий с кратким пояснением их сущности.

По возможности следует систематизировать материал, представить его в виде графиков, схем, диаграмм, таблиц – это облегчает запоминание материала и позволяет легко восстановить его в памяти уже при повторном обращении. Не нужно стараться наполнить конспект отдельными фактами и цифрами, их всегда можно отыскать в соответствующих справочных материалах. Следует вникать в сущность того или иного вопроса – это способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

К изучению новой темы следует переходить только после полного изучения теоретических вопросов, выполнения самопроверки и решения задач (выполнения отдельных заданий) по предыдущей теме.

### **САМОПРОВЕРКА**

Закончив изучение темы, необходимо ответить на вопросы для самопроверки, которые нацеливают внимание на наиболее важные аспекты темы. При этом нужно стараться, как можно меньше пользоваться конспектом или учебником. Частое обращение к конспекту показывает недостаточное усвоение основных вопросов темы. При самопроверке необходимо вносить коррективы в конспект, который впоследствии поможет при повторении материала в период подготовки к зачетам.

### **ВЫПОЛНЕНИЕ УПРАЖНЕНИЙ И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ**

Для более прочного усвоения теоретического материала после самопроверки (ответов на вопросы) необходимо выполнить индивидуальное контрольное задание (упражнения) и решить задачу по анализу равновесной микроструктуры железоуглеродистых сплавов. Для этого по всем основным темам приводится литература, указываются главы и разделы учебника, в которых приведены методика выполнения задания и решения отдельных типовых задач.

### **КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ**

В процессе изучения дисциплины «Материаловедение. Технология конструкционных материалов» студент должен выполнить контрольную работу, которая включает 5 вопросов. Контрольную работу необходимо выполнять после изучения соответствующей темы курса. Неудача при сдаче

контрольной работы показывает, что какая-либо тема не проработана или не решено достаточное количество задач по этой теме. Нужно вернуться к рассмотрению основных положений этой темы, еще раз внимательно разобрать решение типовых задач и заданий, решить предложенные задачи и выполнить индивидуальные задания и упражнения.

Контрольная работа должна выполняться самостоятельно, поскольку она является формой методической помощи студентам при изучении дисциплины. Преподаватель-рецензент указывает студенту на недостатки в усвоении им материала дисциплины, что позволяет устранить эти недостатки к зачету.

## **КОНСУЛЬТАЦИИ**

При возникновении затруднений при изучении теоретической части дисциплины, ответов на вопросы для самопроверки или выполнении заданий и решении задач, следует обращаться за письменной или устной консультацией к преподавателю в институт. При этом необходимо точно указать вопрос, вызывающий затруднение, место в учебнике, где он разбирается.

## **ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ**

Для более глубокого изучения дисциплины «Материаловедение. Технология конструкционных материалов» как науки, основанной на эксперименте, необходимо выполнить лабораторную работу.

## **ЛЕКЦИИ**

В период установочной или лабораторно-экзаменационной сессии студентам читаются лекции обзорного характера, на которых проводится обзор наиболее важных тем и разделов дисциплины, а также рассматриваются вопросы, недостаточно полно или точно освещенные в учебной литературе или вызывающие затруднения в изучении у большого числа студентов.

## **ЗАЧЕТ**

Студенты сдают зачет после выполнения лабораторных и практических работ (кафедральный) и лекционный зачет на оценку (дифференцированный) по всей изучаемой дисциплине.

При сдаче кафедрального зачета студент предъявляет журнал с отчетами по всем выполненным лабораторным и практическим работам с пометкой преподавателя о выполнении работ, предусмотренных планом. Для сдачи зачета необходимо изложить ход лабораторной и практической работы, объяснить наблюдаемые явления, уметь составить документ с результатами эксперимента, обработать полученные результаты и сделать вывод из проделанных опытов.

### ЭКЗАМЕН

(или лекционный зачет)

К сдаче дифференцированного зачета по дисциплине «Материаловедение. Технология конструкционных материалов» допускаются студенты, имеющие одну зачетную контрольную и зачет по лабораторному практикуму.

### ПРОГРАММА

#### ДИСЦИПЛИНЫ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ» ЦИКЛА БЗ.Б.2 УЧЕБНЫХ ПЛАНОВ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ 140100 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Общая трудоемкость дисциплин составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

### 1. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Вид учебной работе	Всего часов	из них, проводимых в интерактивной форме	семестры			
			3			
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	180		180			
<b>АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ:</b>	18	18	18			
Лекции (Лк)	8	8	8			
Практические (семинарские) занятия (ПЗ)	6	6	6			
Лабораторные работы (ЛР)	4	4	4			
и(или) другие виды аудиторных занятий						

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА:	161		161			
Курсовой проект (работа)						
Расчетно-графические работы	1		1			
Реферат						
и (или) другие виды самостоятельной работы	161		161			
ВИД ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ (З – зачет, Э – экзамен)			3			

## 2. САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ

### Содержание разделов дисциплины

Части разделов дисциплины, выделенные курсивом, подлежат переаттестации для студентов, имеющих среднее техническое образование. Переаттестация производится преподавателем во время установочной сессии.

### Раздел I. ВВЕДЕНИЕ В ОСНОВЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ И СТРОЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

**Введение.** Характеристика объекта и предмета материаловедения, проблемы и перспективы развития.

*Общетеоретические основы материаловедения*, раскрывающие единство природы и различие в структуре и свойствах металлических и неметаллических материалов, применяемых в тепло- и электроэнергетике и формирующие специфику ее предмета. Материя, поле, вещество и материал. Система базовых (основных и производных) понятий дисциплины (рис. 1.), их формулировки, включая определения материала и материаловедения, включая элементы системной классификации материалов по различным признакам.

Строение и общая характеристика основных уровней структурной организации (рис. 2.) в металлах и неметаллах (определяющие появление молекулы, фаз, кристаллической или аморфной структуры и соответствующих физико-химических и механических свойств и т.д.). Единая модель химической связи элементов тонкого электронно-ядерного уровня микроструктуры материала (рис. 3.), ее характеристики и влияние на специфические свойства металлов и неметаллов. Межмолекулярное взаимодействие. Система химических связей и соединений (СХСС), базовых гомо- и гетероядерных металлических и неметаллических веществ (рис. 4.) в виде «Химического треугольника – «ХТ» и ее практическое использование для оценки и конструирования структуры и свойств металлических и неметаллических материалов, включая оценку агрегатного состояния,

склонности к кристаллизации или образованию аморфных структур, к проявлению электропроводящих, полупроводниковых или диэлектрических свойств, оценки ряда механических и других эксплуатационных характеристик. Общая характеристика влияния состава и типа взаимодействия элементов на структуру и свойства металлических, полимерных и керамических материалов.

Общие требования, предъявляемые к материалам. Классификация материалов. Кристаллическое строение металлов (типы кристаллических решеток, анизотропия свойств кристаллов, полиморфизм). Строение реальных кристаллов (дефекты кристаллических решеток). Основные положения процесса кристаллизации металлов и сплавов и ее влияние на их свойства.

## **Раздел 2. ДЕФОРМАЦИЯ МЕТАЛЛОВ. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ, МЕТОДЫ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

Деформация металлов (виды деформации, несовершенства решетки и прочность металлов, сверхпластичность, деформационное упрочнение и рекристаллизация металлов при нагреве). Механические свойства металлов и сплавов (прочность, упругость, твердость, вязкость, пластичность и др.) и методы их определения.

## **Раздел 3. ОСНОВЫ ТЕОРИИ СПЛАВОВ И ДИАГРАММЫ ИХ СОСТОЯНИЯ**

Теория сплавов (основы теории, механические смеси, химические соединения и твердые растворы). Диаграммы состояния (правило фаз, правило отрезков или рычага, общие замечания об их построении, экспериментальное построение, диаграммы I, II и III родов и др., правило Н.С. Курнакова).

## **Раздел 4. ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫЕ СПЛАВЫ**

Железоуглеродистые сплавы (компоненты и фазы в сплавах железа с углеродом: в чугунах и сталях, диаграммы состояния сплавов железо–цементит и железо–графит). Принципы классификации и маркировки сталей. Конструкционные и инструментальные углеродистые и легированные стали, их состав и свойства.

## **Раздел 5. ОСНОВЫ ТЕОРИИ И ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛЕЙ**

Термическая обработка металлических материалов. Влияние температуры на структуру и свойства металлов, превращения в сталях при нагреве (перлитные, мартенситные, аустенитные и др.)

## **Раздел 6. КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ И ЗАЩИТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ОТ НЕЕ. СВАРКА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ**

Основы теории коррозии, виды коррозии металлов, борьба и защита электрооборудования от нее. Физико-химическая сущность процессов сварки, классификация ее видов и способов.

## **Раздел 7. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ (АЛЮМИНИЙ, МЕДЬ) И ИХ СПЛАВЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ**

Металлические материалы. Структура, свойства и применение алюминия, меди и др. цветных металлов в электроэнергетике, сплавы на их основе. Новые металлические материалы.

## **Раздел 8. КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Композиционные материалы (КМ), классификация, критерии конструирования КМ. Общая характеристика полимерных материалов и их сварки. Дисперсно-упрочненные и волокнистые КМ. Материалы армирующих компонентов и матриц. Композиты на основе металлов и полимеров. Области применения композитов.

## **Раздел 9. КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ**

Керамические материалы (керамика, огнеупоры) – сырьевые материалы, основные свойства, способы получения, классификация. Примеры огнеупорных материалов, их свойства, способы получения и области применения.

## **Раздел 10. КЕРАМИЧЕСКИЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Варианты структур керамические композиционные материалы (ККМ). Примеры ККМ в энергетике, свойства, способы получения, области

применения. Взаимосвязь структуры и прочности ККМ. Межфазные взаимодействия в ККМ. Влияние технологии синтеза на структуру ККМ.

### **3. СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИЙ**

**Лекция 1.** Обзорная лекция по разделам: «Строение материалов», «Деформация металлов. Физико-механические свойства металлов, методы их определения», «Основы теории сплавов и диаграммы их состояния» (2 часа).

**Лекция 2.** «Железоуглеродистые сплавы», «Основы теории термической и химико-термической обработки сталей» (2 часа).

**Лекция 3.** Обзорная лекция по разделам: «Коррозия металлов и защита электрооборудования от нее. Сварка металлов и сплавов», «Металлические материалы. Цветные металлы (алюминий, медь) и их сплавы в энергетике» (2 часа).

**Лекция 4.** «Композиционные материалы», «Керамические материалы», «Керамические композиционные материалы» (2 часа).

### **4. СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ**

**Лабораторная работа.** Кристаллизация металлов и солей (4 часа).

### **5. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

**Практическая работа 1.** Типы кристаллических структур. (2 часа).

**Практическая работа 2.** Диаграммы состояния железо-цементит. (2 часа).

**Практическая работа 3.** Классификация и маркировка металлов и сплавов. (2 часа).

### **6. ЛИТЕРАТУРА**

#### **а) основная литература:**

6.1. Сироткин О. С., Сироткин Р.О. Основы теоретического материаловедения (Инновационный аспект единства природы и различий структуры и свойств металлов и неметаллов): учебное пособие / Сироткин О. С., Сироткин Р.О.. – Казань: КГЭУ, 2010. – 300 с.

6.2. Сироткин О.С. Основы инновационного материаловедения, М: Инфра-М, 2011. – 158 с.

6.3. . Материаловедение: Учебник для вузов – 11-е изд., стереотип. / Арзамасов Б.Н., Мухин Г.Г., Макарова В.И., Рыжов Н.М. – М.: МГТУ им. Баумана, 2011. – 648 с.

6.4. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учеб. Пособие / под ред. В.С. Чередниченко. – 7-е изд., стер. – М.: Омега-Л, 2012. – 752 с.

**б) дополнительная литература:**

6.5. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: лабораторный практикум О.С. Сироткин, П.Б. Шибяев, А.Е. Бунтин – Казань: КГЭУ, 2011. – 203 с.

6.6. Сироткин О.С. Теоретические основы общего материаловедения, Казань: КГЭУ, 2007. – 348 с.

6.7. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: метод. указания к практическим занятиям / О.С. Сироткин [и др.]. – Казань: КГЭУ, 2012. - 64 с.

7.1.4

6.8. Сироткин О.С. Введение в материаловедение (начала общего материаловедения). – Казань: КГЭУ. Изд-е 2-е доп-е – 2004. – 212 с.

6.9. Сироткин Р.О., Сироткин О.С. Структура металлических и неметаллических материалов Казань: КГЭУ, 2006. – 92 с.

6.10. Сироткин О.С. Начало единой химии. Казань: Изд. АН РТ «Фен», 2003. – 252 с.

6.11. Сироткин Р.О. Электронно-ядерная, молекулярная и надмолекулярная структура полимерных материалов и их физико-механические свойства («состав – тип связи – структура – свойства» в полимерах и металлах). Казань: КГЭУ, 2007. – 220 с.

6.12. Иванова С.Н. Специфика гомоядерных связей элементов тонкой структуры материалов и ее влияние на некоторые свойства металлов. Автореферат на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 05.02.01 – Материаловедение (машиностроение). – Казань, 2006 г.

6.13. Шибяев П.Б. Особенности взаимодействия элементов тонкой структуры полимерных материалов и их физико-механические свойства. Автореферат на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 05.02.01 – Материаловедение (машиностроение). – Казань, 2006 г.

6.14. Материаловедение: Учебник / С.В. Ржевская. – М.: ЛОГОС, 2004. – 424 с.

6.15. Колесов С.Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов: Учеб. для вузов. – М: Высшая школа, 2004. – 519 с.

6.16. Уваров В.И., Гаделшин К.Г., Герасимов В.В., и др. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Лабораторный практикум. / Под. ред. О.С. Сироткина. Казань: КГЭУ, 2004. – 95 с.

6.17. Сироткин О.С. Введение в материаловедение (начала общего материаловедения). – Казань: КГЭУ, 2002. – 184 с.

6.18. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. – М.: Машиностроение, 1980. – 493 с.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ»**

### **Раздел I. ВВЕДЕНИЕ В ОСНОВЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ И СТРОЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ.**

Литература: [1], гл. 1; [2]–[16], [17] гл. 1; [18], гл.1.

При работе над этим разделом студенты должны понять, что материаловедение – это наука, устанавливающая взаимосвязь между составом, типом связи, строением и свойствами материалов; иметь представление о взаимодействии структурных частиц вещества и видах структур. Необходимо знать основные понятия материаловедения, особенности многоуровневой структурной организации металлов и полимеров, единую модель химической связи и систему (СХСС), объединяющую различные виды материалов. Необходимо изучить кинетику процесса кристаллизации, обратив особое внимание на процессы зарождения и роста кристаллов и возможность влияния на кристаллическое строение материалов; изучить историю развития материалов энергомашиностроения.

### **Раздел 2. ДЕФОРМАЦИЯ МЕТАЛЛОВ. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ, МЕТОДЫ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

Литература: [1], гл. 2, 5; [17], гл. 2, [18], гл. 2; [28], гл. 5, 6.

**Виды деформации.** Механические свойства определяют поведение металла в конструкции. Поскольку условия работы конструкции могут быть различными, то и механические свойства определяются в разных условиях испытания. При выборе материала важно понять, какова сущность той или иной механической характеристики металла. При этом особое внимание следует

обратить на значение возникающих предельных нормальных и касательных напряжений при различных способах нагружения, которые могут привести к различному характеру разрушения (хрупкому и вязкому). Зная сущность процесса разрушения, студент должен указать пути повышения прочности, как металлов, так и конструкций.

При изучении этого раздела следует обратить внимание на отличие упругой и пластической деформаций, установить влияние пластической деформации на структуру и свойства металлов, оценить влияние нагрева на структуру и свойства металлов, оценить влияние нагрева на структуру и свойства наклепанных металлов. Иметь четкое представление о том, что такое холодная и горячая обработка металлов, как она осуществляется и влияет на структуру и свойства металлов. Необходимо обратить внимание на способы управления процессом структурообразования при нагреве и установить влияние размеров зерна на свойства деформированного материала.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ**

1. Что такое твердость металлов, как она определяется?
2. Дать характеристики статической прочности металлов. Каковы методы их определения?
3. Чем обуславливается реальная прочность металлов?
4. Для каких металлов существует связь между пределом прочности и значением твердости металла?
5. Каков механизм образования трещин при хрупком разрушении?
6. Каковы пути повышения сопротивления металла хрупкому разрушению.
7. При каких условиях и на каких металлах проявляется ползучесть?
8. Что такое статическая, ударная и циклическая прочность металлов?
9. Что такое упругая и пластическая деформация?
10. Из каких деформаций в общем случае складывается удлинение образца, определяемое при испытаниях на растяжение?
11. Какие напряжения влияют на упругую и пластическую деформации?
12. Какова сущность процесса деформации?
13. Что такое наклеп металла и при каких условиях он получается?
14. Как влияет текстура на свойства металла?
15. Что такое возврат и рекристаллизация?
16. Какие процессы происходят при возврате металла?
17. При каком процессе происходит восстановление свойств наклепанного металла?
18. От чего зависит размер зерна рекристаллизованного металла?

19. Каково влияние холодной и горячей обработки давлением на свойства металла?

### **Раздел 3. ОСНОВЫ ТЕОРИИ СПЛАВОВ И ДИАГРАММЫ ИХ СОСТОЯНИЯ**

Литература. [1], гл. 4; [17], гл. 2, [18], гл. 3; [28], гл. 4.

При изучении данного раздела студенты знакомятся с понятиями «компонент», «фаза», «сплав», «система», а также основными типами диаграмм состояния и их изображением на плоскости. При изучении диаграмм состояния необходимо научиться свободно применять к ним правило фаз и отрезков, воспроизводить схемы кривых охлаждения и фазовых состояний. При разборе диаграмм состояния сплавов следует помнить, что законы перекристаллизации те же, что и при кристаллизации жидкой фазы.

#### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ**

1. Дать определение понятия «фаза» в физико-химических системах.
2. Какие основные фазы могут находиться в сплавах?
3. В какие взаимодействия могут вступать компоненты в сплавах?
4. Что положено в основу построения диаграмм равновесия двойных систем?
5. Какие типы твердых растворов вы знаете?
6. Записать математическое выражение правила фаз.
7. Способы борьбы с ликвацией.
8. Как определить состав сплава по диаграмме состояния?

### **Раздел 4. ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫЕ СПЛАВЫ**

Литература: [1], гл. 9, 10, 15; [17], гл. 2, [18], гл. 4, 7; [28], гл. 7, 12, 13, 14.

Данный раздел важен для понимания природы железоуглеродистых сплавов (железа, стали, чугуна), которые имеют большое народнохозяйственное значение. Студенты должны ясно представлять процесс кристаллизации этих сплавов, природу аллотропических превращений и связанных с ними изменений свойств сплавов.

Изучать диаграмму железо-углерод следует по частям. Сначала нужно взять верхний железный угол, где образуются дельта-раствор и гамма-раствор (аустенит), и тщательно проработать процесс образования этих растворов при различном содержании углерода и разных температурах.

Затем следует подробно проработать первичную кристаллизацию сплавов с содержанием углерода выше двух процентов (чугуны) и перейти к изучению процесса вторичной кристаллизации сплавов. Здесь нужно уяснить процесс перекристаллизации аустенита для сплавов с различным содержанием углерода при понижении температуры.

Необходимо знать структурные составляющие сталей и чугунов (феррит, перлит, аустенит, цементит, ледебурит и др.), где они находятся на диаграмме состояния железо-углерод. Следует хорошо разбираться в классификации сталей и чугунов по назначению и химическому составу, в маркировке сплавов по ГОСТу в зависимости от содержания углерода, легирующих элементов и строения сплавов.

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Указать различие в свойствах железа различной полиморфной модификации.
2. Начертить наизусть диаграмму состояния сплавов железа с углеродом. Показать на диаграмме линии ликвидуса и солидуса, а также проставить буквенные обозначения и температуры.
3. Пользуясь диаграммой равновесия железо-углерод, указать, какое количество углерода может раствориться в железе-гамма и в железе-альфа.
4. По какой кривой изменяется состав аустенита после начала образования феррита?
5. Что такое аустенит, феррит, цементит, перлит, ледебурит? Где образуются первичный, вторичный и третичный цементиты?
6. Как изменяет легирующий элемент положение критических точек  $Ac_1$ , и  $Ac_3$  ?
7. Как получают стали аустенитного и перлитного классов?
8. Каков принцип маркировки легированных сталей?
9. Виды и назначение чугунов.
10. Способы получения высокопрочных чугунов и их отличие от ковких чугунов.
11. Чем отличаются стали марок У7, У7А, 12Х, Х12?
12. Какие стали называют специальными?
13. К какому классу по структуре принадлежит сталь, содержащая 1% углерода и 13% марганца?
14. Какая сталь называется быстрорежущей?
15. Начертите график процесса термической обработки резца из быстрорежущей стали и дайте обоснование каждой операции этого процесса.

16. Чем можно объяснить повышение твердости быстрорежущей стали после отпуска?
17. Что такое красностойкость, жаростойкость и жаропрочность?
18. Какие элементы повышают жаропрочность?
19. От чего зависит обрабатываемость стали?
20. Каковы особенности котельных сталей и полуфабрикатов из них.

## **Раздел 5. ОСНОВЫ ТЕОРИИ И ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛЕЙ**

Литература: [1], гл. 6, 7; [18], гл. 5; [19], гл. 11; [28], гл. 9, 10, 11.

Термическая обработка изменяет структуру и свойства сплава. Для изучения основ термической обработки студент должен хорошо знать диаграмму равновесия железо-углерод, определять влияние температуры нагрева в процессе термической обработки на свойства материала, разбираться в строении и свойствах структур, полученных в результате термической обработки (мартенсит, троостит, сорбит), знать условия их получения.

Необходимо четко представлять две большие группы термической обработки: предварительную термическую обработку, предназначенную для снятия внутренних напряжений, получения мелкозернистой стали, устранения ликвации, и окончательную термическую обработку, предназначенную для повышения прочности изделий. Для разбора данной темы студентам рекомендуется побывать в термических цехах, ознакомиться с оборудованием.

Цель химико-термической обработки - получение высокой поверхностной твердости, коррозионной устойчивости, жаропрочности. Основными факторами процесса являются температура и время. Студент должен изучить различные виды цементации в твердых, жидких и газообразных карбюризаторах, знать процесс азотирования, хромирования и др., марки стали, применяемые для цементации и азотирования, виды термообработки стальных изделий, подвергнутых диффузионному насыщению, методы получения карбидных и нитридных покрытий.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ**

1. Как строится диаграмма изотермического превращения аустенита?
2. Какая структура имеет большую плотность: аустенитная или мартенситная и почему?
3. Как влияет температура нагрева на структуру и свойства стали?
4. Что такое отпускная хрупкость?

5. В чем сущность процессов старения?
6. Параметры, характеризующие термическую обработку.
7. Как изменяются механические свойства стали после отжига, нормализации, заковки и отпуска?
8. Какие стали подвергаются заковке?
9. Какова основная цель проведения отпуска?
10. Для каких сталей отжиг можно заменить более дешевой обработкой - нормализацией?
11. Какие процессы происходят при химико-термической обработке стали?
12. Каким образом осуществляется цементация стали?
13. Чем вызывается необходимость последующей термической обработки после цементации?
14. Какие марки стали по содержанию углерода применяются для цементации?
15. Какие требования предъявляются к цементированному слою?
16. Опишите химизм и режим азотирования.
17. Какие марки стали применяются для азотирования?
18. С какой целью производят борирование?

## **Раздел 6. КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ И ЗАЩИТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ОТ НЕЕ. СВАРКА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ**

Литература: [1], гл. 13, 14; [18], гл. 8, 22–30; [20], [22].

Разрушение металлов и сплавов в результате химического или электрохимического воздействия внешней агрессивной среды называется коррозией. Интенсивность развития процесса зависит от свойств самого металла, а также от природы окружающей среды. Электрохимической коррозией называют процесс разрушения на границе раздела поверхностей контакта двух разнородных металлов в растворах электролитов, в том числе и воде. При химическом типе коррозия является следствием чисто химических реакций металла с окружающей средой. Необходимо иметь представления о методах борьбы с коррозией.

При изучении данного раздела студенты должны усвоить сущность процесса сварки; обратить особое внимание на основные широко распространенные способы сварки из всех классифицируемых способов сварки плавлением и давлением; изучить сущность процессов электродуговой сварки, газовой сварки и пайки металлов; выяснить преимущества и недостатки дуговой электросварки в защитных газах, контактной электросварки и выработать

принципы выбора наиболее прогрессивных и экономичных способов сварки при изготовлении и ремонте деталей теплоэнергоустановок; обратить внимание на напряжения, возникающие в конструкциях при сварке, и возможные деформации, изучить контроль качества сварки и требования техники безопасности при сварочных работах.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ**

1. Физико-химическая сущность процесса сварки.
2. Классификация способов сварки.
3. На какие виды подразделяется дуговая электросварка?
4. Каковы преимущества и недостатки сварки плавящимся и неплавящимся электродами?
5. Какие преимущества и недостатки у дуговой электросварки (ДЭС), газовой сварки (ГС) и пайки?
6. Для сварки каких материалов необходимо применять дуговую электросварку (ДЭС), а для каких газовую сварку (ГС)?
7. В чем достоинства дуговой электросварки в защитных средах; для каких материалов преимущественно необходимо применять этот процесс?
8. Изложите основные требования безопасности при процессах дуговой электросварки.
9. Назовите основные методы борьбы с коррозией металлов.

### **Раздел 7. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ (АЛЮМИНИЙ, МЕДЬ) И ИХ СПЛАВЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ**

Литература: [1], гл. 9, 10, 13, 14, 15; [17], гл. 2 [18], гл. 7, 8; [28], гл. 12, 13, 14.

При изучении данной темы необходимо обратить внимание на области применения сталей специального назначения, их состав и свойства. Студент должен изучить особенности термической обработки легированной стали, дефекты, возникающие в процессе ее термической обработки, меры борьбы с ними, а также области использования этих сталей с учетом экономии металлов и повышения качества продукции.

Для изучения важнейших сплавов меди (латуни, бронзы) и алюминия необходимо разобраться в диаграммах состояния этих сплавов, особенностях и режимах термической обработки цветных металлов. Студент должен знать, какие сплавы подвергаются пластической деформации, какие относятся к литейным и какова область применения тех и других.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие металлы называются цветными?
2. Как изменяются свойства латуни в зависимости от содержания цинка?
3. Какое влияние на химический состав латуни оказывает излишний нагрев ее при отжиге?
4. Какие имеются заменители оловянистой бронзы?
5. Какие алюминиевые и магниевые сплавы относятся к литейным и какие – к деформируемым?
6. Укажите химический состав дюралюминия.
7. Какой материал называется силумином и где он применяется?
8. В чем сущность модифицирования силумина?
9. Какой процесс термической обработки применяется при обработке дюралюминия?

## Раздел 8. КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Литература: [1], гл. 1, 13, 14; [17], гл. 1 [18], гл. 9, 10; [31], [33].

Любой композиционный материал можно представить как сочетание матрицы и наполнителя. Наполнителем могут служить включения специальных компонентов в виде волокон, порошков, стружки или частиц любой иной формы. Матрицей же могут быть металлы и сплавы, полимеры и керамические материалы. Общая характеристика полимерных материалов и их сварки. По структуре и геометрии армирования композиты на основе металлической матрицы могут быть представлены в виде волокнистых (МВКМ), дисперсно-упрочненных (ДКМ), псевдо- и эвтектических сплавов (ЭКМ), а в качестве материала основы наиболее широко применяют такие металлы, как Al, Mg, Ti, Ni, Co.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Как зависит прочность дисперсно-упрочненных композиционных материалов от содержания наполнителя?
2. Что такое борсик?
3. К каким материалам относится САП-1?
4. Что такое удельная прочность и удельная жесткость материала?
5. Какие материалы имеют наибольшую удельную прочность?
6. Почему плавление и сварка органических полимерных материалов

происходит при значительно более низких температурах, чем в металлах, и какие связи в структуре первых при этом рвутся?

## **Раздел 9. КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ**

Литература: [17], гл.4; [29]; [30]; [31]; [32].

Керамика – это многокомпонентный, гетерогенный материал, получаемый спеканием высокодисперсных минеральных частиц (глин, оксидов, карбидов, нитридов и др.). Конструкционную керамику получают методами порошковой металлургии. Структура технической керамики и ее свойства конструируются из составляющих ее элементов – носителей свойств. Керамические изделия выпускаются с зернистой и армированными (волоконная, слоистая) структурами. Для получения высокопрочной керамики используют ультратонкие полидисперсные порошки (диаметром несколько нм) из  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{ZrO}_2$ . Обычные керамические изделия применяются в качестве огнеупорных элементов металлургического оборудования или как футеровка реактивных двигателей и плазматронов. Для получения годной конструкционной керамики важно обеспечить низкую плотность, высокое сопротивление изгибу. Керамика – перспективный материал для изготовления деталей котельных установок, паровых и газовых турбин.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ**

1. Какие материалы относят к огнеупорным?
2. Приведите пример конструкционной керамики.
3. Какую керамику относят к функциональной?
4. Что такое торкрет?
5. Каковы достоинства керамических материалов?

## **Раздел 10. КЕРАМИЧЕСКИЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Литература: [17], гл.4; [29]; [30]; [31]; [32].

В отличие от композитов с металлической и полимерной матрицей, разупрочняющейся при воздействии высоких температур, керамические композиционные материалы (ККМ) могут стабильно работать даже при температурах, превышающих температуру плавления металлической матрицы.

Высокопрочные композиты на основе керамики получают путем армирования ее волокнистыми наполнителями, металлическими и керамическими дисперсными частицами. Керамические композиты являются перспективными жаропрочными материалами.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ**

1. В чем преимущества керамических композиционных материалов?
2. Какие способы получения ККМ вы знаете?
3. Каковы недостатки ККМ?
4. Как на практике устраняются недостатки ККМ?

### **ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

При выполнении контрольных работ необходимо придерживаться указанных ниже правил. Работы, выполненные без соблюдения этих правил, не засчитываются и возвращаются студенту для переработки.

1. Каждая контрольная работа должна быть выполнена в отдельной тетради в клетку чернилами любого цвета, кроме красного.

2. В заголовке работы на обложке тетради должны быть ясно написаны фамилия студента, его инициалы, учебный номер (шифр), номер контрольной работы, название дисциплины; здесь же следует указать название учебного заведения, дату отсылки работы в институт и адрес студента. В конце работы необходимо проставить дату ее выполнения и расписаться.

3. В работу должны быть включены все задания, указанные в контрольной работе по положенному варианту. Контрольные работы, содержащие не все задания, а также задания не своего варианта, не засчитываются.

4. Ответы на вопросы надо располагать в порядке номеров, указанных в заданиях, сохраняя номера вопросов.

5. Перед ответом на каждый вопрос надо полностью выписать формулировку вопроса.

6. Ответы следует излагать подробно и аккуратно, объясняя и мотивируя все действия по ходу изложения и делая необходимые чертежи.

7. После получения прорецензированной, но незачтенной работы студент должен исправить все отмеченные рецензентом ошибки и недочеты и выполнить все рекомендации рецензента.

Если рецензент предлагает внести в ответы те или иные исправления или дополнения и прислать их для повторной проверки, то это следует сделать в короткий срок.

В случае незачета работы и отсутствия прямого указания рецензента на то, что студент может ограничиться представлением исправленных ответов, вся работа должна быть выполнена заново.

Высылаемые исправления должны обязательно сопровождаться прорецензированной работой и рецензией на нее. Поэтому рекомендуется при выполнении контрольной работы оставлять в конце тетради несколько чистых листов для всех дополнений и исправлений в соответствии с указаниями рецензента. Вносить исправления в сам текст работы после ее рецензирования запрещается.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ**

**Каждый студент выполняет вариант задания, соответствующий последней цифре номера зачетной книжки.** В случае превышения числа студентов над количеством заданий номера последних последовательно повторяются.

Контрольная работа состоит из четырех вопросов, которые охватывают все основные разделы дисциплины. Первые вопросы всех вариантов составлены по двум темам: строение металлов и сплавов; пластическая деформация и влияние нагрева на структуру и свойства деформированного металла. Вторые вопросы задания однотипны и имеют цель проверить усвоение студентом очень важной для понимания дальнейшего материала учебной дисциплины диаграммы состояния «железо – цементит». Третьи вопросы – из раздела «Термическая обработка стали». Большинство из них имеют практический уклон и требуют для ответа основательной проработки этого раздела. Четвертые вопросы посвящены отдельным группам материалов (металлических, неметаллических, композиционных), которые находят применение в машиностроении.

Ответы на вопросы должны быть краткими, но четкими, по существу. Не допускается дословное воспроизведение текста из учебников. Работа выполняется в обычной тетради, рукописным или машинописным способами. На каждой странице слева должно быть поле шириной не менее 20 мм.

## ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

### ВАРИАНТ 1

1. Характерные свойства металлов. Чем они обусловлены?
2. Начертите упрощенную диаграмму состояния «железо – цементит» с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 0,01 % углерода. В произвольной точке этого сплава между линиями ликвидуса и солидуса определите содержание углерода в фазах и их количество.
3. Конструкционная углеродистая сталь после закалки и отпуска имеет твердость ниже заданной. Назовите возможные причины этого. Какой дополнительной термической обработкой можно устранить этот дефект?
4. Влияние углерода и постоянных примесей на свойства стали.
5. Характерные свойства полимерных материалов как функция их структурной организации.

### ВАРИАНТ 2

1. Сущность металлического, ионного и ковалентного типов связи.
2. Начертите диаграмму состояния «железо – цементит» с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 0,8 % углерода. При температуре 727° С для этого сплава определите содержание углерода в фазах и их количество.
3. Металлорежущий инструмент (плашки) из стали У11А закалены: одна – с температуры 760 °С, другая – с 850 °С. Нанесите на диаграмму состояния «железо – цементит» выбранные температуры и объясните, какая из этих плашек будет иметь более высокие режущие свойства и почему.
4. Конструкционные среднеуглеродистые (улучшаемые) легированные стали: требования, химический состав, термическая обработка, основные группы (коротко).
5. Специфика структуры полимерных материалов и ее отличие от металлов.

### ВАРИАНТ 3

1. Что такое ударная вязкость? Методика ее определения.
2. Начертите диаграмму состояния «железо – цементит» с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 0,015 % углерода. В произвольной точке этого сплава, между

линиями ликвидус и солидус, определите содержание углерода в фазах и их количество.

3. Факторы, определяющие размер аустенитного зерна. Влияние величины зерна на свойства стали.

4. Шарикоподшипниковые стали и их термическая обработка.

5. Почему сварка и плавление металлов происходит при более высоких температурах, чем у органических полимеров (типа полиэтилена), и какие связи при этом рвутся?

#### ВАРИАНТ 4

1. Из листа свинца путем прокатки при комнатной температуре получена тонкая фольга. При этом оказалось, что твердость и прочность этой фольги такие же, как и у исходного листа. Почему?

2. Начертите диаграмму состояния «железо – цементит» с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 0,9 % углерода. В произвольной точке этого сплава, между линиями ликвидус и солидус, определите содержание углерода в фазах и их количество.

3. Что такое прокаливаемость стали? Какая из приведенных сталей: 18Х2Н4ВА, 40Х, 60 – имеет более высокую прокаливаемость и почему?

4. Механизм электрохимической коррозии. Хромистые коррозионно-стойкие стали.

5. Перечислите наиболее характеристические свойства металлов, полимеров и керамики, отличающие их друг от друга и определяющие их применение в энергетике и в промышленности в целом.

#### ВАРИАНТ 5

1. Сущность явления наклепа. Примеры его практического применения.

2. Начертите диаграмму состояния «железо – цементит» с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 3,4 % С. В произвольной точке этого сплава, между линиями ликвидус и солидус, определите содержание углерода в фазах и их количество.

3. Почему эвтектоидные и заэвтектоидные стали должны поставляться потребителям со структурой зернистого перлита? Как она может быть получена? Приведите конкретный режим термической обработки для получения такой структуры указанных сталей.

4. Хромоникелевые коррозионностойкие стали. Межкристаллитная коррозия и способы уменьшения склонности к ней сталей.

5. Чем структура металлов отличается от структуры полимерных и керамических материалов?

### ВАРИАНТ 6

1. Волочение медной проволоки проводят в несколько переходов. Часто на последних переходах проволока рвется. Почему? Как можно этого избежать?

2. Начертите диаграмму состояния «железо – цементит» с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры сплава, содержащего 1,3 % углерода при охлаждении его из жидкого состояния. Определите содержание углерода в фазах, а также их количество при температуре 800 °С.

3. Назначьте режим поверхностного упрочнения гильз цилиндров ДВС, изготовленных из стали 38Х2МЮА. Опишите технологию процессов обработки и превращения, происходящие при этом в стали.

4. Жаропрочность (определение; характеристики; основные факторы, влияющие на нее; пути повышения).

5. Дайте современные определения понятиям «материал», «структура» и «свойство». Продемонстрируйте их разновидности.

### ВАРИАНТ 7

1. Явление полиморфизма металлов (на примере железа) и его практическое значение.

2. Начертите диаграмму состояния «железо – цементит» с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 1,7 % углерода. В произвольной точке этого сплава, между линиями ликвидус и солидус, определите содержание углерода в фазах, а также их и их количество.

3. Что такое нормализация стали? Определите температуру нагрева при нормализации сталей 45 и У12, опишите происходящие при нагреве и охлаждении превращения, конечную структуру и свойства сталей.

4. Основные классы жаропрочных сталей и области их применения.

5. Какой структурный уровень является единым для металлов и неметаллов.

### ВАРИАНТ 8

1. Порог хладноломкости металлов и методика его определения.
2. Начертите диаграмму состояния «железо – цементит» с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 0,3 % углерода. При температуре 750 °С для этого сплава определите содержание углерода в фазах и их количество.
3. Начертите диаграмму изотермического превращения переохлажденного аустенита доэвтектоидной углеродистой стали. Нанесите на диаграмму кривые режимов непрерывной (обычной), ступенчатой и изотермической закалок. Каковы преимущества и недостатки каждого из этих видов закалки?
4. Методы получения и области применения керамических композиционных материалов.
5. Чем структура металлов отличается от структуры полимерных материалов?

### ВАРИАНТ 9

1. Виды разрушения металлов. Факторы, способствующие хрупкому разрушению.
2. Начертите диаграмму состояния «железо – цементит» с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 2,9 % углерода. При температуре 1200 °С для этого сплава определите содержание углерода в фазах и количественное соотношение между ними.
3. Детали из стали 45 закалены: одна – с температуры 750 °С, другая – с 830 °С. Нанесите выбранные температуры на диаграмму состояния «железо – цементит» и объясните, какая из этих деталей будет иметь более высокую твердость и почему.
4. Состав, свойства и применение композиционных материалов.
5. Перечислите основные структурные уровни строения материалов.

### ВАРИАНТ 10

1. Можно ли повысить твердость олова пластической деформацией при комнатной температуре? Ответ обосновать.
2. Начертите диаграмму состояния «железо – цементит» с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 0,5 % углерода. В произвольной точке этого сплава, между линиями ликвидус и солидус, определите содержание углерода в фазах и количественное соотношение между ними.

3. Поковки из стали 50 перед механической обработкой подвергнуты: одна – полному отжигу, другая – нормализации. У какой из них будет ниже твердость и почему?

4. Техническая керамика: основные компоненты, способ изготовления изделий. Керамика на основе чистых оксидов. Бескислородная керамика.

5. Перечислите основные и производные понятия материаловедения.

## **ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ И ИХ ФОРМУЛИРОВКИ [ 3 ]**

1. Материя – объективно существующая реальность, в иде различных форм и уровней организации объектов окружающего нас Мира, характеризуемая массой и энергией, а также другими производными характеристиками (дискретностью и непрерывностью, пространственной размерностью, временными, формами движения, типами связей элементов, образующих конкретную материальную форму, их структурой т.д.)

2. Поле – это форма существования материи, которая характеризуется, прежде всего, энергией, а не массой, хотя и обладает последней. В результате, важнейшим его свойством является континуальность, то есть непрерывность в пространстве.

3. Вещество – форма существования материи, которая характеризуется массой покоя и, следовательно, дискретностью (прерывностью в пространстве), то есть возможностью существования в виде индивидуальных частиц (тел) вещества.

4. Вещество химическое – вещественный уровень организации материи в виде химического (гомо- или гетероядерного) соединения атомов молекулярного и немолекулярного типа, построенный из не менее 2-х атомных ядер (атомных остовов), связанных обобществленными электронами (то есть химической связью). Специфика структуры различных химических веществ, в первую очередь, определяется спецификой преобладающего типа химической связи в них.

5. Вещество химическое молекулярное – химическое соединение дальтонидного (прерывного) типа, с ограниченным (конечным) числом ядер в их структуре, вследствие преобладания ковалентной компоненты химической связи между ними над ионной или металлической.

6. Молекула – гомо- или гетероядерное индивидуальное химическое соединение в виде электронейтральной частицы, ядра (атомные остовы) которого связаны типом химической связи с преобладанием ковалентной компоненты (степени ковалентности) над любой другой.

7. Макромолекула – индивидуальное химическое соединение ядер или атомных остовов химическими связями (обобщенными электронами) со степенью ковалентности порядка 50 % и более в количестве, достаточном для проявления комплекса физико-химических свойств (как для самого ВМС, так и для полимерной системы в целом), который остается практически неизменным при добавлении или удалении одного или нескольких составных звеньев.

8. Вещества неметаллические (неметаллы, неметаллические материалы) – это низко- (моно-), олиго- (средне-) и высоко- (макро-) молекулярные гомо- и гетероядерные химические соединения и материалы на их основе типа: кислорода, оксида водорода, масел, органических и неорганических полимерных материалов (совокупность индивидуальных олиго- и макромолекул, связанных межмолекулярным взаимодействием), керамических материалов (оксидных, карбидных, нитридных и т. д.).

9. Вещество химическое немолекулярное – химическое соединение бертоллидного (непрерывного) типа с неограниченным (бесконечным) числом ядер в их структуре, вследствие преобладания ионной или металлической компонент химической связи между ними над ковалентной.

10. Вещества металлические (металлы, металлические материалы) – немолекулярные гомо- и гетероядерные химические соединения и материалы на их основе с преобладанием в них металлической компоненты связи над ковалентностью (и ионностью) в виде кристаллических тел, характеризующиеся комплексом специфических свойств (высокая электро- и теплопроводность, положительный температурный коэффициент электрического сопротивления, непрозрачность и металлический блеск, способность к пластической деформации, ковкость).

11. Химическое соединение гомоядерное – химическое вещество, построенное из одинаковых ядер или атомных остовов (например, Н-Н).

12. Химическое соединение гетероядерное – химическое вещество, построенное из разных ядер или атомных остовов (например, Н-О-Н).

13. Атомный остов – ядро с частью электронной оболочки атома, не принимающей участия в образовании химической связи (необобществленные электроны в совокупности с ядром).

14. Вещество физическое – другие уровни организации вещественной материи (элементарное, атомное и т. д.), специфика структуры которых определяется физическими типами взаимодействий (ядерные силы – сильное взаимодействие, электромагнитное, гравитационное и слабые взаимодействия).

15. Вещество биологическое – биологический уровень организации вещественной материи (клетки и другие вещества биосферы и т. д.)

16. Материал – 1. В широком смысле: любая форма материи (поле и вещество) или уровень организации (вид) вещества, который может быть использован или используется природой и человеком для получения других его видов и форм в эволюционных процессах, с целью реализации конкретной практической задачи, необходимости в целом и т.д. 2. В более узком практическом смысле: вид вещества или материального тела, предназначенного для получения продукции в виде сырья, изделия или конструкции.

17. Материальное тело – ограниченная часть пространства, содержащая определенное вещество (совокупность веществ или материальных объектов в целом), включая её границу.

18. Продукция – конечный результат человеческой деятельности на данном конкретном этапе осуществления обучения, исследования, технологического процесса синтеза, технологической обработки или переработки материала и т. д.

19. Сырье – вид вещественной материи, предназначенный для дальнейшей переработки или использования в виде элемента соответствующего изделия или конструкции.

20. Изделие – материальный продукт или предмет человеческой деятельности (вещь или товар) с конкретной функциональной направленностью и областью использования.

21. Конструкция – состав и взаимное расположение частей–«элементов» (изделий) какого-либо построения, сооружения, механизма, а также само такое построение, сооружение, механизм или устройство.

22. Предмет – 1. Всякое материальное явление, вещь; 2. Наука или раздел науки, а также круг каких-либо знаний как особой учебной дисциплины.

23. Вещь – отдельный предмет, изделие.

24. Металлические материалы – вещества или материальные тела (обычно кристаллические) и системы на основе металлических соединений, находящиеся в твердом или жидком (расплав) конденсированном состоянии.

25. Полимерные материалы – аморфные или кристаллические вещества или материальные тела и системы на основе совокупности ковалентных олиго- и высокомолекулярных соединений, связанных между собой межмолекулярными ван-дер-ваальсовыми и (или) водородными связями, находящиеся в твердом или жидком (расплав или раствор) конденсированном состоянии.

26. Керамические материалы – поликристаллические тела (или композиционные системы, образуемые на основе кристаллической и аморфной фаз), получаемые спеканием (отверждением) неметаллических порошков природного (например, глинистых алюмосиликатов) или искусственного происхождения (оксиды, карбиды, нитриды и т.д.), находящиеся в твердом конденсированном состоянии.

27. Композиционный материал – 1. Гетерогенная система, состоящая из двух или большего числа фаз, имеющих различную физико-химическую природу, для которой характерно наличие развитых внутренних поверхностей раздела, градиентов концентраций и внутренних напряжений; 2. Системы, образованные объемным сочетанием двух или большего числа химически

разнородных компонентов с четкой границей между ними ;3. Композит – это материал с объемным сочетанием разнородных по форме и свойствам двух и более материалов (компонентов), с четкой границей раздела, характеризуемый преимуществами каждого из компонентов и проявляющий новые свойства, обусловленные граничными процессами.

28. Функциональный материал характеризуется наличием одного или нескольких специфических свойств (механических, физических, химических, биологических и т. д.), определяющих область его преимущественного практического применения.

29. Конструкционный материал – любой вид материала, предназначенный для изготовления изделия, деталей машин и приборов, а также конструкций в целом, подвергающихся механическим нагрузкам.

30. Технология (от греч. – искусство, мастерство...логос) – совокупность методов получения, обработки и переработки определенного материального продукта, изделия, сырья, материала и т. д.; наука, изучающая вышесказанное и оптимизирующая эти процессы.

31. Технологичность материала – способность к переработке в конечную деталь, изделие или конструкцию с минимальной трудоемкостью.

32. Состав – совокупность частей (предметов, вещей, веществ и т.д.) материальной системы, образующих единое целое.

В химических веществах их состав (гомоядерный и гетероядерный) определяет набор возможных типов химической связи (компонент) присутствующих в этих двух исходных классах соединений, через наличие в них соответственно двух или трех компонент (металло-ковалентный и металло-ионно-ковалентный).

33. Составные части (структурные элементы) материальной системы микромира – «статическая» часть в виде «макроэлемента» (например, ядро или атомный остов в структуре химического вещества) или собственно элемент и «динамическая» связывающая часть (связь) в виде «микроэлемента» (например, обобществленные-валентные электроны в структуре химического вещества) их структуры.

34. Связь (в материальных объектах) – тип взаимодействия между элементами структуры материала или другой материальной системы (механический, химический, физический и т.д.)

35. Связь механическая – ограничения, налагаемые на положение элементов механической материальной системы в процессе их контактного взаимодействия (например, различные варианты механической связи волокон в конкретном тканом материале).

36. Связь химическая – обменно-электростатическое взаимодейст-вие

атомных остовов (ядер) через обобществленные электроны в химических соединениях атомов (химических веществах), возникающее при перекрывании их электронных оболочек, обмене и обобществлении электронов.

37. Степень обобществления электронов (СОЭ) – фундаментальная интегральная характеристика химического взаимодействия, объединяющая три предельных типа химической связи. СОЭ может изменяться в интервале от 0 до 100 % или от 0 до  $\infty$ , но не может быть равной 0. В результате, основное условие существования химического взаимодействия (химической связи):  $СОЭ \neq 0$ .

В свою очередь, исходя из наличия трех предельных фундаментальных типов химического взаимодействия, характер распределения электронной плотности в межъядерном пространстве (специфика ее локализации–делокализации: смещение центра тяжести, изменение электронной плотности и характера ее распределения вдоль межъядерной оси и в перпендикулярном направлении) в реальных (промежуточных) связях и соединениях определяется наличием и соотношением двух или трех фундаментальных компонент: ковалентной, металлической и ионной. В гомосвязях: ковалентной и металлической и в гетеросвязях: ковалентной, металлической и ионной.

38. Ковалентность – 1. Тенденция (способность) обобществленных электронов к локализации в межъядерном пространстве на линии, соединяющей центры ядер или атомных остовов (ось Y), приводящая к их концентрации и увеличению электронной плотности на этой линии и росту ковалентности гомо- или гетеросвязи; 2. Соответствующая химическая компонента (степень ковалентности) гомо- и гетероядерного химического взаимодействия, выражаемая в %.

39. Металличность – 1. Тенденция (способность) обобществленных электронов к делокализации – смещению в межъядерном пространстве в направлении, перпендикулярном линии соединяющей центры ядер (ось X), приводящая к разряжению электронной плотности и росту металличности гомо- или гетеросвязи; 2. Соответствующая химическая компонента (степень металличности) гомо- и гетероядерного типа химического взаимодействия, выражаемая в %

40. Ионность – 1. Тенденция (способность) обобществленных электронов к локализации – смещению в межъядерном пространстве вдоль линии, соединяющей центры ядер или атомных остовов (ось Y) в сторону более электроотрицательного элемента, приводящая к их концентрации и увеличению электронной плотности в области, приближенной к нему; 2. Соответствующая химическая компонента (степень ионности)

гетероядерного типа химического взаимодействия, выражаемая обычно в %.

41. Промежуточные (смешанные или переходные) химические связи – химические взаимодействия, существующие в реальных индивидуальных химических веществах, характеризующиеся наличием в них и соответствующим соотношением (в %) двух (гомоядерная связь) или трех (гетероядерная связь) фундаментальных компонент: ковалентной, металлической и ионной. Преобладание одной из трех компонент связи позволяет разделить их и соединения на их основе на три основных группы: ковалентная, металлическая и ионная. Но и при этом учет влияния других компонент на длину, энергетику связи и (т.д.) необходим.

42. Связь межмолекулярная, внутримолекулярная и ван-дер-ваальсовая – представляющая в общем виде взаимодействие, остаточное (вторичное) от химического как совокупность трех компонент (ориентационной, индукционной и дисперсионной) для гетероядерных и одной компоненты (дисперсионной) для гомоядерных молекулярных соединений. Отличаются от химических – механизмом взаимодействия, меньшей энергетикой и большим дальним действием.

43. Связь водородная – особый вид межмолекулярного и внутримолекулярного взаимодействия, определяемый способностью ядра водорода (находящегося в составе одного химического соединения) к связыванию с электроотрицательными ядрами (или атомными остовами типа, O, N или F) других химических веществ. Наиболее ярким примером их влияния на свойства материала является дерево, построенное из природного жесткоцепного полимера в виде макромолекул целлюлозы, связанных водородным взаимодействием.

44. Связь физическая – межатомная ван-дер-ваальсовая (дисперсионная). К физическим типам связи следует отнести также ядерные силы (сильное взаимодействие), электромагнитное, гравитационное и слабые взаимодействия.

45. Структура (от лат. structura – строение, расположение, порядок) – взаимное расположение и связь составных частей (элементов) или внутреннее устройство материала или какой-либо другой целостной материальной системы (атома, молекулы, материала и т.д.).

46. Микроструктура тонкая электронно-ядерная (химическая) – определяющая характер расположения ядер (атомных остовов) и обобществленных электронов между ними ( $\sim 1 - 5 \text{ \AA}$  (см. рис. 2)).

47. Микроструктура тонкая молекулярная (химическая) с размером элементов  $\sim 5 - 10 \text{ \AA}$  (см. рис. 2).

48. Микроструктура наноразмерная с размером элементов  $\sim 10 - 10000 \text{ \AA}$  (см. рис. 2).

49. Мезоструктура с размером элементов  $\sim 10^4 - 10^7$  ( см. рис. 2 ).

50. Макроструктура с размером элементов  $\sim 10^7 - 10^9$  А°.

51. Элементы химической структуры – атомное ядро или атомный остов и обобществленные электроны, определяющие специфику строения химических веществ.

52. Структура химическая (химическое строение) – пространственное расположение химических элементов (в виде атомных ядер или остовов) и характер распределения между ними обобществленных электронов в конкретном химическом веществе.

53. Химический элемент – составная часть структуры (строения) химического вещества, объединяемая посредством любого типа химической связи (или их совокупности) в соответствующую целостную материальную систему. В металлических, ковалентных – молекулярных (полимерных, керамических и т.д.) и ионных (соли) материалах химическими (первичными) элементами их структуры являются атомные остовы или ядра (катионы и анионы), связанные обобществленными электронами. Вторичными элементами структуры молекулярных химических веществ являются агрегаты, ассоциаты, конгломераты в виде соответствующих надмолекулярных (физических) структур, а в металлах – в виде соответствующих кристаллитов или зерен.

54. Кристаллические вещества (тела или материалы) – химические и физические соединения, характеризующиеся дальним порядком в расположении элементов их структуры (атомных остовов, молекул и т.д.).

55. Аморфные вещества (тела или материалы) – химические и физические соединения, характеризующиеся ближним порядком расположения элементов их структуры (атомных остовов, молекул и т. д.).

56. Фаза – однородная (гомогенная) составная часть системы, имеющая одинаковые структурные характеристики и свойства, отделенная от других составных частей границей (поверхностью раздела).

57. Фазовые превращения (фазовый переход – ф. п.) – любой переход между разными агрегатными состояниями веществ (плавление, кипение, испарение и т.д.), а также изменение плотности и кристаллической структуры вещества в пределах одного агрегатного состояния. Различают ф. п. I (скачкообразное изменение энтальпии и энтропии) и II (скачкообразное изменение электропроводности). родов

58. Фазовые диаграммы (диаграмма состояния) – графическое представление межфазного равновесия в гетерофазных системах (при отсутствии химического взаимодействия между компонентами), существующего в веществах в зависимости от температуры, давления и состава.

59. Полиморфизм – свойство веществ одного элементного состава существовать в двух и более различных структурных разновидностях (модификациях), относящихся к различным кристаллическим системам (например,  $\alpha$ - и  $\gamma$ -железо). Под аллотропией обычно понимают различные структурные формы одного элемента (например, алмаз и лонсдейлит, графит, карбин и карбен, фуллерен)

60. Полиморфные превращения – переход от одной полиморфной модификации к другой.

61. Свойство – 1. Качество или признак, составляющий отличительную особенность материала или соответствующей материальной и нематериальной системы в целом (форм материи, уровня организации вещества или типа вещества, материала и т.д.); 2. Качественная или количественная характеристика материальной системы или материала, определяющая их общность или различие с другими материалами или системами.

Очевидно, что отличия в специфике свойств различных материалов или других объектов (элементарных частиц, атомов, химических веществ, механических систем и т. д.) будут определяться отличительными особенностями их структурной организации (то есть спецификой их структуры – строения). В результате следует различать механические свойства, физические свойства, химические свойства и т. д., каждое из которых определяется спецификой связи и структурной организации материала, и не пытаться искать, например, химические свойства у таких физических веществ, как индивидуальные элементарные или атомные частицы.

62. Механические свойства – характеризуют сопротивление материала деформации, разрушению или особенности его поведения в процессе разрушения (реологические – деформационные свойства, при растяжении, изгибе, ударном изгибе, включая модуль упругости, предел упругости, твердость, предел выносливости, циклическую прочность и долговечность и др.).

63. К физическим свойствам обычно относят плотность, тепло-емкость, теплопроводность, тепловое расширение и электропроводность, а также магнитные и другие свойства. Строго говоря, перечисленные выше свойства правильней относить к физико-химическим, так как они напрямую связаны со спецификой химической связи и структуры соединений, их образующих.

64. Химические свойства характеризуют реакцию химического соединения или вещества и материала на его основе на изменение внешних условий (температуры, давления, физического или механического воздействия и влияния других веществ), включая их химическую

реакционную способность и способность изменять тип химической связи между элементами, свой состав и строение при этом, в том числе, и в результате классического химического превращения одних химических соединений в другие. К ним следует отнести: реакционную способность химических веществ, стойкость к различным кислотам и основаниям (щелочам), коррозионную стойкость и т.д.

65. Эксплуатационные свойства материала определяют работоспособность и долговечность изготовленных на их основе изделий, деталей машин и приборов, а также конструкций в целом.

66. Конструкционная прочность – это комплекс механических свойств (включающих прочность, жесткость, надежность и долговечность), обеспечивающих стабильную и длительную работу материала и конструкции в целом в условиях эксплуатации при повышенных механических нагрузках.

67. Диэлектрический материал – материал, который не проводит электрический ток ввиду высокой величины удельной электропроводности.

68. Проводниковый материал – материал, который проводит электрический ток ввиду низкой величины удельной электропроводности.

69. Полупроводниковый материал – материал, который по величине удельной проводимости занимает место между диэлектрическими и проводниковыми материалами.

## **ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ СОВРЕМЕННОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ**

Из вышерассмотренного следует, что современное материаловедение, опираясь на четыре основных типа материалов (металлы, керамика, органические или неорганические полимеры и композиционные материалы (композиты) на основе трех перечисленных), представляет собой комплексную науку, основанную на симбиозе как минимум четырех наук: химии, физики, механики и технологии (или производную дисциплину от этих четырех наук).

Главным объектом исследования и фундаментальным понятием материаловедения, формирующим индивидуальность и раскрывающим существо предмета этой научной и учебной дисциплины является материал.

В результате, современное материаловедение – это наука о связи состава и природы (а также типа) взаимодействия элементов (химической, физической, механической или смешанной), составляющих материал с его строением (структурой) и свойствами.

Целью современного материаловедения является выработка уни-

версальных единых подходов к научному прогнозированию и конструированию структуры и свойств материалов любой природы с целью рационального определения областей их практического использования, а также методов и технологий обработки и переработки в конкретные изделия с комплексом заданных свойств.

Основной практической задачей материаловедения является оптимизация состава, структуры, свойств материалов и методов их переработки с целью получения конкретных изделий с заданными эксплуатационными свойствами, определяемыми требованиями в конкретной области использования материала или отрасли промышленности (энергетика, химическая промышленность и т.д.), а также выработка практических рекомендаций по их применению, технологиям обработки, переработки в изделия и последующему ремонту последних.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

### Общеметодологические и теоретические основы материаловедения

1. Дайте современное определение материаловедения и покажите его специфические отличия от других естественных наук.
2. Покажите и обоснуйте разницу в объекте и предмете исследования в материаловедении в отличие от химии, физики и механики.
3. Перечислите основные понятия материаловедения, раскрывающие суть предмета этой научной и учебной дисциплины.
4. Раскройте иерархию основных понятий материаловедения, лежащую в основе современной методологии изложения содержания материаловедения.
5. Приведите схему основных понятий материаловедения и раскройте их иерархию, лежащую в основе современной инновационной методологии изложения содержания материаловедения.
6. Классификация материалов по различным признакам в соответствии со инновационной схемой иерархии основных понятий материаловедения.
7. Что такое материя и каковы формы ее существования?
8. Что такое вещество, перечислите его разновидности и укажите какой, его вид является базовым для получения основных классов конструкционных и функциональных материалов на основе металлов, полимеров и керамики
9. Дайте определение понятию «поле» и покажите его значимость в энергетике и в промышленности в целом.
10. Дайте определение понятию «материал» и перечислите основные виды материалов, применяемых в машиностроении и энергетике.
11. Дайте определение понятию «структура» материала.
12. Общие требования, предъявляемые к материалам.
13. Дайте определение понятию «структура» материала.
14. Перечислите основные уровни и микроподуровни структурной организации материала.
15. Покажите положение наноуровня структуры материалов в общей иерархии их структурной организации и укажите интервал его размерных характеристик.
16. Что означает понятие «состав» материала? Перечислите его составные элементы его строения для различных уровней структурной

организации металлов и неметаллов.

17. Перечислите типы химического, физического и других взаимодействий элементов в металлах и неметаллах на разных уровнях его структурной организации.

18. Какой уровень структурной организации материала является единым для металлов и неметаллов и какова его природа?

19. Для каких типов материалов (металлических или полимерных) характерно наличие межмолекулярного физического вандерваальсового (дисперсионного, ориентационного или индукционного) или водородного взаимодействия и почему?

20. Основные отличия в структуре металлических и полимерных материалов.

21. На чем базируется естественное единство природы металлических и неметаллических материалов и специфическое различие в их структуре и характеристических свойствах?

22. Перечислите основные типы химической связи в материалах.

23. Что такое ковалентность, металличность и ионность тонкой микроструктуры материала?

24. Укажите, сколько и какие компоненты из трех основных типов химического взаимодействия присутствуют в реальных гомоядерных (типа Fe---Fe) и гетероядерных (типа Fe-C) связях микроструктуры металлических и неметаллических фаз и материалов в целом.

25. Покажите переход между тремя химическими типами связей гомо- и гетероядерного состава в Системе химических связей и соединений (СХСС) в виде «химического треугольника» от типичных неметаллов к металлическим материалам, с указанием положения границы этого перехода.

26. Укажите основную причину постепенной трансформации неметаллических (молекулярных) структур в металлические при переходе гомоядерных (простых) веществ на основе элементов Периодической системы в периодах (справа налево) и в группах (сверху вниз).

27. Используя Систему химических связей и соединений (СХСС) в виде «химического треугольника» покажите влияние типа химической связи (через степени ковалентности, металличности или ионности) на агрегатное состояние вещества, включая образование твердого тела.

28. Покажите влияние элементного состава электронно-ядерной структуры и типа химической связи между элементами на его способность к образованию металлов и неметаллов (полимеров).

29. Что такое фаза и на каком уровне структурной организации материала корректно говорить о ее появлении?

30. Общая характеристика структурных составляющих и фазового состава металлических систем в порядке усложнения взаимодействия элементов их составляющих.

31. Раскройте разницу в кристаллической и аморфной структуре материала и укажите, какие типы химической связи создают предпосылки для образования каждой из них.

32. На примере металлов и неметаллов покажите влияние химической природы исходного вещества (через тип химического взаимодействия элементов его тонкой микроструктуры) на склонность материала к образованию кристаллической или аморфной структуры.

33. Кристаллическое строение материалов, разновидности кристаллов в зависимости от специфики химической связи и основные типы кристаллических решеток.

34. Дефекты строения реальных кристаллов и их влияние на свойства материалов на примере зависимости предела прочности от плотности дислокаций.

35. Термодинамика и общая характеристика термодинамических факторов.

36. Дайте определение понятию «свойство» материала.

37. Классификация свойств материала и их отличия на примере физических, механических, химических и других свойств.

38. Что такое металл и как его такие характеристические свойства, как высокая плотность, электропроводность и ковкость связаны с элементным составом и типом их химической связи (тонкой электронно-ядерной структуры)?

39. Что такое полимер и как его такие характеристические свойства, как низкая плотность, диэлектрические характеристики и высокоэластичность связаны с элементным составом и типом их связи?

40. Что такое керамика и как ее такие характеристические свойства как высокая термостойкость, коррозионная устойчивость к окислению и высокие диэлектрические характеристики связаны с элементным составом и типом их связи?

### **Составные прикладные разделы материаловедения**

1. История материаловедения. Вклад отечественных ученых в становление материаловедения как науки.

2. Предмет материаловедения. Материал. Материаловедение. Кристаллические, аморфные вещества.

3. Классификация металлов. Распространенность в природе. Характерные свойства металлов.

4. Атомно-кристаллическое строение материалов. Аморфные и поликристаллические металлы. Ближний и дальний порядок. Фаза. Элементарная кристаллическая ячейка. Типы кристаллических решеток и их условия. Координационное число. Коэффициент компактности. Анизотропия кристаллов. Квазиизотропность металлов. Блоки. Зерна. Кристаллиты.

5. Дефекты кристаллического строения и их влияние на прочность металлов и сплавов. Нуль-мерные. Одномерные. Двумерные. Трехмерные. Плотность дислокаций.

6. Влияние типа связи на структуру и свойства кристаллов. Энергия кристаллической решетки. Ионная, ковалентная, металлическая и межмолекулярная связь. Ориентационное, индукционное, дисперсионное притяжение. Водородная связь.

7. Полиморфизм металлов и его значение в металловедении. Полиморфизм железа. Температура полиморфного превращения.

8. Виды деформаций. Механизм упругой и пластической деформации. Характеристики упругости и пластичности. Внутренние, внешние, касательные, нормальные напряжения. Зависимость предела текучести металла ( $\sigma_T$ ) от плотности дислокаций ( $\rho_d$ ). Разрушение металла. Характер разрушения металла в зависимости от плотности дислокаций.

9. Энергетические условия и механизм процесса кристаллизации металлов и сплавов. Образование критического зародыша. Влияние внешних факторов на процесс кристаллизации. Особенности кристаллизации металлического слитка.

10. Свойства материалов: эксплуатационные, технологические, стоимостные, механические, физические и химические.

11. Испытания на растяжение. Условная диаграмма растяжения пластичного материала. Диаграммы растяжения малопластичного и хрупкого материалов. Истинная диаграмма напряжений. Испытания на изгиб.

12. Характеристики упругости, пластичности и прочности материалов, определяемые при статическом нагружении. Модули нормальной, касательной, объемной упругости. Пластичность.

13. Динамическое нагружение материалов. Испытания на ударную вязкость. Хрупкое и вязкое разрушение металлов. Образцы для определения ударной вязкости. Порог хладноломкости. Зависимость работы распространения трещины от температуры.

14. Твердость металлов и сплавов. Твердость по Бринеллю, Роквеллу и Виккерсу. Условия определения твердости по Роквеллу. Методы определения твердости.

15. Характеристики, определяемые при циклическом нагружении металлов и сплавов. Усталость, выносливость. Типы циклов: симметричный, асимметричный. Стадии усталостного разрушения.

16. Деформационное упрочнение металлов (наклеп). Зависимость механических свойств металла от степени деформации. Возврат и рекристаллизация. Первичная, собирательная, вторичная рекристаллизация. Критическая степень предварительной деформации. Температурный порог рекристаллизации. Влияние нагрева на структуру и свойства деформированного металла.

17. Сплав. Фаза. Компоненты сплава. Число степеней свободы. Изменение фазового состава и количества степеней свободы в процессе замерзания воды.

18. Типы металлических сплавов. Сплавы механические смеси. Сплавы химические соединения. Сплавы твердые растворы. Твердый раствор замещения. Неограниченный и ограниченный твердый раствор. Твердый раствор внедрения. Неупорядоченный и упорядоченный твердый раствор.

19. Диаграмма состояния сплава. Диаграмма состояния сплавов с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии. Метод построения. Характерные линии и точки, фазовый состав областей.

20. Дендритная, зональная и гравитационная ликвация. Диаграмма состояния сплавов с эвтектикой, для которых практически отсутствует растворимость в твердом состоянии. Характерные линии и точки. Фазовый состав областей.

21. Диаграмма состояния сплавов с эвтектикой, имеющих ограниченную растворимость компонентов в твердом состоянии. Характерные линии и точки. Фазовый состав областей.

22. Диаграмма состояния сплавов с эвтектикой, имеющих ограниченную растворимость в твердом состоянии и выделение вторичных фаз. Характерные линии и точки. Фазовый состав областей.

23. Диаграмма состояния сплавов с устойчивым химическим соединением. Характерные линии и точки. Фазовый состав областей.

24. Правило Н.С. Курнакова для однофазных сплавов.

25. Правило Н.С. Курнакова для двухфазных сплавов.

26. Правило Н.С. Курнакова для сплавов, образующих устойчивое химическое соединение.

27. Правило Бочвара.

28. Правило фаз.
29. Правило отрезков.
30. Правило концентраций.
31. Правило определения количества эвтектики в сплаве.
32. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов. Характерные линии и точки.
33. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов. Компоненты, фазы, двухфазные структуры.
34. Анализ кривой охлаждения технического железа.
35. Анализ кривой охлаждения доэвтектоидного сплава.
36. Анализ кривой охлаждения заэвтектоидного сплава.
37. Анализ кривой охлаждения эвтектоидного сплава.
38. Анализ кривой охлаждения доэвтектического сплава.
39. Анализ кривой охлаждения заэвтектического сплава.
40. Анализ кривой охлаждения эвтектического сплава.
41. Углеродистые стали. Состав, влияние компонентов на свойства стали. Раскисление стали. Классификация углеродистых сталей.
42. Углеродистые стали обыкновенного качества. Классификация, маркировка, механические свойства, применение.
43. Углеродистые стали качественные и высококачественные. Классификация, маркировка, механические свойства, применение.
44. Чугуны. Состав. Достоинства и недостатки. Классификация, маркировка и области применения.
45. Термическая обработка. Изменение структуры эвтектоидной стали в процессе нагрева и медленного охлаждения. Изменение размера зерна стали при нагреве. Диффузия и самодиффузия в металлах и сплавах. Диффузионное и бездиффузионное превращения аустенита.
46. Диаграмма изотермического превращения аустенита. Структурные превращения в стали при охлаждении с различной скоростью. Влияние содержания углерода на температурный интервал мартенситного превращения.
47. Критическая скорость закалки. Мартенсит. Особенности мартенситного превращения.
48. Отжиг стали. Назначение, стадии. Виды отжига. Виды внутренних напряжений.
49. Нормализация стали. Назначение, стадии. Сфероидизация.
50. Закалка стали. Назначение, стадии. Выбор температуры закалки для до- и заэвтектоидных сталей.

51. Закаливаемость и прокаливаемость стали. Скорость охлаждения детали. Коэффициенты  $s$  и  $n$  различных охлаждающих сред. Критический диаметр заковки.

52. Отпуск стали. Назначение, стадии. Влияние температуры отпуска на свойства стали.

53. Химико – термическая обработка. Диссоциация, адсорбция, диффузия, Взаимодействие. Цементация стали и ее виды. Распределение углерода по толщине диффузионного слоя и структура диффузионного слоя при цементации.

54. Режимы термической обработки цементуемых изделий. Заковка с цементационного нагрева с низким отпуском. Однократная заковка с низким отпуском. Двойная заковка с низким отпуском.

55. Азотирование стали. Сравнительная оценка процессов азотирования и цементации.

56. Цианирование стали. Диффузионная металлизация. Газовая, жидкостная и твердая металлизация. Алитирование. Хромирование. Силицирование. Борирование.

57. Влияние легирующих элементов на равновесную структуру сталей.

58. Легированные стали. Классификация по содержанию легирующих элементов, по составу, по равновесной структуре.

59. Легированные стали. Маркировка. Классификация по структуре после нормализации.

60. Легированные стали. Маркировка. Классификация по назначению.

61. Алюминиевые сплавы. Классификация по диаграмме состояния. Деформируемые сплавы. Виды, маркировка, применение.

62. Алюминиевые сплавы. Классификация по диаграмме состояния. Литейные сплавы. Виды, маркировка, применение.

63. Бронзы. Классификация, маркировка, применение.

64. Латунь. Классификация, маркировка, применение.

65. Жаростойкие сплавы и стали.

66. Жаропрочные сплавы и стали. Ползучесть. Критерии жаропрочности. Принципы создания жаропрочных материалов. Группы жаропрочных сталей и сплавов.

67. Коррозионная стойкость. Химическая, электрохимическая коррозия. Факторы влияющие на коррозионную стойкость металлов при электрохимической коррозии.

68. Виды электрохимической коррозии. Коррозионно-стойкие покрытия. Коррозионно-стойкие стали. Радиационная стойкость материалов.

69. Композиционные материалы. Общая характеристика. Дисперсно-упрочненные композиционные материалы. Волокнистые композиционные материалы. Волокнистые композиционные материалы с металлической матрицей. Волокнистые КМ на неметаллической основе.

70. Керамические композиционные материалы. Углерод-углеродные КМ. Монокристаллы. Аморфные металлы. Нанокристаллические материалы (НКМ).

71.

Определить тип сплава (углеродистая сталь, легированная сталь, чугун, цветные металлы и сплавы, металлокерамический сплав и др.), химический состав и назначение: СтЗкп, Ст5сп, Ст6кп, Ст6пс, Сталь 20, Сталь 45, 25Л, 55Л, У8, У8А, У13, У13А, А12, А20, Э2122, ШХ15, ШХ15ГС, Р18, Р6М5, Р6М5Ф3, СЧ 35, КЧ40-5, ВЧ60, 15ХМ, 12ХН1МФ, 12Х17, 95Х18, 15Х18СЮ, 15Х25Т, 40Х9С2, 12Х18Н9Т, 10Х11Н20Т3, Э2122, ОХ18Н10, 13Х, 3Х2В8Ф, 4Х2В2ФС, Д1, Д16, Д18, АК2, АК4, АК8, В95, Л62, Л68, Л70, ЛС59-1, ЛО70-1, БрОФ 6,5-1,5, Л59, ЛАН59-3-2, ЛАЖ60-1-1, ЛМцЖ55-3-1, БрС30, БрБ2, БрА7, БрС30, БрСН60-2.5, БрА10Ж4Н4Л, БрБНТ1.9-1-1, БрКМц3-1, БрКН1-3, БрА5, БХ, БрО11Н4Ц3Л, БрО10Ф1, БрО10Ц2, БрОФ6.5-0.15, БрОЦ4-3, ХВ4, 9ХС, ТТ8К6, Т15К6, ВК25, ВК8, Т30К4, ТТ7К12 и др.

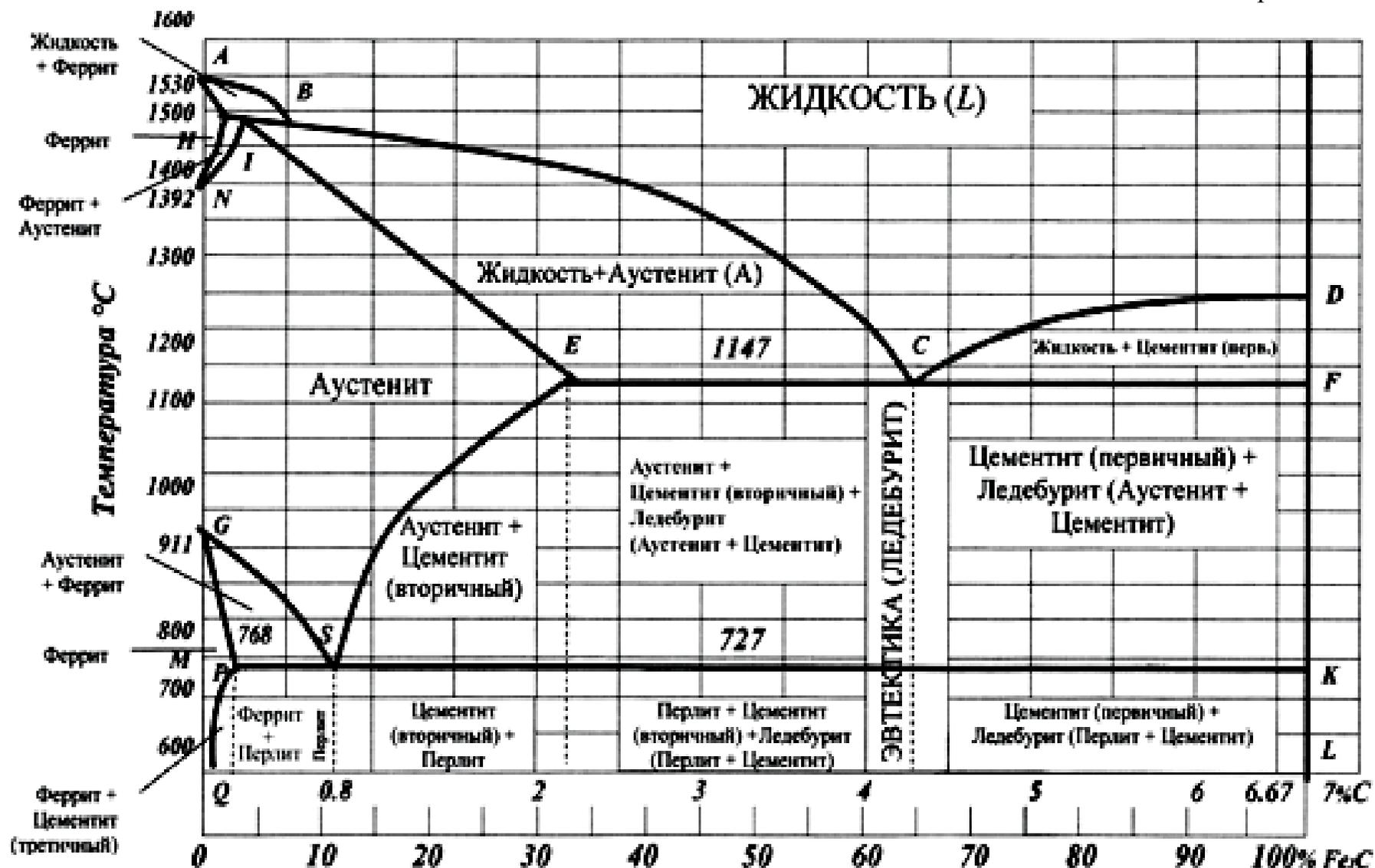


Рис.6. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов

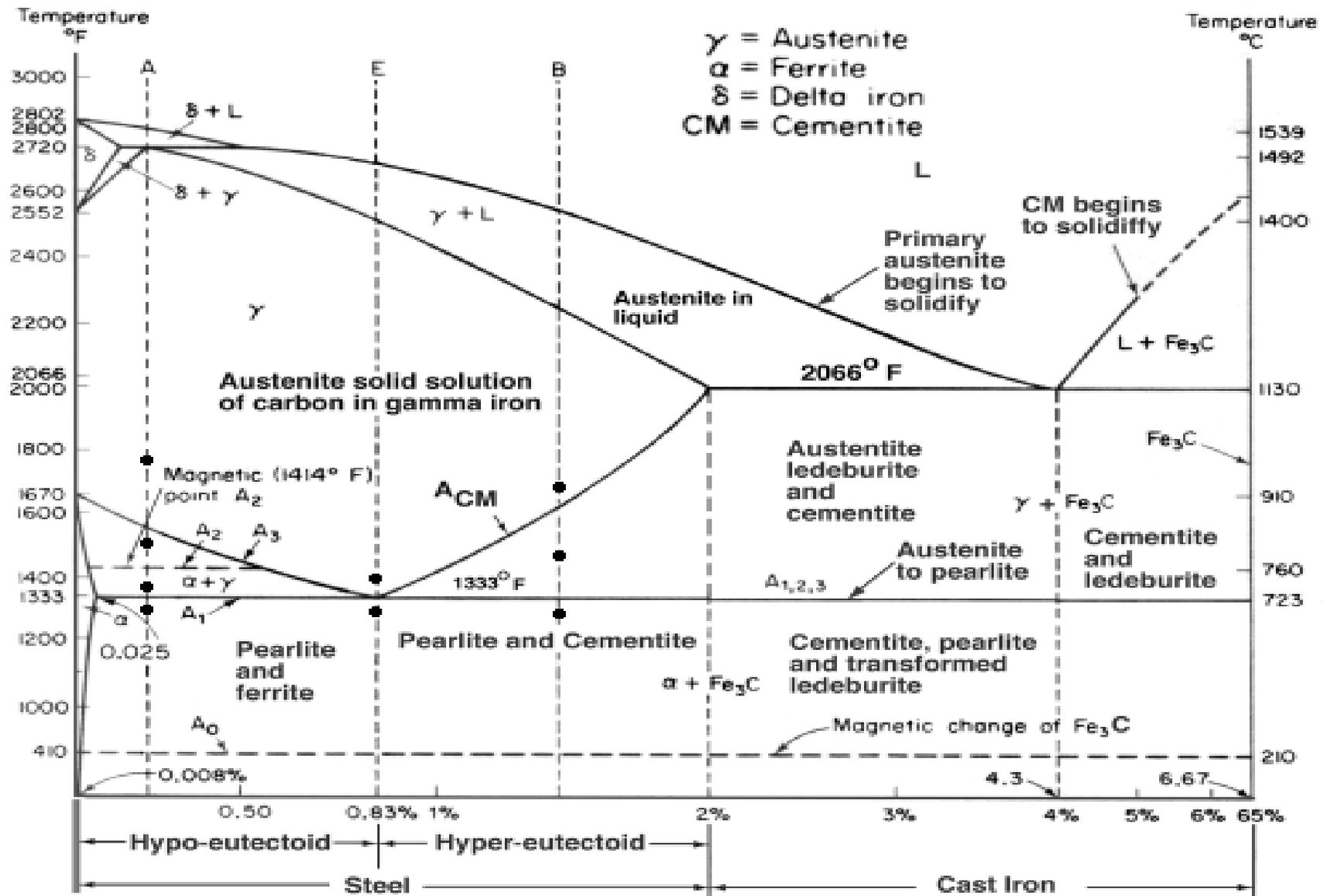


Рис.6. Продолжение

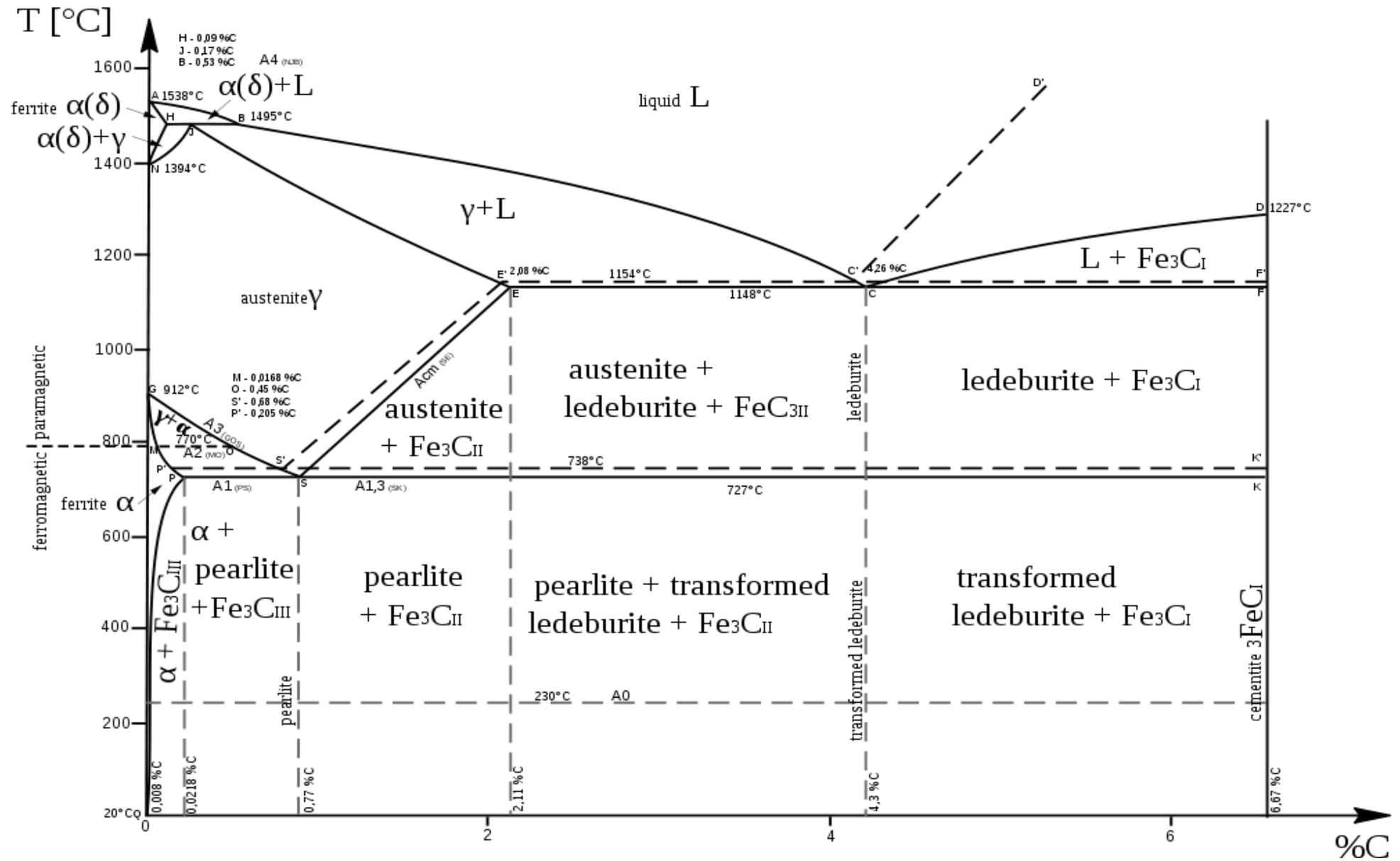


Рис.6. Окончание

## ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

### ВАРИАНТ 11

**Вопрос №1.** Взаимодействие, каких частиц обуславливает связь между атомами в металлах?

#### **Ответ на 1 вопрос**

В узлах кристаллической решетки металлов находятся остовы атомов металлов ее формирующие, объединенных обобществленными электронами последних энергетических уровней атомов. Эта особенность металлической связи обеспечивает стабильность кристаллической решетки и характеризует отличительные свойства металлов.

**Вопрос №2.** На диаграмме состояния «железо – цементит» укажите все ее области фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 0,5 %С на кривой охлаждения.

#### **Ответ на 2 вопрос**

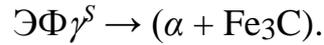
На примере сплава, содержащего 0,5%С, рассмотрим последовательность протекания фазовых превращений, образующих в конечном счете равновесную структуру, предполагая его охлаждение с температур жидкого состояния равновесным. Схема кривой охлаждения показана на рис. 1. Итак, до температуры 1 следует простое охлаждение жидкого сплава. От точки 1, лежащей на линии ликвидуса, начинается образование кристаллов аустенита. Их количество растет и при температуре в точке 2 процесс кристаллизации заканчивается. Далее последует простое охлаждение зерен аустенита.

По достижении температуры точки 3 (рис. 1.) посредством перестройки ГЦК решетки в ОЦК решетку аустенит начинает превращаться в феррит. Это происходит практически одновременно в каждом зерне аустенита. Причем, концентрация углерода в образующемся феррите, в соответствии с его природой, определяется кривой PG диаграммы состояния. Поскольку в интервале температур 3–4 в аустените появляется и количественно растет ферритная составляющая с явно меньшим содержанием растворенного углерода, чем в анализируемом сплаве, концентрация углерода в убывающем количестве аустените увеличивается. Ее изменения описываются кривой GS диаграммы (рис. 1.).

В итоге, при температуре точки 4 в пределах границ каждого первичного зерна аустенита в равновесии окажутся феррит состава точки Р и

остаток аустенита состава точки S.

Последующий отвод тепла нарушит устойчивость остатка аустенита и он претерпит диффузионное эвтектоидное превращение в перлит по схеме:



Процесс совершается с выделением тепловой энергии и поэтому протекает на отрезке изотермы 4-4' (рис. 1.). Охлаждение ниже точки 4' практически не изменит образовавшейся структуры. Она состоит из феррита и перлита.

Подобная структура (рис. 2.) типична для любого доэвтектоидного сплава.

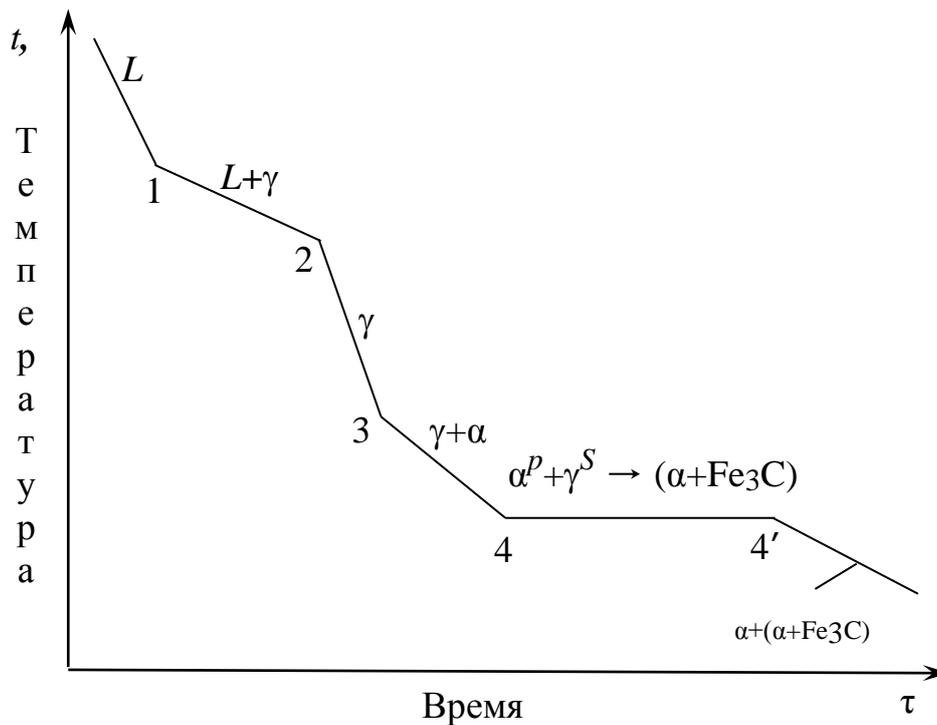


Рис. 1. Схема кривой охлаждения сплава (0,5% C) и образования его равновесной ферритно-перлитной структуры.



Рис. 2. Фотография мезоструктуры доэвтектоидной стали – Сталь 20.  
(Избыточный феррит (светлые зерна, матрица) и перлит (включения)).

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Материаловедение: Учебник для вузов. / Под общей ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. – М.: Изд-во МВГУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 648 с.
2. Сироткин О.С. Теоретические основы общего материаловедения, Казань: КГЭУ, 2007. – 348 с.
3. Сироткин О.С. Введение в материаловедение (начала общего материаловедения). – Казань: КГЭУ. Изд-е 2-е доп-е – 2004. – 212 с.
4. Сироткин Р.О., Сироткин О.С. Структура металлических и неметаллических материалов Казань: КГЭУ, 2006. – 92 с.
5. Сироткин О.С. Начало единой химии. Казань: Изд. АН РТ «Фен», 2003. – 252 с.
6. Сироткин Р.О. Электронно-ядерная, молекулярная и надмолекулярная структура полимерных материалов и их физико-механические свойства («состав – тип связи – структура – свойства» в полимерах и металлах). Казань: КГЭУ, 2007. – 220 с.
7. Сироткин О.С., Сироткин Р.О., Иванова С.Н., Трубачева А.М. Анализ соотношения компонент гомоядерной связи элементов Периодической системы и разделение соединений на их основе на металлы и неметаллы. // Технология металлов, 2007. – №2. С. 32–37.
8. Сироткин О.С., Сироткин Р.О., Иванова С.Н., и др. Влияние изменения характера связи элементов электронно-ядерной структуры металлических и неметаллических материалов на основе гомоядерных соединений на их некоторые физические и деформационные свойства. // Технология металлов, 2007.– №3.– С. 32–37.
9. Трубачева А.М. Металличность в гетероядерном взаимодействии элементов тонкой структуры материалов на основе бинарных соединений и их свойства. Автореферат на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 05.02.01 – Материаловедение (машиностроение). – Казань, 2005 г.
10. Иванова С.Н. Специфика гомоядерных связей элементов тонкой структуры материалов и ее влияние на некоторые свойства металлов. Автореферат на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 05.02.01 – Материаловедение (машиностроение). – Казань, 2006 г.
11. Шibaев П.Б. Особенности взаимодействия элементов тонкой структуры полимерных материалов и их физико-механические свойства.

Автореферат на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 05.02.01 – Материаловедение (машиностроение). – Казань, 2006 г.

12. Сироткин О.С. Фундаментальные и методологические аспекты преподавания материаловедения как единой дисциплины о металлических и неметаллических материалов. Научные труды Всероссийского совещания материаловедов России. – Ульяновск: УлГТУ, 2006. С.38–41.

13. Сироткин О.С. Инновационные подходы в современном материаловедении. Сб. статей Всероссийского совещания заведующих кафедрами материаловедения и ТКМ. – Волгоград: ВолгГАСУ, 2007. С. 18–21.

14. Сироткин О.С. Проблемы и перспективы совершенствования образования в современных условиях / Инновационное образование: проблемы, поиски, решения. Пленарные, обзорные доклады и программы IV международной научно-методической конференции 22–24 ноября 2006 года. // Под общей ред. д-ра физ.-мат. наук, профессора Ю.Я. Петрушенко. – Казань: КГЭУ, 2006. С. 38–54.

15. Сироткин О.С., Сироткин Р.О. Проблемы и перспективы фундаментализации и инновационного совершенствования преподавания современного материаловедения как единой науки о металлах и неметаллах / Инновационное образование: проблемы, поиски, решения. Материалы IV международной научно-методической конференции 22–24 ноября 2006 года. // Под общ. ред. д-ра физ.-мат. наук, профессора Ю.Я. Петрушенко. – Казань: КГЭУ, 2006. С. 35–39.

16. Сироткин О.С., Сироткин Р.О., Трубачева А.М., Шибяев П.Б., Иванова С.Н. Современное материаловедение. Программа, методические указания и контрольные задания. для студентов-заочников. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2004.

17. Материаловедение: Учебник / С.В. Ржевская. – М.: ЛОГОС, 2004. 424 с.

18. Материаловедение и технология металлов. / Под общ. ред. Г.П. Фетисова. М.: Высшая школа, 2002. – 638 с.

19. Колесов С.Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов: Учеб. для вузов. – М.: Высшая школа, 2004 – 519 с.

20. Пейсахов А.М., Кучер А.М. Материаловедение и технология конструкционных материалов. – М.: Изд-во Михайлова В.А., 2005.

21. Уваров В.И., Гаделшин К.Г., Герасимов В.В., и др. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Лабораторный практикум. / Под. ред. О.С. Сироткина. Казань: КГЭУ, 2004. – 95 с.

22. Сварка и резка металлов. Учеб. пособие / М. Д. Баров, Ю.В.Козаков, М.Г. Козулин. – М.: ИЦ «Академия», 2001. – 400 с.
23. Гаделшин К.Г., Татаринцева Т.Б. Металловедение. Учебное пособие по дисциплине «Материаловедение. Технология конструкционных материалов». Казань: КГЭУ, 2007. – 188 с.
24. Сироткин О.С. Введение в материаловедение (начала общего материаловедения). – Казань: КГЭУ, 2002. – 184 с.
25. Ибатуллин Б.Л. Металлы теплоэнергетических установок: Учеб. пособие для вузов. – Казань: Таткнигоиздат, 1995. – 190 с.
26. Ибатуллин Б.Л. Специальные материалы теплоэнергетических установок: Учеб. пособие для вузов. Казань: Таткнигоиздат, 1998. – 260 с.
27. Мозберг Р.К. Материаловедение: Учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 1991. – 448 с.
28. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. – М.: Машиностроение, 1980. – 493 с.
29. Масленникова Г.Н., Мамаладзе О.А. и др. Керамические материалы – М: Стройиздат, 1991 г.
30. Сироткин О.С. Неорганические полимерные вещества и материалы – Казань: КГЭУ, 2002 г.
31. Женжурист И.А. Основы технологии керамики и керамических композиционных материалов – Учеб. пособие, Казань: КГЭУ, 2003 г.
32. Женжурист И.А. Методы исследования сырьевых смесей для получения керамических материалов. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Материаловедение. Технология конструкционных материалов». Казань: КГЭУ, 2004 г. – 24 с.
33. Андреева А.В. Основы физико-химии и технологии композитов – Учеб. пособие для вузов – М.: ИПРЖР, 2001 г.
34. Сироткин О.С. Основы инновационного материаловедения, М: Инфра-М, 2011. – 158 с.
35. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учеб. Пособие / под ред. В.С. Чередниченко. – 3-е изд., стер. – М.: Омега-Л, 2007. – 752 с.
36. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: лабораторный практикум О.С. Сироткин, П.Б. Шibaев, А.Е. Бунтин - Казань: КГЭУ, 2011. – 203 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	3
Цели и задачи освоения дисциплины.....	4
Место дисциплины в структуре ООП ВПО.....	4
Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.....	5
Инновационные аспекты современного материаловедения .....	6
Общие рекомендации по работе над дисциплиной .....	13
Программа дисциплины .....	16
Методические указания по изучению дисциплины .....	22
Правила выполнения и оформления контрольных работ.....	31
Методические указания по выполнению контрольного задания .....	32
Варианты контрольного задания .....	33
Приложение 1. Основные понятия материаловедения и их формулировки. Цели и задачи материаловедения .....	38
Приложение 2. Контрольные вопросы по курсу .....	48
Приложение 3. Диаграмма состояния Fe-C .....	56
Приложение 4. Пример выполнения и оформления контрольного задания ..	59
Библиографический список.....	62

*Учебное издание*

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ  
МАТЕРИАЛОВ**

Программа, методические указания и контрольные задания  
для студентов-заочников

**Шibaев Павел Борисович  
Сироткин Олег Семенович  
Сироткин Ростислав Олегович  
Трубачева Алиса Максимовна**

Кафедра Материаловедения и технологии материалов КГЭУ

Компьютерная верстка

Подписано в печать

Формат 60x84/16. Бумага «Business». Гарнитура «Times». Вид печати РОМ.

Усл. печ. л. 3,0. Уч.-изд. л. 3,29. Тираж 500. Заказ №

Издательство КГЭУ, 420066, Казань, Красносельская, 51

Типография КГЭУ, 420066, Казань, Красносельская, 51