

**Д.У. СМАГУЛОВ
Н.А. ШАМЕЛЬХАНОВА**

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

**ПОСОБИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РА-
БОТЫ СТУДЕНТОВ**

для специальностей 050709 – «Металлургия»; 050710 – «Материаловедение и технология новых материалов»; 050708 – «Нефтегазовое дело»; 050724 – «Технологические машины и оборудование»

Бакалавриат

Алматы 2006

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**Казахский национальный технический университет
имени К.И. Сатпаева**

**Д.У. СМАГУЛОВ
Н.А. ШАМЕЛЬХАНОВА**

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
ПОСОБИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

для специальностей 050709 – «Металлургия»; 050710 – «Материаловедение и технология новых материалов»; 050708 – «Нефтегазовое дело»; 050724 – «Технологические машины и оборудование»

Бакалавриат

Алматы 2006

УДК 620.22: 378.47.041(075)

ББК 30.3 я 73

С 50

С50 Смагулов Д.У., Шамельханова Н.А.

Материаловедение. Учеб.пособие – Алматы: КазНТУ, 2006. – 103 с.

ISBN 9965–73 –53–7

В пособии проведена систематизация заданий для самостоятельной работы студентов по курсу дисциплины «Материаловедение». Даны методические рекомендации по их выполнению на основе классификации по уровням сложности. Для всех основных тем учебной программы (их 19) приведены примеры заданий с алгоритмами их самостоятельного выполнения. К приведенным примерам составлены возможные варианты тестовых вопросов для контроля и оценки самостоятельной работы студентов.

Книга предназначена для студентов, обучающихся по программе бакалавриата, а также для преподавателей, ведущих данный курс.

Ил. 18. Табл. 7 . Библиогр. – 19 назв.

ББК 30.3. я 73

Рецензенты:

Байконурова А.О. – д-р техн. наук, проф.

Аубакирова Р.К. – канд. техн. наук, г.н.с.

Шейх-Али А. – PhD, проф. КБТУ

Рекомендовано к печати Научно-методическим советом Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева

С $\frac{2004070000}{00(05)-06}$

ISBN 9965–73 –53–7

© КазНТУ, 2006

ПРЕДИСЛОВИЕ

Переход на кредитную систему обучения повышает роль самостоятельной работы студентов как одной из ведущих форм учебной деятельности. В соответствии с новыми образовательными стандартами каждый академический час лекционных, практических (семинарских) и студийных занятий обязательно сопровождается 2 ч (100 мин) самостоятельной работы студентов бакалавриата. Самостоятельная работа студентов (СРС) определяется стандартом образования как «работа по определенному перечню тем, отведенных на самостоятельное изучение, обеспеченных учебно-методической литературой и рекомендациями, контролируемые в виде тестов, контрольных работ, коллоквиумов, рефератов, сочинений и отчетов» [4].

Самостоятельное овладение определенными знаниями и умениями в результате самостоятельной деятельности развивает творческие силы студента. Поэтому, важно, наряду с широтой и глубиной усвоения уже готовых форм, обеспечивать рост уровня творчества в учебно-исследовательской деятельности студентов на основе признака самостоятельности или способности к самостоятельной деятельности. Для инициирования самостоятельной творческой деятельности студентов необходимо создавать условия, т. к. от организации активного и самостоятельного изучения каждым студентом учебного материала зависит эффективность учебного процесса.

Организационные формы самостоятельной работы обычно связывают с работой в библиотеке для выполнения ознакомительной работы, анализа научной литературы по данной дисциплине, патентно-информационного поиска, реферирования, написания отчетов. Однако существует необходимость построения обоснованной системы СРС, которая должна базироваться на разработке задач и заданий; подборе литературы для самостоятельного изучения, учитывающем различные точки зрения на проблему; разработке вопросов для самопроверки. Организация такой системы строится на побуждении исследовательского интереса, формировании мотивов к устойчивому, глубокому овладению знаниями, преодолении трудностей. Это возможно при обеспечении поэтапного процесса усвоения знаний, без перескакивания на более высокий уровень сложности, не овладев низким. В этой связи, при разработке системы СРС, описанной в данном пособии, учитывалась, прежде всего, разноразноуровневая сложность множества вариантов заданий, выполняемых по конкретной дисциплине. Проведенная классификация заданий для самостоятельной работы, на основе систематизации их по уровням усвоения знаний, в зависимости от конкретных целей обучения (см. табл. 3) может быть использована как при изучении дисциплины «Материаловедение», так и других инженерных дисциплин.

Дисциплина «Материаловедение» является важной в подготовке технических специалистов разных направлений (металлургического, машиностроительного и др.), имеющих дело с получением, выбором и применением материалов. Круг проблем, которые изучает материаловедение, охватывает обширные вопросы внутреннего строения материалов, их назначения. Главная цель данного пособия состоит в том, чтобы вооружить студентов методологическими знаниями при изучении данной области науки, для осуществления самостоятельного исследовательского поиска на основе свободного оперирования ими. При этом акцентируется, что знания по данной дисциплине эффективно осваиваются через поэтапную, направляемую и систематизированную самостоятельную работу.

При написании данного пособия были использованы учебные разработки, составленные авторами и уже много лет применяемые при чтении курса дисциплины «Материаловедение» в КазНТУ имени К.И. Сатпаева. Опорным материалом пособия стала типовая учебная программа дисциплины [16], где все содержание разбито на темы, логически охватывающие необходимый материал. В соответствии с теоретическим содержанием дисциплины и с учетом лабораторного практикума, предусмотренного программой, определены задания для самостоятельной работы студентов. Весь объем заданий систематизирован в зависимости от уровня сложности, определяемый степенью усвояемости материала. Алгоритмы их самостоятельного выполнения сводятся к указанию последовательности действий студента. В качестве контрольных мероприятий по самостоятельной работе предложены тестовые вопросы, составленные с учетом систематизации заданий по уровням сложности. Для проведения самостоятельной исследовательской деятельности предложены примерные темы научных рефератов, а в приложении 2 даны рекомендации к их написанию. В приложении 1 данного пособия приведен глоссарий для самостоятельного освоения студентами основных терминов и понятий по курсу «Материаловедение», который служит справочным подспорьем при выполнении заданий на СРС. Необходимые для выполнения заданий экспериментальные данные (в табличном виде), графический материал (диаграммы состояния, фотографии микроструктур, кривые зависимостей) выведены в приложении 3.

Список рекомендуемой учебно-методической литературы содержит основополагающие учебники и учебные пособия по дисциплине, а также те источники, которые использовались при написании пособия.

Авторы выражают надежду, что данное пособие будет полезным при организации и выполнении самостоятельной работы по курсу дисциплины «Материаловедение» как преподавателям, ведущим данный курс, так и студентам его изучающим.

1. Методические рекомендации к организации самостоятельной работы студентов

Понятие «самостоятельность» означает систему навыков сознательной самоорганизации. Под самостоятельной работой студента подразумевают вид учебного труда, который призван, наряду с формированием знаний, умений и навыков, развивать систему навыков личностной самоорганизации. В процессе самостоятельной работы студент должен приобрести следующие умения:

- понять текст,
- вычленить и переосмыслить постановки типовых заданий и рациональные образцы деятельности,
- составлять на базе анализа учебных текстов теоретические и практические построения.

Отдельно выделяют самостоятельную исследовательскую деятельность как познавательную деятельность студента, которую он совершает индивидуально без указаний преподавателя, руководствуясь только сформулированными ранее представлениями о порядке и правильности выполнения операций и действий. Процесс самостоятельной исследовательской деятельности предполагает интеллектуальную активность, осознанность исследовательских действий и определенный уровень научных знаний студентов.

Спецификой самостоятельной работы, отличающей ее от самостоятельной деятельности, является то, что она не может быть эффективной без помощи и указаний извне. Однако они должны предоставляться не непосредственно преподавателем, а косвенно, через специальный образом построенную структуру и содержание учебных заданий, которые вместе должны обеспечивать некую систему самостоятельных познавательных действий.

К самостоятельному приобретению новых знаний, пополнению и совершенствованию своего образования приводит овладение основами теории и методами исследований, а также алгоритмами решения типовых задач. При этом студенту необходимо помочь самостоятельно:

- 1) осознать общее содержание и направление своей работы;
- 2) изучить и понять взаимосвязь положений теории, системы понятий, моделей, методов и практических действий по решению типовых задач;
- 3) осознать и запомнить основные, фундаментальные положения и выводы теории и типовые алгоритмы деятельности;

4) убедиться в прочности и глубоком овладении запланированными знаниями и умениями посредством адекватного применения усвоенных знаний для решения различных вариантов задач;

5) изучить, понять, запомнить и активизировать методы проверки правильности решения и достоверности результатов решения изучаемых задач и способов деятельности.

В результате студент осознает значимость данной дисциплины.

При разработке самостоятельных работ целесообразно алгоритмизировать последовательность учебных действий (а не само содержание задачи). Работая по алгоритму, можно прийти к поставленной цели двумя путями:

а) путем анализа, сопоставления действий с ранее выполняемыми, «взвешивания» каждого шага и оценки совокупного результата, поиска логики предлагаемой последовательности действий;

б) путем простого и регулярного повторения предлагаемой в алгоритме последовательности, усвоения логики алгоритма и через привыкание к оптимальному варианту действий, фиксирование в других ситуациях нерациональности, непродуманности и излишней траты времени при выполнении заданий не по алгоритму.

Осознав смысловую организационную структуру алгоритма, студент, поднимается до уровня осознания стратегии действий и тогда самостоятельная учебная деятельность по предложенному алгоритму приобретает целевое содержание.

Если студент составляет свои варианты алгоритмов выполнения предложенных задач, анализирует степень их рациональности, эффективности и сравнивает по оптимальности с алгоритмами, составленными другими, то появляется интерес к научно-техническому творчеству. Таким образом, алгоритмы самостоятельного выполнения задач позволяют инициировать интеллектуальную активность, осознать логику учебно-исследовательского процесса. Характер предписываемых алгоритмов может стимулировать дальнейшую учебную деятельность студентов.

В результате самостоятельного овладения конкретными знаниями и умениями студенты способны впоследствии творчески решать профессиональные задачи разной сложности. Ведущим механизмом при работе с алгоритмами является: самостоятельный анализ – самостоятельный выбор – самостоятельная постановка цели – самостоятельное проектирование – самостоятельная реализация выбранной стратегии – самостоятельная коррекция.

Для усвоения и реализации опыта творческой исследовательской деятельности в области материаловедения, необходимо взаимосвязанное присутствие двух составляющих: процесс научного исследования

и иерархическое разрешение проблемных затруднений. Если первая составляющая входит, главным образом, в содержание лабораторных работ и является обязательной при написании рефератов на научную тему, то вторая составляющая должна обеспечиваться преподавателем при организации учебного процесса. Для реализации иерархической структуры усвоения знаний необходима систематизация учебного материала.

Таким образом, построение системы задач и заданий возрастающей сложности на основе представления содержания дисциплины связано, прежде всего, с возможностями или степенями их усвоения. Только постепенно вводя в учебный процесс учебные задачи разного уровня сложности, возможно прийти к активизации познавательной деятельности, осмысленному восприятию изучаемого материала, формированию умственных операций по анализу, синтезу, сравнению, обобщению.

Систематизация самостоятельных работ может быть проведена по целям; по характеру учебных задач, решаемых студентом; по характеру учебной деятельности, необходимой для решения различных задач и т. п.

В пособии основанием для классификации содержания заданий на самостоятельную работу, обеспечивающего взаимосвязь знаний и умений, стали типы заданий разноразностной сложности и частные цели каждого типа задания (табл. 3). Учет характерных особенностей самостоятельных работ разного типа позволяет последовательно включать их в процесс самостоятельной работы и тем самым регулировать качество обучения. Появляется возможность более объективно отслеживать формируемые поисково-исследовательские качества студента.

В учебной практике выделяют два периода усвоения знания, умений и навыков или формирования индивидуального опыта, каждый из которых характеризуется мерой руководящей функции преподавателя. Первый период – период начальной организации индивидуального опыта. Он требует непосредственного участия преподавателя в руководстве учебной деятельностью обучаемых, в организации и корректровке каждого их шага на всех этапах усвоения учебной информации (восприятии, переработке, закреплении). В этот период преподавателю следует лично указывать студентам на ошибки, причины их появления, разъяснять им, что нужно делать, чтобы эти причины ликвидировать и т. п. Второй период – период самоорганизации. В этот период уже не требуется непосредственного участия преподавателя в руководстве процессом формирования у студентов знаний, однако, его опосредованные управляющие воздействия необходимы. Их можно

осуществлять косвенно через структуру и содержание учебного материала, который должны усвоить студенты.

Важное место в самостоятельной работе занимает работа с учебно-методической литературой, осуществляемая как в начальный период, так и в период самоорганизации. Здесь следует включать в рекомендуемый перечень литературы основные учебники и учебные пособия по данной дисциплине, а также новые источники научно-технических сведений. При этом необходимы указания конкретных разделов и страниц для ориентировки студента на нужный материал.

Таким образом, главное в организации самостоятельной работы, обеспечить механизм управления процесса усвоения знаний в ходе самостоятельного поиска. Это дает применение разработанной классификации заданий на самостоятельное решение. Систематическое решение научно-исследовательских заданий разного типа и уровня сложности является самым эффективным способом обучения. Разработка и внедрение системы самостоятельной работы студентов, способствующей формированию на каждом этапе обучения знаний заданного уровня, создает условия для инициирования самостоятельной творческой деятельности студентов.

2. Описание содержательного материала дисциплины «Материаловедение»

Систему самостоятельных работ студента обеспечивает специально организованная структура и содержание учебного материала, которые отражены в учебной программе дисциплин. Самостоятельное овладение основами теории и практическими методами исследований, а также алгоритмами решения типовых заданий по курсу дисциплины «Материаловедение», требует разработки специальных учебных материалов, алгоритмизирующих последовательность самостоятельных действий студента. Но, прежде всего, необходимо представить смысловое содержание дисциплины в целом, выделяя главные темы и обязательные вопросы для изучения. В табл. 1 приведено теоретическое содержание дисциплины с разбивкой по темам и вопросам, указанием целей обучения и рекомендуемой учебно-методической литературой. Краткие теоретические разъяснения по каждой из указанных тем даны в наиболее общем и кратком виде ниже. При этом стержнем дисциплины, вокруг которого разворачивается содержание изучаемой дисциплины, являются следующие основные связи:

- состав – строение

- обработка – строение
- строение – свойства.

Понимание основных связей материаловедения, в процессе самостоятельного изучения дисциплины «Материаловедение», основывается на знаниях об их физических основах. Поэтому так важно рассмотрение вопросов кристаллического строения металлических материалов, элементов дислокационного строения реальных кристаллов, особенностей строения неметаллических материалов. Далее, с позиции структуры, в курсе дисциплины «Материаловедение» обычно излагаются явления, которые лежат в основе различных процессов, происходящих в материалах под воздействием разнообразных факторов. При этом особое внимание уделяется методам исследования материалов, знание которых позволяет осуществлять практические действия, приводящие к осознанию предмета дисциплины. В объеме учебной программы предусмотрено изучение наиболее широко применяемых в технике испытаний и методов исследований, хотя самостоятельная работа студентов не исключает расширения представлений о новых и перспективных методах исследования.

Таблица 1

Теоретическое содержание дисциплины
по темам и цели обучения

№ п/п	Темы для изучения	Основные вопросы	Цели обучения	Учебно-методическая литература
1	Строение материалов	-Типы связей в твердых телах. - Атомно-кристаллическое строение металлов. - Анизотропия кристаллов. Полиморфизм. Магнитные превращения. - Термодинамика фазовых превращений. - Процесс кристаллизации. - Реальное строение кристаллов.	Знать особенности внутреннего строения материалов	[5, с.18–26, 26–32, 39–45] [10, с. 9–19, 26–28] [11, т. II, с.7–21, 22–48, 48–57] [19, с.8–51]
2	Теория сплавов	- Понятие «фаза» и основные фазы в твердом состоянии металл. материалов. - Диаграммы состояния, их построение. Правило фаз и правило отрезков. - Закономерные связи между составом, строением и свойствами.	Представлять строение металлических материалов в твердом состоянии	[5, с. 88–100, 100–138, 138–140] [19, с. 52–81]

Продолжение табл. 1.

№ п/п	Темы для изучения	Основные вопросы	Цели обучения	Учебно-методическая литература
3	Пластическая деформация и механические свойства металлов	- Механизм пластической деформации металлов и сплавов. Влияние пластической деформации на структуру и свойства. - Методы испытания для определения мех. свойств.	Знать физическую природу деформации и разрушения. Уметь оценивать материал по его механическим свойствам	[5, с. 55–62, 70–76] [11, т. I, с. 185–234] [19, с. 83–118]
4	Влияние нагрева на структуру и свойства деформируемого металла	- Процесс рекристаллизации. - Отжиг деформированного металла	Иметь представление о процессах, протекающих при нагреве металл. материалов	[5, с. 78–88] [11, т. II, с. 226–256]
5	Железо и его сплавы	- Диаграмма состояния $Fe - Fe_3C$. - Структура и свойства железных сплавов. - Влияние примесей на свойства ст.	Знать структуру и свойства стали и чугуна. Уметь строить и читать диаграмму состояния $Fe - Fe_3C$.	[5, с. 143–160, 162–170, 181–194] [11, т. II, с. 67–83] [19, с. 118–129]
6	Теория термической обработки	- Виды термообработки, их назначение и физич. сущность процессов отжига, закалки, отпуска, старения. - Основные превращения при нагреве и охлаждении. - Кинетика аустенитного превращения. Влияние легирующих элементов на процессы термообр.	Знать теоретические основы термической обработки	[5, с. 199–215, 216–246] [11, т. II, с. 83–226] [19, с. 145–164]
7	Технология термической обработки	- Характеристика технологических процессов термической обработки. - Закаливаемость и прокаливаемость ст. - Способы термич. упрочнения (поверхн. упрочнение, ТМО). - Оборудование.	Уметь на практике применять методы термообработки	[5, с. 256–278, 253–255, 279–283] [11, т. II, с. 264–360] [19, с. 172–202]
8	Химико-термическая обработка стали	- Принципы ХТО. - Технология видов ХТО (цементация, азотирование, цианирование, нитроцементация, диффуз. металлизация).	Знать сущность ХТО и практические методы	[5, с. 284–302] [14, с. 323–367]

Продолжение табл. 1.

№ п/п	Темы для изучения	Основные вопросы	Цели обучения	Учебно-методическая литература
9	Конструкционные стали	-Требования к конструкционным материалам. Маркировка. -Влияние легирующих элементов. -Способы классификации. -Термич. обработка конструкционных ст. -Цементуемые, улучшаемые, высокопрочные, строительные, арматурные, пружинные, шарикоподшипников.	Знать класс конструкционных сталей, уметь выбрать для конкретного применения оптимальную марку стали	[5, с. 303–317, 318–321, 326–330, 331–340, 343–352] [16, с. 69–134]
10	Инструментальные стали	- Маркировка и классификация инструментальных ст. - Применение и особенности термообработки сталей для режущего, штампового и измерительного инструмента.	Уметь выбрать марку стали для конкретного назначения	[5, с. 355–378] [15, с. 143–177]
11	Стали и сплавы с особыми свойствами	-Стали и сплавы с особыми физ. свойствами (устойчивые к температурам и средам, магнитные, с высоким электросопротивлением, с особыми упругими свойствами). - Сплавы на основе титана, никеля, кобальта, тугоплавких мет.	Знать класс материалов с особыми свойствами, их назначение и особенности применения	[5, с. 382–434, 457–476] [16, с. 229–288]
12	Алюминий, магний, бериллий и их сплавы	-Классификация алюминиевых сплавов, их термообработка и способы упрочнения. - Сплавы магния и бериллия.	Уметь обосновать выбор легких сплавов для конкретного применения	[5, с. 478–503, 504–506, 507–508] [16, с. 415–463]
13	Медь и ее сплавы	-Классификация медных сплавов, их маркировка, - Структура, свойства и применение латуней - Бронзы, особенности их структуры, свойства, области применения	Знать области применения медных сплавов в зависимости от структуры и свойств	[5, с. 509–523] [16, с. 464–497]
14	Цинк, свинец, олово и их сплавы	-Строение сплавов на основе цинка, свинца, олова (антифрикцион. сплавов). Области применения.	Знать особенности строения подшипниковых сплавов	[5, с. 524–534] [16, с. 498–505]

Продолжение табл. 1.

№ п/п	Темы для изучения	Основные вопросы	Цели обучения	Учебно-методическая литература
15	Полимерные материалы	-Строение и свойства полимеров. -Классификация полимерных материалов. -Группы пластмасс (термопласты, термореакты, пенопласты, пленочные материалы), их свойства, области применения.	Знать особенности строения неметаллических материалов и области их применения	[10, с. 223–231] [10, с. 30–35] [13, с. 90–99]
16	Резиновые материалы	-Состав, классификация, способы получения и влияние различных добавок на свойства резины	Знать компонентный состав резины и их влияние на свойства	[19, с. 368–369] [14, с. 273–278]
17	Керамические материалы, стекла, ситаллы.	-Строение и свойства неорганического стекла, ситаллов. -Строение и свойства керамики и области применения	Знать области применения силикатов (минерального стекла, стеклокристаллитов)	[19, с. 361–366] [16, с. 667–674] [10, с. 35–36]
18	Древесные материалы	-Строение древесины, ее достоинства и недостатки как конструкционного материала. -Методы повышения качества древесины и способы получения древесного материала.	Знать особенности древесины и возможности применения как конструкционного материала	[18, с. 366–367] [13, с. 81–89] [14, с. 257–267]
19	Композиционные материалы	-Особенности строения композитов. Их свойства в зависимости от вида матрицы и формы, размеров и расположения наполнителя. -Возможности использования композитов.	Знать строение и свойства композитов для оптимального применения в конкретных областях	[18, с. 276–282] [10, с. 247–268] [6, с. 5–35]

Лабораторный практикум содержит работы по экспериментальному изучению отдельных методов исследования. Характер некоторых работ приближен к научному исследованию. Краткое содержание тем лабораторных работ и их цели приведены в табл. 2. Самостоятельность при выполнении лабораторных работ должна обеспечиваться общими методическими указаниями со стороны преподавателей, о которых сказано ниже. Данные, полученные в процессе выполнения лабораторных работ, могут использоваться в специальных заданиях для самостоятельной работы, составленные по уровням сложности. Их примеры приведены в п. 3.1 – 3.4.

Из табл. 1 видно, что курс «Материаловедение» состоит из двух частей:

- металловедения (темы 1 – 4);
- неметаллических материалов (темы 15 – 19).

Дадим краткие теоретические разъяснения тем дисциплины.

1. Существуют четыре типа связи в твердых телах: металлическая, ионная, ковалентная и связь Ван-дер-Ваальса. В металлах и сплавах определяющее значение имеет металлический тип связи, когда положительные ионы в узлах решетки взаимодействуют с коллективизированными электронами. Электронное строение определяет свойства металлов. Электроны, находящиеся на внешних оболочках (электроны проводимости) способны ускоряться в электрическом поле, что определяет электропроводность металлов.

Для неметаллов характерна ионная или ковалентная связь, обусловленные электростатическим притяжением двух разнородно заряженных ионов.

Металлы классифицируют на черные и цветные, которые, в свою очередь, разделяют по группам. К черным относят:

- железные металлы (железо, кобальт, никель и близкий к ним по свойствам марганец);
- тугоплавкие металлы;
- урановые металлы;
- редкоземельные металлы;
- щелочноземельные металлы.

Цветные металлы подразделяют на:

- легкие металлы;
- благородные металлы;
- легкоплавкие металлы.

В зависимости от температуры и давления меняются значения свободной энергии F тела и происходит переход состояний вещества (твердое, жидкое и газообразное). Для начала процесса перехода из жидкого состояния в твердое (кристаллизации) необходимо, чтобы процесс был термодинамически выгоден и сопровождался уменьшением свободной энергии системы F . Механизм процесса кристаллизации заключается в зарождении центров кристаллизации и последующем их росте.

Твердые тела, в отличие от аморфных и жидких, характеризуются кристаллической решеткой в расположении атомов. Наиболее распространенными среди металлов являются гексагональная плотноупакованная решетка (Mg , Zn , Hf и др.); гранецентрированная кубическая (Cu , Al , Pt и др.); объемноцентрированная кубическая (Na , V , Nb и др.).

Металл состоит из зерен (кристаллов). Кристаллы содержат дефекты (точечные, линейные и поверхностные). Наиболее важные дефекты – это линейные (дислокации). От их количества и расположения зависит поведение металлов при механической нагрузке.

2. Сплав имеет сложное строение и характеризуется наличием фаз, образуемых при взаимодействии его компонентов. Основными фазами металлических сплавов являются: механическая смесь, химическое соединение, твердый раствор.

Графически сплав может быть изображен с помощью диаграмм состояния в координатах температура – концентрация. Вид диаграммы определяется характером взаимодействий, которые возникают между компонентами в жидком и твердом состояниях. Диаграммы состояния строятся экспериментальным путем с использованием термического анализа сплавов. Между типом диаграммы состояния и свойствами сплава существует определенная связь, установленная Н.С. Курнаковым.

3. Вследствие металлического типа связи характерного для металлических материалов, они способны к пластической деформации и самоупрочнению при холодной механической обработке (наклепу). Механизмами пластической деформации являются сдвиги путем скольжения и двойникования кристаллов. Изначальный толчок механизмам пластической деформации дают перемещения дислокаций. Если в металле отсутствуют дислокации, то сдвиг возможен только за счет одновременного смещения всей части кристалла. Это обуславливает прочность металла близкую к теоретической. Прочность, пластичность, ударная вязкость, твердость, упругость, трещиностойкость – характеризуют механические свойства металлов. Для каждого вида механической нагрузки (статической, циклической, динамической) существуют определенные виды механических испытаний, позволяющие измерить значения тех или иных механических свойств.

4. Даже небольшой нагрев (для железа 300 – 400 °С) приводит к структурным изменениям металла, сопровождающие процессы возврата (или отдыха), полигонизации, рекристаллизации. Под возвратом понимают структурные изменения, связанные со значительным снижением плотности дислокаций, их перегруппировкой. В результате перегруппировки дислокаций образуются субзерна – т. н. процесс полигонизации. Рекристаллизацией называется процесс зарождения новых зерен в объеме деформированного материала и их последующий рост. Если возврат понижает твердость и прочность, примерно на 20–30 %, повышая пластичность, то рекристаллизационные процессы на разных стадиях развития существенно влияют на изменение механических свойств металла.

5. Железоуглеродистые сплавы (техническое железо, сталь, чугун) – наиболее важные конструкционные материалы современной техники. Диаграмма состояния железо-цементит позволяет получить полное представление о структуре и структурных превращениях железоуглеродистых сплавов в интервале концентраций от чистого железа до цементита. Следует учесть, что технические железоуглеродистые сплавы состоят не только из железа и углерода, но обязательно содержат постоянные примеси, попадающие в сплав в результате выплавки. Постоянные примеси влияют на строение и свойства чугунов.

Диаграмма состояния железо-графит соответствует в основном диаграмме состояния железо-цементит. Отличаются лишь положения эвтектической и эвтектоидной линий в точках S' и E' , и вместо цементита выделяется графит.

Легирующие элементы влияют на критические точки железа и стали с получением легированных ферритного, перлитного, аустенитного и ледебуритного классов.

6. Для изменения свойств сплавов применяют термическую обработку. Различают следующие виды термической обработки: отжиг первого рода, отжиг второго рода, закалка, отпуск, старение, химико-термическая обработка, термомеханическая обработка. В их основе лежат четыре вида фазовых превращений в стали: превращение перлита в аустенит, происходящее при нагреве стали; превращение аустенита в перлит, при охлаждении; превращение аустенита в мартенсит при быстром охлаждении; превращение мартенсита при отпуске закаленной стали.

Превращения аустенита при различных температурах охлаждения описываются кинетическими кривыми, по которым строят диаграмму изотермического распада аустенита (С-образные кривые).

7. На практике температура термообработки определяется положением критических точек, а время нагрева складывается из времени нагрева до заданной температуры и времени выдержки при этой температуре. В процессе нагрева при высокой температуре происходит химическое взаимодействие поверхности металла с окружающей средой (обезуглероживание, окисление). Скорость охлаждения регулируется закалочными средами. Скорость охлаждения определяет окончательную структуру и свойства стали при отжиге, нормализации, закалке, обработке холодом. Технологические процессы термической обработки обуславливаются разновидностями режимов. При закалке скорость охлаждения распределяется по сечению неравномерно (явление прокаливаемости). На прокаливаемость влияет ряд факторов: состав аустенита, нерастворенные частицы, неоднородный аустенит, размер

зерна аустенита. Возникающие в процессе термической обработки термические и фазовые напряжения, становятся причинами брака.

Основными способами термического упрочнения являются термомеханическая обработка и поверхностная закалка стали. Термическая обработка осуществляется в специальных термических печах, но при массовом производстве могут использоваться современные автоматические и полуавтоматические агрегаты, включенные в технологические линии машиностроительных заводов.

8. При химико-термической обработке деталь помещают в среду, богатую элементом, который диффундирует в металл. В случае газовой среды происходят следующие процессы: диссоциация, абсорбция и диффузия. При цементации (разновидности ХТО) поверхность стали насыщается углеродом, а сердцевина остается мягкой и вязкой. Азотированием называют процесс насыщения стали азотом. Азотированный слой без последующей термической обработки, в отличие от цементации, приобретает высокую твердость, а размеры изделий после азотирования изменяются мало. Процесс одновременного насыщения стали углеродом и азотом называют цианированием. Это как бы комбинированный процесс цементации и азотирования: при высокой температуре больше приближается к цементации, а при низкой – к азотированию. Диффузионная металлизация – процесс диффузионного насыщения поверхностных слоев стали различными металлами. При насыщении хромом этот процесс называется хромированием, алюминием – алитированием, кремнием – силицированием и т. д.

9. Легированные стали могут быть классифицированы: по равновесной структуре, по структуре после охлаждения на воздухе, по составу и по назначению. В зависимости от назначения стали объединяют в следующие группы: конструкционные, инструментальные и стали с особыми свойствами. Конструкционные стали и сплавы применяют для изготовления деталей машин, конструкций и сооружений. Их маркируют по химическому составу. Содержание углерода соответствует в обозначении сотым долям процента. Влияние легирующих элементов двояко: с одной стороны, они углубляют прокаливаемость и тем самым снижают порог хладноломкости, с другой стороны, они, растворяясь в феррите, повышают порог хладноломкости. Исключение составляет никель, который понижает порог хладноломкости, хотя при вязком разрушении, т. е. выше порога хладноломкости, никель как и другие элементы понижает пластичность. В зависимости от химического состава, способов раскисления, структуры и назначения конструкционные стали делят на группы, с указанием конкретных режимов термической обработки, обеспечивающих требуемый комплекс свойств.

10. К инструментальным сталям относится большая группа сталей и сплавов, используемых для обработки материалов давлением и обладающих после термической обработки высокой твердостью, прочностью, износостойкостью и теплостойкостью. По химическому составу инструментальные стали являются преимущественно легированными. Часть углеродистых сталей – качественные. Инструментальные стали подразделяются по применению на стали для режущего, штампового и измерительного инструментов. Целесообразно классифицировать инструментальные стали по теплостойкости как свойству, определяющему их основные особенности, химический состав и область назначения. По этому признаку различают: нетеплостойкие, полутеплостойкие и теплостойкие. Внутри каждой группы инструментальные стали дополнительно различают по механическим свойствам: стали высокой твердости и стали повышенной вязкости.

В особую группу инструментальных материалов входят твердые сплавы на основе карбидов тугоплавких металлов, связанных кобальтом, легированной сталью или же жаропрочным сплавом на основе никеля. Их применяют для инструмента, работающего на особо высоких скоростях резания.

11. К сталям и сплавам с особыми свойствами относят устойчивые к воздействиям температур и сред: жаростойкие, жаропрочные и специальные (коррозионностойкие нержавеющие, кислотостойкие) стали и сплавы. Жаростойкость (окалиностойкость) характеризует сопротивление металла окислению при высоких температурах. Для повышения окалиностойкости сталь легируют хромом, алюминием или кремнием, обладающих большим сродством к кислороду, чем железо. В процессе окисления на поверхности образуются плотные окислы. Жаропрочность – это способность материала противостоять механическим нагрузкам при высоких температурах. К характеристикам жаропрочности относят: предел ползучести, длительная прочность. При введении некоторых легирующих элементов (больше 12 % Cr) происходит скачкообразное повышение коррозионной стойкости. При добавлении в аустенитные стали молибдена или молибдена с медью при одновременном увеличении содержания никеля происходит увеличение стойкости в кислотах.

Материалы с особыми магнитными свойствами (ферромагнетики) имеют определенные магнитные характеристики M_s , B_s , λ_s , K и θ , зависящие от химического состава, и характеристики μ , H_c , B_r , H – зависящие еще и от вида термической обработки. Материалы, которые намагничиваются в слабых магнитных полях ($H \leq 5 \cdot 10^4$ А/м вследствие большой магнитной проницаемости (μ) и малых потерь на перемагни-

чивание, называют магнитно-мягкими. Их применяют для изготовления сердечников катушек, электромагнитов, трансформаторов, динамомашин. Магнитно-твердые материалы используют для изготовления постоянных магнитов. Они намагничиваются в сильных полях, имеют большие потери при перемагничивании, остаточную индукцию (B_r) и коэрцитивную силу (H_c).

По электрическим свойствам материалы подразделяются на проводники, полупроводники и диэлектрики. Различаются они по величине удельного электрического сопротивления, по характеру зависимости его от температуры и по типу проводимости. Проводники имеют значения удельного электросопротивления в пределах от 10^{-8} - 10^{-5} ом·м, которое с ростом температуры увеличивается. Их используют для проводников постоянного и переменного тока, резисторов, нагревательных элементов, контактов и т. п.

Для лопаток турбин применяют жаропрочные аустенитные стали и сплавы на основе никеля и кобальта. Преимущественное применение имеют сплавы никеля, содержащие хром (5–20 %) и другие многочисленные присадки. К ним относят нихромы, инконели, нимоники. Сплавы на основе кобальта очень дороги и существенно не превосходят никелевые сплавы по жаропрочным свойствам.

Титановые сплавы классифицируют по структуре, которую они получают после охлаждения на воздухе и соответственно различают α -сплавы, $(\alpha+\beta)$ -сплавы и β -сплавы. Промышленные α -сплавы малопластичны, не охрупчиваются при термической обработке. К ним относят чистый титан и сплавы титана с алюминием. Сплавы $(\alpha+\beta)$ более прочны, хорошо куются и штампуются, поддаются термической обработке, охрупчиваются лишь при некоторых условиях термообработки. Основной способ их упрочнения – легирование.

Типичными тугоплавкими металлами являются *V, Nb, Ta, Cr, Mo, W*. Назначение этих металлов состоит в использовании для деталей, работающих при высоких температурах, выше 1000°C . Причем использование сплавов тугоплавких металлов более дешево. Основным недостатком тугоплавких металлов – это низкое сопротивление окислению (исключение составляет хром). В то же время они являются кислотостойкими материалами. Их применяют, когда неметаллические материалы (керамика, стекло) не целесообразно использовать.

12. Технические алюминиевые сплавы подразделяют на две группы: применяемые в деформированном виде (прессованном, катаном, кованом) и в литом. Границу между сплавами этих групп определяет предел насыщения твердого раствора при эвтектической температуре. В соответствии с диаграммой состояния изменение технологических

свойств показывает, что сплавы с содержанием компонента меньше предела растворимости при высокой температуре обладают наибольшей пластичностью и наименьшей прочностью при высокой температуре, следовательно, хорошо подвергаются горячей обработке. Наличие эвтектической структуры резко уменьшает пластичность. Металлы, кристаллизующиеся при постоянной температуре (чистые металлы, эвтектические сплавы) имеют наибольшую жидкотекучесть. От температурного интервала кристаллизации зависит общий объем литейных пор. Все литейные сплавы могут упрочняться с помощью термической обработки. Степень упрочнения будет зависеть от степени легирования, т. е. количества эвтектики. Деформируемые сплавы подразделяют на упрочняемые (дюралюмин) и не упрочняемые (сплавы систем *Al-Mn*, *Al-Mg*) термической обработкой. Термическая обработка дюралюминовых сплавов заключается в закалке примерно с 550 °С в воде с последующим естественным старением, т. е. с выдержкой при комнатной температуре в течение 5–7 суток.

Наименьшей плотностью обладает магний и его сплавы, что обуславливает его применение после легирования и термической обработки. В качестве легирующих добавок используют алюминий, цинк и марганец. Магниево-алюминиевые сплавы, как и алюминий, подразделяют на деформируемые и литейные. В магниевых сплавах эффект старения невелик, поэтому ограничиваются закалкой, при которой за счет гомогенизации и растворения пограничных выделений повышаются пластические свойства при одновременном повышении прочностных.

Бериллий и его сплавы обладают при малой плотности высокими модулем упругости и прочностью, размерной стабильностью, хорошей стойкостью в ряде сред. Однако из-за высокой стоимости его применение ограничено. Кроме использования его в качестве легирующего элемента, разрабатывают ряд сплавов на его основе. Перспективными являются сплавы *Be* + 4–5 % *Cu*.

13. Медные сплавы могут быть литейными и деформируемыми, термически упрочняемыми и неупрочняемыми. По химическому составу их подразделяют на латуни и бронзы. Практическое применение имеют медные сплавы с содержанием цинка до 45 %, которые называются латунями. В зависимости от структуры при комнатной температуре латуни разделяются на α -латуни (содержат меди не менее 61 %) и $\alpha+\beta$ -латуни (содержат 55–61 % *Cu*). Цинк повышает прочность и пластичность сплава. Максимальной пластичностью обладает сплав с 30 % *Zn*. Латунь легко поддается пластической деформации.

Среди сплавов меди с другими элементами (бронзы), выделяют оловянистые, алюминиевые, кремнистые, бериллиевые, свинцовистые

бронзы. Оловянистая бронза превосходит другие малой величиной усадки. Алюминиевая – превосходит по механическим свойствам, химической стойкости. Кремнистая – по жидкотекучести. Бериллиевая бронза отличается высокими твердостью и упругостью. Свинцовистая бронза, содержащая 30 % *Pb* является высококачественным антифрикционным материалом.

14. Сплавы системы *Pb–Sn*, *Sn–Sb*, *Pb–Sn–Sb*, а также сплавы на основе цинка применяют в качестве легкоплавких подшипниковых сплавов, называемых баббитами. Они обеспечивают меньший износ шейки вала, имеют минимальный коэффициент трения со сталью и хорошо удерживают смазку. Данный комплекс свойств обеспечивается мягкой основой твердого раствора, в которой распределены достаточно твердые частицы второй фазы.

15. В основе неметаллических материалов лежат полимеры. В состав полимеров входят различные добавки: наполнители, стабилизаторы, пластификаторы и др. Наполнители добавляют в количестве 40–70 % для повышения механических свойств, снижения стоимости и изменения других параметров. К наполнителям относят древесную муку, порошки сажи, слюду, SiO_2 , тальк, TiO_2 , графит; хлопчатобумажные, стеклянные, асбестовые, полимерные волокна; листы бумаги, ткани из различных волокон, древесный шпон. Стабилизаторы (органические вещества) вводят в количестве нескольких процентов для сохранения структуры молекул и стабилизации свойств. Пластификаторы добавляют в количестве 10–12 % для уменьшения хрупкости и улучшения формуемости. Специальные добавки – это смазочные материалы, красители, добавки для уменьшения статических зарядов и горючести, защиты от плесени, ускорители и замедлители отверждения. Они служат для изменения или усиления какого-либо свойства. Отвердители добавляют для отверждения. Основой классификации пластмасс служит химический состав полимера. Их разделяют на фенолформальдегидные (фенопласты), эпоксидные, полиамидные, полиуретановые, стирольные и др. Характерными особенностями пластмасс являются малая плотность, высокая химическая стойкость, хорошие электроизоляционные свойства, невысокая теплопроводность, значительное тепловое расширение. Значительная часть термопластичных полимеров перерабатывается в пленку, волокна и изделия из волокна. Термореактивные пластмассы (реактопласты) получают на основе эпоксидных, полиэфирных, полиуретановых, фенолформальдегидных и кремнийорганических полимеров. Их применяют в отвержденном виде; они при нагреве не плавятся, устойчивы против старения и не взаимодействуют с топливом и смазочными материалами.

16. Резина отличается от других материалов высокими эластическими свойствами, которые сохраняются в широком диапазоне температур. Резиновые материалы классифицируют по виду сырья (натуральный каучук, синтетический каучук, бутадиентстирольный каучук, синтетический каучук изопреновый и т. д.), наполнителя (порошкообразные и тканевые), степени упорядочения макромолекул и пористости (мягкие, жесткие эбонитовые, пористые, пастообразные), по технологическим способам переработки (выдавливания, прессования, литья), по типам теплового старения (семь типов T07, ..., T25), по изменению объема после пребывания в нефтяной жидкости (семь классов K1, ..., K7), по назначению резины (общего и специального назначения). Резиновые изделия, применяемые в машиностроении, делят на: уплотнительные, вибро- и звукоизоляционные, противоударные, силовые, опоры скольжения, гибкие компенсационные прокладки, противовоздушные, фрикционные и защитные. Основные потребители резины – шинная промышленность (свыше 50 %) и промышленность резинотехнических изделий (более 22 %).

17. В качестве конструкционного материала, а также для изготовления или футеровки емкостей химических веществ широко применяют керамику. Керамику из окиси алюминия успешно применяют для изготовления металлорежущих резцов, фильер. Традиционный и широко распространенный керамический материал – фарфор. При сплавлении различных комбинаций оксидов, которые подразделяются на стеклообразующие и модифицирующие получают стекла. Химический состав стекол изменяют в относительно широком интервале, что позволяет обеспечивать необходимое сочетание свойств стекол. Стеклокристаллические материалы, получаемые путем направленной кристаллизации стекла называются ситаллами. Их классифицируют по применению и содержанию основной кристаллической фазы. В машиностроении и металлообработке наиболее перспективен класс износостойчивых и химически устойчивых ситаллов, которые содержат в качестве основной кристаллической фазы кордиерит и прироксен.

18. Древесина является волокнистым материалом, поэтому для повышения прочности изделий комбинируют продольные слои с поперечными. Важной характеристикой древесины является ее плотность. Обрабатываемость древесины зависит от ее твердости. Листовой материал, получаемый склейкой листов древесного шпона называют фанерой. Прессованием нагретых в пресс-формах древесных заготовок получают прессованную древесину.

19. Композиционными материалами (КМ) называют материалы, в состав которых входят конструктивные элементы, разделенные выра-

женной границей, свойства которых резко отличаются от свойств матрицы. КМ – это гетерогенная система, состоящая из матрицы, в качестве которой используют полимеры, керамику или металл, высокопрочных и высокомодульных волокон или частиц. Свойства волокнистых КМ зависят от свойств и размеров волокон, их объемной доли и расположения, взаимодействий на границе между волокнами и матрицей. Эффект упрочнения КМ, в структуре которых присутствуют высокодисперсные частицы тугоплавких оксидов, нитридов или карбидов, не взаимодействующих химически с материалом матрицы, пропорционален объемной доле частиц, дисперсности. КМ отличаются самой высокой, по сравнению с другими материалами, удельной прочностью, что позволяет резко снизить массу и соответственно материалоемкость конструкций. Это качество важно для различных летательных аппаратов, автостроения и других транспортных средств, в гражданском строительстве.

Основой эффективной работы студентов в лабораторном практикуме является осознание ими сущности своей деятельности по достижению поставленной цели и составления на этой основе плана своих действий, таблиц, предполагаемых графиков. При этом студент должен уметь обосновать свои действия на основе теоретических положений по данной теме изучения. Этот этап работы студентов направляется и контролируется преподавателем и не может быть перенесен на внеаудиторную, самостоятельную подготовку студентов. Здесь необходимо показать студентам значимость и действенность владения основами теории для планирования методики решения задач лабораторного практикума и подвести их к самостоятельному составлению плана и программы своих действий. После утверждения составленного и оформленного плана лабораторной работы, студент знакомится с особенностями работы оборудования и приборов, с приемами проведения эксперимента. Работа, в которой изучается диаграмма состояния, должна быть проанализирована соответственно разработанному алгоритму. Студент должен уметь самостоятельно читать и разбирать характерные микроструктуры сплавов, устанавливать качественные и количественные зависимости между структурой, составом и свойствами. Полученные практические навыки, приобретаемые при выполнении лабораторных работ, позволят студенту получить представление о предмете изучения дисциплины. В конце проведения лабораторной работы студент должен уметь самостоятельно подготовить отчет с представлением экспериментальных данных в обработанном виде, сделать выводы.

Таблица 2.

Темы лабораторных работ, их содержание и цели проведения

№	Тема лабораторной работы	Содержание работы	Цели работы
1	Макроскопический анализ	Изучение методом макро-анализа вида излома, нарушений сплошности металла, дендритное строение и зону транскристаллизации в литом металле, химическую неоднородность литой структуры, волокнистую структуру деформированного металла.	Определение макростроения сплава.
2	Микроскопический анализ	Изучение конструкции металлографического микроскопа и методики изготовления шлифов.	Знакомство с методом микро-анализа материалов.
3	Термический анализ	Исследование превращений, протекающих в сплавах разного состава, при кристаллизации из жидкого состояния. Построение кривых охлаждения и выявление критических точек. С помощью метода термического анализа построение диаграммы состояния для сплавов данной системы.	Экспериментальное построение диаграммы состояния сплавов.
4	Определение твердости материалов	На приборах Бриннеля и Роквелла изучение методик измерения твердости. Выявление особенностей и преимуществ каждого из них.	Изучение методов определения механических свойств материалов.
5	Микроанализ углеродистых сталей	На шлифах из отожженной ст. разного состава проведение микроанализа и в соответствии с диаграммой состояния идентифицирование микроструктуры с указанием фазового состава.	Исследование микроструктуры углеродистых сталей в равновесном состоянии.
6	Микроанализ чугунов	На шлифах из чугунов разного состава проведение микроанализа и в соответствии с диаграммой состояния идентифицирование микроструктуры с указанием фазового состава.	Исследование микроструктуры чугунов в равновесном состоянии.
7	Термическая обработка сталей	Определение влияния режимов термической обработки на структуру и свойства углеродистой ст. Микроанализ образцов из ст.45 и ст.30 и проведение испытаний на мех.свойства (на ударную вязкость или растяжение). Проведение термообработки (заковки и отпуска) по опр. режимам с последующим проведением микроанализа и определением мех.свойств. Построение зависимости изменения свойств до и после термообработки, описание изменений структуры.	Знакомство с методами термической обработки: закалкой и отпуском углеродистой стали. Исследование изменения структуры и свойств сталей после различных режимов термообработки.

Продолжение табл. 2.

№	Тема лабораторной работы	Содержание работы	Цели работы
8	Микроанализ алюминиевых сплавов	На шлифах алюминиевых сплавов (чистый отож. Al, дюралюмин, силумин) проведение микроанализа с зарисовкой микроструктур, описанием составляющих структуры, формы их выделений. Определение количественного соотношения.	Изучение микроструктуры алюминиевых сплавов.
9	Микроанализ медных сплавов	На шлифах медных сплавов (чистая медь, латунь, оловянная и алюминиевая бронза) проведение микроанализа с зарисовкой микроструктур, описанием структурных составляющих, формы их выделений. Определение количественного соотношения.	Изучение микроструктуры медных сплавов.
10	Микроанализ подшипниковых сплавов	На шлифах разных марок баббитов изучение структуры. Зарисовка микроструктур и объяснение связи свойств в зависимости от структуры.	Изучение микроструктуры подшипниковых сплавов.
11	Микроанализ титановых сплавов	На шлифах деформированного и отожженного листового технического титана разных марок, изучение однофазной или двухфазной структуры сплавов.	Изучение микроструктуры титановых сплавов.
12	Полимерные материалы	Изучение свойств пластмасс (полиэтилена, стеклотекстолита) в зависимости от температуры нагрева.	Исследование свойств термопластичных и термореактивных пластмасс.
13	Древесные материалы	Исследование структуры образцов разных пород древесины. Выявление характеристик древесины. Знакомство с экспериментальными методами определения физикомеханических свойств древесины.	Изучение строения и методов определения свойств древесины.
14	Резиновые материалы	Сравнение физикомеханических свойств резины общего и специального назначения. Определение температурной зависимости прочности исследуемых резин.	Исследование свойств резины общего и специального назначения.
15	Композиционные материалы	Расчет механических характеристик композитов, армированных однонаправленными наполнителями. Выявление связи между расположением наполнителей композита и их свойствами.	Исследование влияния строения композитов на механические свойства.

3. Систематизация заданий на самостоятельное выполнение

Знание дисциплины «Материаловедение» широко используется при курсовом и дипломном проектировании, а также в будущей профессиональной деятельности специалистов. При этом главным является умение студента использовать полученные знания при решении конкретных научно-технических задач в области металлургии и машиностроения. Это умение формируется, главным образом, в самостоятельной работе студентов, которая обеспечивается специальной организацией. Самостоятельная работа студентов предполагает выполнение заданий по каждой теме дисциплины. Значительный объем теоретического материала и большое количество задач по выбору материалов и их обработке в зависимости от условий эксплуатации деталей, конструкций и инструментов, требуют систематизации заданий, включающих все вопросы учебной программы. Это позволит повысить степень самостоятельности студентов и способствует более эффективному изучению данного курса. В этой связи, давая задания для самостоятельной работы, целесообразно разделять их на уровни сложности, составляя для каждого уровня алгоритмы выполнения, определяющие последовательность учебных действий по признаку самостоятельности. Способность самостоятельно выполнять задания каждого уровня характеризует успешность овладения необходимыми знаниями и умениями. По способности решать разноуровневой сложности задачи; проводить исследования и научные эксперименты; использовать знания и создавать новую информацию на базе усвоенной; создавать схемы, модели, технологические цепочки; генерировать творческие идеи – можно судить о самостоятельности студента.

Особая роль заданий на самостоятельное выполнение заключается в целенаправленности содержания. Для успешной самостоятельной работы студенту необходимо осознать и принять цель работы при выполнении заданий каждого уровня. Важно четко представлять способы достижения этой цели. На низких уровнях сложности предлагаются задания, выполнение которых осуществляется на основании теоретического материала, изложенного в рекомендуемой учебно-методической литературе. При выполнении этих заданий студент проясняет смысл новых понятий, разбирается с проявлениями закономерных связей материаловедения, идентифицирует характерные структуры и конкретизирует области применения технических материалов в зависимости от их свойств. На высоких уровнях сложности составленные задания содержат в себе конкретную проблему материаловедения, решение которой требует широкого использования имеющихся знаний

и умений. В ходе выполнения таких заданий предусматривается возможность использования экспериментальных методов исследования определенных технических явлений с объяснением получаемых данных и их обработкой. Это может быть исследование, выполненное по разработанной методике лабораторных работ. В результате студент привлекается к решению реальных научно-технических проблем в области материаловедения, ощущая себя исследователем.

Таким образом, самостоятельная работа студентов может строиться на основе предварительно разработанной *классификации заданий на самостоятельное решение* (табл. 3), включающей в данном случае четыре уровня сложности. Это значит, что формулировка заданий разной сложности осуществляется на четырехуровневой основе иерархического процесса усвоения знания [2]. Соответственно, рассматриваются четыре типа самостоятельных работ.

К первому типу отнесены те самостоятельные работы, в которых преследуется цель – формировать у студентов умения выявлять то, что от них требуется на основе данного им алгоритма деятельности и посылки на эту деятельность, содержащихся в условиях задания. Самостоятельная исследовательская деятельность студентов заключается в узнавании объектов изучения при повторном восприятии информации о них или повторных действиях с ними.

Цель самостоятельных работ второго типа заключается в формировании знаний и деятельности, позволяющих воспроизводить по памяти усвоенную информацию и решать типовые задачи. Самостоятельная исследовательская деятельность студентов, в этом случае, заключается в четком воспроизведении или частичном реконструировании, преобразовании структуры и содержания усвоенной ранее информации. Это предполагает необходимость анализировать данное описание объекта изучения, различные возможные пути выполнения задания, выбрать наиболее правильные из них или последовательно находить логически следующие друг за другом способы решения.

Таблица 3

Классификация заданий на самостоятельное выполнение

Уровень сложности	Преследуемые цели	Содержание заданий
I – первый уровень сложности, соответствует «знаниям знакомства»	Научиться узнавать объект изучения. Уметь понять задачу, ее конкретизировать, формализовать.	Описание явлений, распознавание механизма процессов, формулировка определений, изложение теоретических положений.
II – второй уровень соответствует «знаниям копии»	Воспроизводить по памяти усвоенную информацию и решать типовые задачи. Находить и переносить нужную информацию.	Уяснение методов применения теоретических знаний к решению типовых задач, постижение логики исследовательских действий.
III – третий уровень «знаниям умения»	Решать нетиповые задачи прибегая к обобщению. Менять тактику действий в соответствии с изменившейся задачей.	Построение графических зависимостей, расчет значений свойств, переформулировка сущностных понятий.
IV – четвертый уровень «знаниям трансформации»	Генерировать идеи. Иметь системность представлений в данной области знаний. Уметь формулировать и переформулировать задачу.	Создание системы осознанных приемов и методов исследования, постановка и разрешение проблемы с помощью общих и конкретных подходов к решению задач материаловедения.

Самостоятельные работы третьего типа имеют целью: формирование у студентов знаний и умений, лежащих в основе решения нетиповых задач. Самостоятельная исследовательская деятельность студентов при выполнении самостоятельных работ этого типа заключается в накоплении и проявлении нового для них опыта на базе усвоенного ранее формализованного опыта (опыта действий по известным алгоритмам) путем осуществления переноса знаний, умений и навыков. Такая деятельность сводится к поиску, формулированию и реализации способа решения, что требует выхода за пределы прошлого формализованного опыта и заставляет студентов варьировать условиями задачи и усвоенной ранее информацией, рассматривать их под новым углом зрения.

Цель самостоятельных работ четвертого типа – создание предпосылок для творческой деятельности. Познавательная деятельность обучаемых здесь заключается в глубоком проникновении в сущность рассматриваемых объектов, установлении новых связей и отношений, необходимых для на-

хождения новых, неизвестных ранее идей и принципов решений, генерирования новой информации. Это требует на каждом этапе работы задумываться над сущностью новых целей и новых действий, над характером той информации, которую следует создавать.

Знание и учет показанных характерных особенностей самостоятельных работ каждого типа дают возможность регулировать учебным процессом. Однако следует четко решать вопрос о том, когда можно предъявлять студентам задания на самостоятельную работу, ориентированную на определенный уровень сложности исследовательской деятельности. Если студент освоил научные основы данной дисциплины на первом уровне (I), то он может справиться самостоятельно с выполнением заданий, включающих алгоритмы решения, разработанные для этого уровня. Если студенту предложено решать задачи, в которых содержание соответствует второму-третьему уровням (II, III) усвоения, то ему необходимо овладеть алгоритмами выполнения заданий этих уровней. В результате освоения всех типов заданий студенты включаются в решение разнообразных научно-технических проблем, обеспечивается технологичность учебного процесса за счет представления содержания учебного материала в виде системы специально разработанных заданий.

Распределение заданий по уровням сложности с конкретизацией целей обучения позволяет разработать систему заданий для СРС, отражающую поэтапную учебно-исследовательскую деятельность студента. Ниже приведены примеры заданий с алгоритмами их выполнения для четырех уровней сложности, охватывающие все темы учебной программы дисциплины «Материаловедение».

3.1. Примеры заданий первого уровня сложности. Алгоритмы их выполнения

Первый уровень сложности включает задания, где студент закрепляет усвоение понятийно-терминологического аппарата. Поэтому в ряде примеров предлагается самостоятельно дать определения некоторым понятиям и явлениям (темы 1–5). Кроме того, студент должен знать основные закономерности, определяющие строение и свойства материалов, методы их обработки, уметь выполнять наиболее широко применяемые в технике испытания и работать с основными приборами, самостоятельно пользоваться современной технической и справочной литературой. Примеры заданий тем 6–8, предполагают самостоятельное объяснение причин ряда явлений, свойств и конкретных способов обработки материалов. Обязательным условием выполнения большин-

ства заданий тем 9–19 является их полное описание с последующим обоснованием существующих решений и собственных ответов.

Тема 1. Строение материалов.

Пример 1. Описать явление полиморфизма применительно к железу.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное осмысление явления полиморфизма – самостоятельное описание явления и собственное определение ему – самостоятельное выявление сущности явления – самостоятельное сравнение явления полиморфизма с известными его проявлениями в других материалах.

Пример 2. Объяснить влияние степени переохлаждения на структуру кристаллизующегося металла.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельное осмысление энергетических условий процесса кристаллизации – самостоятельный анализ факторов, влияющих на процесс кристаллизации – самостоятельное описание структуры кристаллизующегося металла в условиях переохлаждения.

Тема 2. Теория сплавов.

Пример 1. Объяснить характер взаимодействия в твердых растворах. Привести примеры

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное осмысление теоретических положений и уяснение данного типа взаимодействия компонентов сплава – самостоятельный анализ типов твердых растворов – самостоятельное определение данного понятия.

Пример 2. Объяснить природу механической смеси. Привести примеры.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельное осмысление теоретических положений и уяснение данного типа структурных составляющих – самостоятельный анализ типов механических смесей – самостоятельное определение данного понятия.

Тема 3. Пластическая деформация и механические свойства металлов.

Пример 1. Объяснить механизм возникновения пластической деформации и характер изменения структуры и свойств.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное осмысление процесса пластической деформации с пониманием дислокационных механизмов – самостоятельное уяснение условий деформационного упрочнения – самостоятельное определение понятия пластической деформации.

Пример 2. Описать методы механических испытаний металлов на статические свойства.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ методов механических испытаний – самостоятельное определение механических свойств при статических нагрузках.

Тема 4. Влияние нагрева на структуру и свойства деформируемого металла.

Пример 1. Объясните сущность процессов, происходящих при нагреве деформируемого металла с характеристикой его стадий.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное осмысление процессов, происходящих при нагреве деформируемого металла – самостоятельное описание процессов полигонизации, возврата, отжига, рекристаллизации – самостоятельное определение этих процессов.

Пример 2. Описать характер изменения механических свойств наклепанного металла в зависимости от нагрева.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ процессов, происходящих при нагреве наклепанного металла – самостоятельная оценка свойств при нагреве наклепанного металла – самостоятельное определение связи между изменением структуры и свойств наклепанного металла.

Тема 5. Железо и его сплавы.

Пример 1. Охарактеризовать области существования структурных составляющих железоуглеродистых сплавов и рассчитать их количество фаз в эвтектоидной стали при температуре фазовых превращений.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное осмысление диаграммы состояния $Fe - Fe_3C$ – самостоятельный анализ областей существования структурных составляющих железоуглеродистых сплавов – самостоятельный расчет с применением правила отрезков количества фаз эвтектоидной стали при данной температуре.

Пример 2. Описать основные фазовые превращения в железоуглеродистых сплавах.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ диаграммы состояния $Fe - Fe_3C$ – самостоятельное описание структурных превращений – самостоятельное определение каждого из возможных фазовых превращений.

Тема 6. Теория термической обработки.

Пример 1. Объяснить причины возникновения внутренних напряжений при закалке и предложить способ предохранения изделия от образования закалочных трещин.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ процессов, происходящих при закалке – самостоятельное выявление причин возникновения внутренних напряжений при закалке – самостоятельное обоснование способа предотвращения от образования закалочных трещин.

Пример 2. Объяснить с применением диаграммы состояния $Fe - Fe_3C$, как изменяется структура и свойства стали 45 и У10 в результате закалки от температуры 750 и 850⁰С.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ структуры стали 45 и У10 – самостоятельное определение свойств указанных сталей после закалки от температур 750 и 850⁰С – самостоятельное обоснование процессов, происходящих при закалке указанных сталей.

Тема 7. Технология термической обработки.

Пример 1. Определить способ термической обработки для уменьшения ликвационных явлений в отливках из легированной стали.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное осмысление процессов, происходящих при отжиге – самостоятельный анализ эффекта ликвации – самостоятельный выбор режима термической обработки, обеспечивающего устранение ликвации легированной стали.

Пример 2. Термическая обработка углеродистой стали привела к образованию структуры цементита и мартенсита отпуска. Определить какая это сталь и температуру ее нагрева под закалку. Назначить температуру отпуска, обеспечивающую получение заданной структуры, описать все превращения, которые совершались в стали в процессе закалки и отпуска.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ процессов, происходящих при закалке и отпуске – самостоятельное определение стали и температуры нагрева под закалку – самостоятельное установление температуры отпуска для получения заданной структуры – самостоятельное описание превращений, происходящих в стали.

Тема 8. Химико–термическая обработка стали.

Пример 1. Описать в чем заключается процесс цианирования, его преимущества и недостатки. Объяснить в чем отличие процесса цианирования от нитроцементации. Привести примеры цианирования и нитроцементации изделий.

Алгоритм выполнения примера 1.

Пример 2. Описать процесс азотирования стали и назвать его преимущества перед цементационным процессом.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ процесса азотирования – самостоятельное сравнение процесса азотирования с процессом цементации – самостоятельное выявление преимущества азотирования.

Тема 9. Конструкционные стали.

Пример 1. Описать влияние легирующих элементов на превращения в стали (кинетика распада аустенита, образование мартенсита, рост аустенитного зерна, процесс отпуска)

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ влияния легирующих элементов на кинетику распада аустенита – самостоятельный анализ влияния легирующих элементов на мартенситное превращение – самостоятельный анализ влияния легирующих элементов на рост зерна аустенита – самостоятельный анализ влияния легирующих элементов на превращения при отпуске.

Пример 2. Дать классификацию примесей, содержащихся в стали, и указать причины их возникновения, а также влияние на свойства стали.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельное осмысление способов производства стали – самостоятельный анализ всех групп примесей – самостоятельное установление влияния примесей на свойства стали.

Тема 10. Инструментальные стали.

Пример 1. Сформулировать требования, предъявляемые к разным группам инструментальных сталей.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ условий работы инструмента – самостоятельный анализ требований, предъявляемых к группам инструментальных сталей.

Пример 2. Охарактеризовать свойства быстрорежущей стали и их зависимость от температуры. Предложить способы повышения режущих свойств стали.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ структуры и свойств быстрорежущей стали – самостоятельный анализ красностойкости быстрорежущих сталей – самостоятельные рекомендации способа повышения режущих свойств стали.

Тема 11. Стали и сплавы с особыми свойствами.

Пример 1. Объяснить как можно поднять рабочую температуру стали и описать процессы окисления, происходящие в металле.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ жароустойчивости сталей сплавов – самостоятельное определение способа повышения рабочей температуры стали – самостоятельное описание стадий окисления в стали.

Пример 2. Объяснить сущность явления ползучести с помощью рис. 16, Приложение 3. Дать определение этому явлению и предложить способы его устранения.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельное осмысление процессов, происходящих в стали при высоких температурах и механических нагрузках – самостоятельный анализ зависимости прочности от температуры испытаний – самостоятельное определение способов устранения явления ползучести.

Тема 12. Легкие сплавы.

Пример 1. На примере сплава $Al-Cu$ (см. рис. 11, Приложение 3), объяснить сущность процессов термической обработки алюминиевых сплавов и особенности упрочнения данного сплава.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ диаграммы состояния $Al-Cu$ – самостоятельное осмысление процессов, происходящих при термической обработке алюминиевых сплавов – самостоятельное заключение по возможности упрочнения термической обработкой алюминиевых сплавов.

Пример 2. Охарактеризовать сплавы бериллия и указать возможности применения бериллия и его сплавов.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ бериллия и его сплавов – самостоятельное обоснование конкретного применения данного материала.

Тема 13. Медь и ее сплавы.

Пример 1. Описать диаграмму состояния $Cu-Zn$ (рис.12, Приложение 3) с указанием всех перитектических реакций. Установить связь структуры и некоторых характерных свойств латуней.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное построение диаграммы состояния $Cu-Zn$ – самостоятельный анализ областей диаграмм – самостоятельное выявление связи структуры и свойств латуней.

Пример 2. Описать свойства, структуру и области применения основных групп бронз. Указать преимущества и недостатки бронз различного состава.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ структуры, свойств и областей применения бронз различного состава –

самостоятельное выявление преимуществ и недостатков каждого типа бронз.

Тема 14. Цинк, свинец, олово и их сплавы.

Пример 1. Описать области применения цинковых сплавов. Охарактеризовать их структуру и свойства.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ цинковых сплавов – самостоятельное описание структуры, свойств и применения цинковых сплавов.

Пример 2. Описать области применения легкоплавких сплавов. Охарактеризовать особенности структуры и типичные свойства данных сплавов.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ легкоплавких сплавов – самостоятельное описание структуры, свойств и применения легкоплавких сплавов.

Тема 15. Полимерные материалы.

Пример 1. Описать состав, структуру пластмасс, привести их классификацию. Объяснить типы их связей, особенности структурообразования. Указать области применения пластмасс как конструкционных материалов.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ структуры пластмасс – самостоятельное описание их состава, структуры – самостоятельное выявление областей применения различных видов пластмасс.

Пример 2. Описать особенности механических свойств термопластов и термореактов. Построить графические зависимости механических свойств от различных факторов.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ зависимостей механических свойств термопластов от температуры, длительности нагружения, скорости деформирования, структуры – самостоятельный анализ механических свойств термореактов – самостоятельное построение графических зависимостей.

Тема 16. Резиновые материалы.

Пример 1. Описать исходное сырье и способы получения резины.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ резиновых материалов – самостоятельное определение резины – самостоятельное описание способов получения резины.

Пример 2. Привести классификацию резиновых материалов, описать состав и физико-механические свойства, область применения в машиностроении.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ резиновых материалов – самостоятельная классификация резиновых материалов – самостоятельное описание состава, физико-механических свойств резины – самостоятельное выявление области применения резины в машиностроении.

Тема 17. Силикатные материалы.

Пример 1. Описать свойства и область применения в машиностроении органического стекла.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ силикатных материалов – самостоятельное описание свойств и особенностей структуры органического стекла – самостоятельное определение области применения органического стекла.

Пример 2. Описать свойства и область применения корундовой керамики.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ керамических материалов – самостоятельное описание свойств и особенностей структуры корундовой керамики – самостоятельное определение области применения корундовой керамики.

Тема 18. Древесные материалы.

Пример 1. Описать свойства, достоинства и недостатки древесных материалов, а также область применения в машиностроении.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ древесных материалов – самостоятельное описание строения и свойств древесных материалов – самостоятельное выявление достоинств и недостатков древесных материалов – самостоятельное определение области применения.

Пример 2. Описать и сравнить свойства различных пород древесины (сосна, ель, липа, осина, ольха, дуб, граб, груша, самшит).

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ различных пород древесины – самостоятельное сравнение с указанием свойств и преимуществ той или иной породы древесины.

Тема 19. Композиционные материалы.

Пример 1. Описать строение и свойства композиционных материалов с металлической матрицей. Указать их преимущества и недостатки, а также области применения.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ композиционных материалов с металлической матрицей – самостоятельное описание особенностей строения и свойства – самостоятельное выявление преимуществ и недостатков композитов с металлической матрицей.

Пример 2. Описать строение и свойства композиционных материалов с неметаллической матрицей. Указать их преимущества и недостатки, а также области применения.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ композиционных материалов с неметаллической матрицей – самостоятельное описание особенностей строения и свойства – самостоятельное выявление преимуществ и недостатков композитов с неметаллической матрицей.

Образец самостоятельного выполнения задания первого уровня сложности в соответствии с приведенным алгоритмом показан на примере 1, темы 1 «Строение материалов».

Атомы элемента могут образовать в пространстве любую кристаллическую решетку, но устойчивой является решетка, обладающая наиболее низким запасом свободной энергии. Устойчивость кристаллической решетки зависит от температуры или давления. Так, например, для железа при низких температурах характерна объемноцентрированная кубическая решетка (α), а при повышенных температурах эта решетка трансформируется в гранецентрированную кубическую решетку (γ). В различных решетках кристаллизуется кобальт, олово, марганец, титан и др. (табл. 4, Приложение 3).

Существование вещества (металла) в нескольких кристаллических формах называется полиморфизмом или аллотропией. Различные кристаллические формы одного вещества называются полиморфными, или аллотропическими модификациями.

В таблице показан интервал температур существования различных аллотропических форм некоторых металлов. Аллотропические формы обозначаются греческими буквами α , β , γ , δ и т. д. Аллотропическая форма, существующая при самой низкой температуре, обозначается через α , следующая – через β и т. д.

Превращение одной аллотропической модификации в другую при нагреве чистого металла сопровождается поглощением тепла и происходит при постоянной температуре. На термической кривой, в координатах температура – время, превращение отмечается горизонтальным участком (рис. 3, Приложение 3). При охлаждении происходит выделение тепла (выделение скрытой теплоты превращения), но

вследствие переохлаждения при более низкой температуре (гистерезис превращений).

Явление полиморфизма основано на законе об устойчивости состояния с наименьшим запасом энергии. Запас свободной энергии зависит от температуры. Поэтому в одном интервале температур более устойчивой является модификация α , а в другом – модификация β и т. д. Температура, при которой осуществляется переход из одной модификации в другую, носит название температуры полиморфного (аллотропического) превращения. Так, железо имеет две температуры полиморфного превращения: 911 и 1392 °С. Новые аллотропические формы образуются в результате зарождения центров и роста кристаллов аналогично кристаллизации из жидкого состояния. Высокотемпературная модификация, по исследованиям Е.М. Савицкого, имеет более простое атомно-кристаллическое строение и более высокую пластичность.

Аллотропия железа показана на рис. 4, Приложение 3. Здесь ниже 911 °С железо существует в форме α ; при 911 °С объемноцентрированная решетка $Fe\alpha$ переходит в гранцентрированную решетку $Fe\gamma$, которая при 1392 °С вновь превращается в объемноцентрированную α – решетку. Высокотемпературную α –модификацию иногда обозначают буквой δ .

Таким образом, одна и та же решетка у железа (кубическая объемноцентрированная) устойчива в двух интервалах температур. Превращение $\gamma \rightarrow \alpha$ сопровождается уменьшением координационного числа кристаллической решетки и уменьшением компактности. Если бы это уменьшение не компенсировалось в значительной степени уменьшением атомного радиуса, то железо должно было бы при превращении $\gamma \rightarrow \alpha$ увеличиваться в объеме на 9 %. На самом деле объем железа увеличивается примерно на 1 %. Структурные напряжения, вызванные этим увеличением объема, имеют большое значение.

При 768 °С получается остановка на кривой охлаждения, связанная не с перестройкой решетки, а с изменением магнитных свойств. Выше 768 °С α -железо немагнитно, его иногда называют β -железо. Ниже 768 °С железо ферромагнитно.

3.2. Примеры заданий второго уровня сложности.

Алгоритмы их выполнения

В соответствии с целями заданий второго уровня сложности (табл. 3) составленные примеры содержат вопросы, предполагающие использование определенных методов расчета, научно обоснованную

оценку определенных утверждений, способы представления в наглядной форме (в виде графиков, диаграмм или таблиц). Изучение курса «Материаловедение» строится именно на подобных типовых примерах, описанных в существующей учебно-методической литературе.

Тема 1. Строение материалов.

Пример 1. Описать строение и основные характеристики кристаллической решетки. Рассчитать параметры кристаллической решетки железа (параметры, координационное число, плотность упаковки).

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ кристаллического строения металла – самостоятельное описание и зарисовка схематических изображений типов кристаллической решетки – самостоятельный расчет параметров решетки железа.

Пример 2. Описать типы дефектов кристаллического строения. Изобразить схематические модели основных видов. Указать роль дефектов в поведении металлов.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельное осмысление строения реального кристалла – самостоятельное представление типов дефектов в виде атомных моделей – самостоятельный анализ роли каждого вида дефектов в процессах, происходящих в металлах.

Тема 2. Теория сплавов.

Пример 1. Установить характер изменения механических свойств эвтектоидной стали. *Алгоритм выполнения примера 1.* Самостоятельное осмысление закономерных связей между структурой и свойствами материалов – самостоятельный анализ структуры эвтектоидной стали – самостоятельное применение правила Курнакова для обоснования характера изменений свойств.

Пример 2. Установить по диаграмме состояния характер изменения свойств сплавов системы $Cu-Ni$.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное осмысление закономерных связей между структурой и свойствами материалов – самостоятельный анализ диаграммы состояния $Cu-Ni$ – самостоятельное применение правила Курнакова для обоснования характера изменений свойств.

Тема 3. Пластическая деформация и механические свойства металлов.

Пример 1. Рассчитать значения нормальных напряжений при растяжении цилиндрического образца, действующих на площадке, составляющей угол в 45^0 с осью цилиндра. Диаметр цилиндра равен 1 м, растягивающая нагрузка, совпадает с осью цилиндра и составляет 1 н.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное понимание условия задачи – самостоятельное схематическое изображение действующих напряжений на площадке – самостоятельное использование расчетных формул.

Пример 2. Рассчитать величины модуля сдвига (G) и модуля всестороннего сжатия (K), если известны величины модуля нормальной упругости ($E=10$ МПа) и коэффициента Пуассона ($\mu=0,3$) материала.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельное уяснение смысла констант материала – самостоятельное применение уравнений, связывающих рассматриваемые константы – самостоятельный расчет значений модулей.

Тема 4. Влияние нагрева на структуру и свойства деформируемого металла.

Пример 1. Определить температуру порога рекристаллизации вольфрама.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное осмысление процесса рекристаллизации – самостоятельный анализ понятия «температурный порог рекристаллизации» – самостоятельное определение температуры порога рекристаллизации вольфрама.

Пример 2. Определить влияние степени деформации на процесс рекристаллизации и величину зерна.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельное осмысление процесса рекристаллизации – самостоятельный анализ влияния степени деформации на процесс рекристаллизации и величину зерна – самостоятельное объяснение влияния степени деформации на процесс рекристаллизации и величину зерна.

Тема 5. Железо и его сплавы.

Пример 1. Определить по относительному количеству структурных составляющих содержание углерода в доэвтектоидной стали, если количество перлитной фазы составляет 30%. При расчете учтите углерод, содержащийся в феррите и в третичном цементите.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ диаграммы состояния $Fe - Fe_3C$ – самостоятельный расчет количества углерода в доэвтектоидной стали – самостоятельное обоснование проведенного расчета.

Пример 2. Изобразить схематически характерные микроструктуры железоуглеродистых сплавов.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный микроструктурный анализ железоуглеродистых сплавов – самостоятельное изо-

бражение характерных микроструктур железоуглеродистых сплавов – самостоятельное объяснение изображений микроструктур.

Тема 6. Теория термической обработки.

Пример 1. Объяснить, почему нельзя получить в стали чисто мартенситную структуру при охлаждении ее со скоростью, меньше критической скорости закалки.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ диаграммы изотермического превращения аустенита – самостоятельная оценка влияния скорости охлаждения – самостоятельное обоснование ответа.

Пример 2. Определить какой термической обработкой можно уничтожить отрицательное влияние цементитной сетки на свойства инструментальной стали У10 и У12.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ причин возникновения цементитной сетки – самостоятельное определение режима термической обработки для устранения влияния цементитной сетки – самостоятельное обоснование ответа.

Тема 7. Технология термической обработки.

Пример 1. Описать превращения, происходящие в стали 40 при закалке от температур 750 и 840⁰. Указать какие образуются структуры и объяснить причины получения разных структур. Рекомендовать режим закалки.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ процессов, происходящих при закалке стали 40 от указанных температур – самостоятельное выявление структур после закалки с указанных температур – самостоятельное назначение оптимального режима закалки.

Пример 2. Описать структурные превращения, происходящие в процессе отжига для получения ферритного ковкого чугуна. Показать графически режим отжига и указать механические свойства чугуна после термической обработки.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ термической обработки для получения указанного чугуна – самостоятельное построение графика термической обработки – самостоятельное описание структурных превращений и получаемых механических свойств.

Тема 8. Химико-термическая обработка стали.

Пример 1. Описать различие процесса цементации в твердом карбюризаторе и процесса газовой цементации. Указать способ исправления крупнозернистой структуры перегрева цементированных изделий.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ процесса цементации – самостоятельное описание процесса цементации в разных средах – самостоятельное выявление способа исправления структуры цементированных изделий.

Пример 2. Описать технологический процесс алитирования. Привести химические реакции, по которым происходит насыщение поверхности сплава алюминием. Указать факторы, влияющие на процесс диффузионного насыщения. Выбрать оптимальный режим химико-термической обработки.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ процесса диффузионного насыщения сплавов элементами – самостоятельное описание технологического процесса покрытия сплава алюминием – самостоятельное написание химических реакций, сопровождающих процесс диффузионного насыщения – самостоятельный выбор оптимального режима ХТО.

Тема 9. Конструкционные стали.

Пример 1. Охарактеризовать стали, относящиеся к спокойным, полуспокойным и кипящим и выделить признак, по которому произведена классификация. Сравнить спокойные стали, полученные различными способами, и выделить способ, дающий наилучшее качество.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ конструкционных сталей – самостоятельное выявление классификационного признака, лежащего в основе разделения сталей на спокойные, полуспокойные и кипящие – самостоятельное сравнение спокойных сталей, полученных разными способами производства, с выделением наилучшего.

Пример 2. Описать изменение механических свойств в зависимости от температуры отпуска хромоникелевой низко- и среднеуглеродистой стали. Определить оптимальные режимы термообработки для получения лучшего комплекса механических свойств указанных сталей.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ термической обработки конструкционных сталей – самостоятельное определение оптимальных режимов термообработки – самостоятельное обоснование выбранных режимов.

Тема 10. Инструментальные стали.

Пример 1. Определить для какой стали характерны приведенные на рис. 8 и 9 режимы термообработки. Объяснить происходящие превращения и обосновать каждый режим термообработки.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ структуры и свойств быстрорежущей стали – самостоятельное осмысление режимов термической обработки быстрорежущей стали – самостоятельное обоснование приведенных режимов термообработки для конкретного применения.

Пример 2. Расшифровать состав стали 6ХС; найти область применения; назначить режим термической обработки; объяснить влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки; описать микроструктуру и свойства стали после термической обработки.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ группы инструментальных сталей – самостоятельное определение состава с объяснением влияния легирования – самостоятельное установление конкретного применения и назначение режима термообработки – самостоятельное описание микроструктуры и свойств стали после термообработки.

Тема 11. Стали и сплавы с особыми свойствами.

Пример 1. Описать структуру и свойства жаропрочных сталей, применяемых в котлостроении. Выявить стали с наиболее высокими жаропрочными свойствами и обосновать влияние легирования на структуру и свойства.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ жаропрочных сталей (рис. 18, Приложение 3) – самостоятельное обоснование влияния легирования на структуру и свойства – самостоятельное выявление наиболее жаропрочных сталей.

Пример 2. Описать поведение материалов в магнитном поле с характеристикой всех групп материалов (диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики). Расклассифицировать магнитные материалы по их применению. Определить влияние химического состава и вида термической обработки и магнитные характеристики магнитных материалов.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельное осмысление магнитных материалов – самостоятельный анализ групп магнитных материалов – самостоятельная классификация материалов на магнитно-мягкие и магнитно-твердые – самостоятельный анализ влияния химического состава и режимов термической обработки на магнитные характеристики магнитных материалов.

Тема 12. Легкие сплавы.

Пример 1. Привести классификацию алюминиевых сплавов. Указать по какому признаку устанавливается граница между группами сплава.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ алюминиевых сплавов – самостоятельное осмысление классификационных признаков алюминиевых сплавов – самостоятельное обоснование деления алюминиевых сплавов на группы.

Пример 2. Описать способы упрочнения магниевых сплавов. Обосновать классификацию магниевых сплавов.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ магниевых сплавов – самостоятельное обоснование способов упрочнения магниевых сплавов – самостоятельное описание классификационных групп магниевых сплавов.

Тема 13. Медь и ее сплавы.

Пример 1. Объяснить сущность явления сезонного растрескивания и указать способы его предупреждения.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ структуры, свойств, режимов термической обработки латуней – самостоятельное объяснение сущности явления сезонного растрескивания – самостоятельное предложение способа предохранения от данного явления.

Пример 2. Определить связь микроструктуры и свойств сплавов изображенных на рисунках рис. 13 (Приложение 3). Объяснить эту связь.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ медных сплавов – самостоятельное распознавание изображенных микроструктур – самостоятельное объяснение характерных свойств в зависимости от структуры.

Тема 14. Цинк, свинец, олово и их сплавы.

Пример 1. Описать структуру (рис. 17, Приложение 3) и свойства сплавов, обеспечивающих минимальный износ и хорошо удерживающих смазку при работе подшипников.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное осмысление условий работы подшипников и требований, предъявляемых к металлу вкладыша – самостоятельный анализ структуры легкоплавких подшипниковых сплавов.

Пример 2. Обосновать выбор материалов для мягких и твердых припоев. Проанализировать составы наиболее распространенных припоев с выделением наименее дорогостоящего.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ видов припоев – самостоятельный выбор материалов припоев для возможных случаев – самостоятельное сопоставление разных видов припоев.

Тема 15. Полимерные материалы.

Пример 1. Описать преимущества и недостатки применения пластмасс.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ пластмасс – самостоятельное выявление преимуществ и недостатков в применении пластмасс.

Пример 2. Назвать полимеры органического, элементоорганического и неорганического состава. Описать старение полимерных материалов и пути повышения их надежности.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ полимеров разного состава – самостоятельное описание процесса старения полимерных материалов – самостоятельное определение путей повышения надежности полимеров.

Тема 16. Резиновые материалы.

Пример 1. Привести классификацию резиновых материалов по различным признакам.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ резиновых материалов – самостоятельное выделение признаков классификаций – самостоятельное распределение типов резиновых материалов по классификационным признакам.

Пример 2. Охарактеризовать добавки, используемые в производстве резиновых материалов.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ состава резиновых материалов – самостоятельная характеристика всех типов добавок с указанием их целевого назначения.

Тема 17. Силикатные материалы.

Пример 1. Описать свойства, способ получения стекловолкнита СВМ. Привести способ изготовления деталей из стекловолкнита и области его применения.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ неметаллических материалов – самостоятельное описание свойств и способа получения стекловолкнита – самостоятельное определение способа изготовления и области применения стекловолкнита.

Пример 2. Выделить жаропрочные керамические материалы. Конкретизировать состав, свойства и условия применения в машиностроении.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ керамических материалов – самостоятельное описание жаропрочных керамических материалов – самостоятельное определение условий и области применения жаропрочных керамических материалов.

Тема 18. Древесные материалы.

Пример 1. Определить факторы, влияющие на свойства древесины. Привести экспериментальные методы определения качества древесины.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ древесных материалов – самостоятельное выявление факторов, влияющих на свойства древесины – самостоятельное определение свойства древесины с помощью методики лабораторной работы.

Пример 2. Описать свойства и методы получения фанеры, прессованной древесины. Привести области применения.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ древесных материалов – самостоятельное определение свойств, методов получения и областей применения фанеры – самостоятельное определение свойств, методов получения и областей применения прессованной древесины.

Тема 19. Композиционные материалы.

Пример 1. Привести типы волокнистых наполнителей композиционных материалов. Описать и сравнить их свойства.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ волокнистых наполнителей – самостоятельное описание и сравнение свойств разных типов волокон композитов (стеклянных, органических, углеродных, борных).

Пример 2. Привести расчетные формулы механических характеристик композитов в направлении армирования.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ композитов, армированных однонаправленными наполнителями – самостоятельное описание методики определения механических характеристик композитов в соответствии с методикой лабораторной работы – самостоятельный расчет механических характеристик композитов по формулам с использованием литературных данных.

Образец выполнения одного из заданий данного уровня сложности дан ниже (тема 13 «Медь и ее сплавы», пример 1).

Латуни по содержанию цинка и структуре делят на три группы: α -латуни, содержащие до 39,5 % Zn; $(\alpha+\beta')$ -латуни, содержащие 39,5–45,7 % Zn; β' -латуни, содержащие 45,7–51 % Zn. Увеличение содержания цинка изменяет структуру и свойства латуни (рис.14, Приложение 3). Пластичность достигает максимальных значений при 30–32 % Zn, а прочность – при 40 % Zn. При дальнейшем увеличении содержания цинка прочность и пластичность снижаются. Это изменение свойств определяется свойствами соответствующих фаз, образующихся при введении цинка. α -фаза – твердый раствор типа замещения, имеет пластичность и прочность, возрастающие по мере увеличения содержания цинка. β' -фаза – твердый раствор на базе электронного соединения с объемно-центрированной кубической решеткой и упорядоченным расположением атомов; отличается повышенной хрупкостью и твердостью, поэтому образование этой фазы снижает вязкость и повышает твердость. При нагреве выше 450 °C β' -фаза превращается в неупорядоченный твердый раствор β , отличающийся большей пластичностью, чем β' -фаза. Из диаграммы состояния (рис. 12, Приложение3) видно, что $(\alpha+\beta')$ -латуни приобретают при таком нагреве однородную структуру β -твердого раствора, а следовательно, и большую пластичность. Эти свойства фаз определяют технологический процесс изготовления изделий из различных сортов латуни, а также их назначение.

Изделия из α -латуни изготавливают главным образом холодной или горячей деформацией; обработка резанием не дает достаточно чистой поверхности. Изделия из $(\alpha+\beta')$ -латуни изготавливают горячей (прессование, штамповка) или холодной деформацией (но без вытяжки) или обработкой резанием. Изделия из α - или $(\alpha+\beta')$ -латуней применяют в отожженном или в наклепанном состоянии, поскольку термическая обработка (закалка и отпуск) не дает заметного эффекта. В наклепанном состоянии латунь обладает большей прочностью при пониженной пластичности. В результате последующего отжига прочность сплава понижается, но пластичность возрастает (рис. 15, Приложение 3).

Холодная деформация латуни создает в изделии остаточные напряжения. Они возникают и в результате местной холодной деформации (при изгибе деталей, чеканке, развальцовке и т. п.). При вылеживании или эксплуатации в латунных изделиях иногда возникают трещины. «Сезонное растрескивание» наблюдается главным образом в латунях с содержанием более 20 % Zn и отчетливо обнаруживается, например, в полых изделиях, прутках и т. д. Сезонное растрескивание усиливается в химически активных средах, особенно в парах аммиака, ртутных солей, ртути, мыльной воде и т. п. Образование трещин является результатом совместного действия остаточных напряжений, соз-

данных холодной деформацией (наиболее опасны растягивающие напряжения) и химически активных сред.

Для предохранения сезонного растрескивания нужен отпуск с нагревом до 200–300 °С; это снимает большую часть остаточных напряжений и незначительно снижает прочность. Но в условиях изготовления и монтажа конструкций с применением развальцовки, гибки и т.д. не всегда можно избежать возникновения местных, даже незначительных деформаций, а следовательно, и сезонного растрескивания. В таких случаях применяют более дорогие, имеющие меньшую прочность, но не склонные к сезонному растрескиванию латуни Л96 и Л90.

Механические свойства и состав латуней (после прокатки и отжига), а также широко применяемой латуни Л68 и типичной ($\alpha+\beta'$)–латуни ЛС59–1 приведены в табл. 6, Приложение 3. Латуни Л96 и Л90 обладают высокой теплопроводностью.

Латуни можно заменить алюминиевой бронзой, не склонной к сезонному растрескиванию и обладающей аналогичными значениями прочности и пластичности.

3.3. Примеры заданий третьего уровня сложности.

Алгоритмы их выполнения

Задания третьего уровня сложности характеризуются усилением научной составляющей. Они содержат значительный объем теоретических сведений, расчетных методик, элементов научного исследования. Цель заданий данного уровня заключается в том, чтобы научить студентов читать и разбирать наиболее характерные микроструктуры, устанавливать качественные и количественные зависимости между структурой, составом и свойствами материалов. Учитывая, что, согласно учебной программе дисциплины, объектом изучения студентов являются наиболее широко применяемые в промышленности металлические материалы (темы 9–14) и получившие в последнее время более широкое распространение неметаллические материалы (15–19), необходимо уметь анализировать их применение с научных позиций, опираясь на теоретико-практический материал, существующий по данной теме, и методологию научного исследования.

Тема 1. Строение материалов.

Пример 1. Рассчитать теоретическую прочность идеального кристалла и объяснить расхождение значений с реальной прочностью.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный расчет – самостоятельное осмысление полученного результата – самостоятельное осмысление реального строения кристалла на основе сравнения значений прочности.

Пример 2. Определить средний размер зерна феррита в двух образцах низкоуглеродистой стали после ее нагрева до различных температур, например, до 900 и 1200 °С. Для вычисления средней площади

зерна воспользоваться формулой
$$F_{cp} = \frac{k^2 \sum (\frac{\pi D^2}{4} m)}{\sum m},$$
 где m – число зерен,

приходящихся на определенный интервал шкалы окуляр-микрометра); D – диаметр зерна, мкм; k – цена деления шкалы окуляр-микрометра, мкм. Объяснить причины, вызывающие рост зерна металлов при нагреве, и указать реактив, который должен быть применен для микротравления низкоуглеродистой стали.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный микроанализ образцов низкоуглеродистой стали с подбором реактивов для микротравления – самостоятельный расчет средней площади зерен – самостоятельное объяснение изменения размера зерен.

Тема 2. Теория сплавов.

Пример 1. Рассчитать по правилу фаз условие равновесия сплава системы $Pb-Sb$, содержащего 10 % Sb

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное осмысление и анализ диаграммы состояния сплавов данной системы – самостоятельный расчет – самостоятельное обоснование полученных результатов.

Пример 2. Разобрать диаграмму состояния $Fe-P$ (рис. 12, Приложение 3) в части, ограниченной областью $Fe-Fe_2P$, и процессы превращения в сплавах содержащих 0,05 % (I), 2 % (II), 17 % (III) P . Определить фазовый состав и количественное соотношение фаз сплава I при 20 °С, сплава II при 100 ° и 1350 °, сплава III при 20 и 1200 °С.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельное изображение диаграммы состояния $Fe-P$ – самостоятельное осмысление структурных областей указанных сплавов на диаграмме – самостоятельное определение количества фаз указанных сплавов по правилу отрезков – самостоятельное обоснование ответа.

Тема 3. Пластическая деформация и механические свойства металлов.

Пример 1. Предложить и обосновать несколько методов повышения прочности металлических материалов, исходя из теории дислокаций.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ условий деформационного упрочнения – самостоятельный выбор методов упрочнения – самостоятельное обоснование выбранных методов упрочнения.

Пример 2. Классифицировать методы определения механических свойств по определенному признаку.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ методов определения механических свойств – самостоятельная классификация существующих методов определения механических свойств.

Тема 4. Влияние нагрева на структуру и свойства деформируемого металла.

Пример 1. Зарисовать схематические изображения изменений блочной (мозаичной) структуры, микроструктуры зерен при нагреве предвременно деформированного металла.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное осмысление процессов, происходящих при нагреве металла – самостоятельный анализ изменения тонкой и микроструктуры – самостоятельное изображение разных структур, получаемых при нагреве деформированного металла.

Пример 2. Обосновать разделение понятий холодная и горячая пластическая деформация с учетом процессов, происходящих при нагреве.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельное осмысление процессов, происходящих при нагреве деформируемого металла – самостоятельный анализ данных процессов – самостоятельное определение рассматриваемых понятий.

Тема 5. Железо и его сплавы.

Пример 1. Начертить диаграмму состояния $Fe-Fe_3C$ и указать структурные составляющие во всех областях диаграммы. Описать превращения и постройте кривую нагрева в интервале температур от 0 до $1600^{\circ}C$ с применением правила фаз для сплава содержащего 4,3 % C, определить количество углерода в фазах при температуре $850^{\circ}C$.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное осмысление диаграммы состояния $Fe-Fe_3C$ – самостоятельный анализ и изображение диаграммы с указанием всех точек и структур – самостоятельное построение кривой нагрева в указанном интервале температур – самостоятельное применение правила фаз для данного сплава и определение количества углерода при указанной температуре.

Пример 2. Предложить способ снижения вредного влияния постоянных примесей: P, S, H, O, N.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ влияния вредных примесей – самостоятельное осмысление процесса выплавки стали – самостоятельное определение способов снижения вредных примесей.

Тема 6. Теория термической обработки.

Пример 1. Определить с помощью диаграммы состояния $Fe-Fe_3C$ температуры полной и неполной закалки для стали 45 и дать краткое описание микроструктуры и свойств стали после каждого вида термической обработки.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное осмысление сущности закалки – самостоятельное определение температур полной и неполной закалки для стали 45 – самостоятельное описание получаемых структуры и свойств.

Пример 2. Начертить диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8. Нанести на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости $HRC55$. Указать, как этот режим называется, описать сущность превращения и какая структура получается в данном случае.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельное осмысление кинетики аустенитного превращения – самостоятельное построение диаграммы изотермического распада аустенита для стали У8 – самостоятельное графическое изображение кривой изотермической обработки, обеспечивающей заданную твердость – самостоятельное описание назначенного режима, структуры и свойств соответствующих данной термообработке.

Тема 7. Технология термической обработки.

Пример 1. Назначить режим термической обработки для углеродистой стали 40, обеспечивающий твердость $HB350$. Описать превращения, которые могут происходить в стали в процессе закалки и отпуска и получаемую после термообработки структуру.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ диаграммы состояния $Fe-Fe_3C$ и кривой изменения твердости в зависимости от температуры отпуска – самостоятельное определение режима термической обработки стали 40, обеспечивающего твердость $HB350$ – самостоятельное описание возможных превращений и окончательной структуры, получаемых при выбранном режиме термообработки.

Пример 2. Углеродистая сталь У8 после одного вида термической обработки получила структуру пластинчатого перлита, а после другого – структуру зернистого перлита. Указать, какой вид термообработки

был применен в первом случае и какие превращения в стали обеспечили получение структуры пластинчатого перлита; какая термообработка была применена во втором случае и какие превращения в стали обеспечили получение структуры зернистого перлита.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ процессов, происходящих при термообработке углеродистых сталей – самостоятельное объяснение условий получения указанных структур.

Тема 8. Химико-термическая обработка стали.

Пример 1. Описать процесс диффузионного покрытия углеродистой стали алюминием в расплавленных жидких средах и указать его недостатки по сравнению с твердофазным алитированием. Определить главные факторы, влияющие на качество алитирования.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное осмысление процесса диффузионного покрытия стали алюминием в порошковой смеси – самостоятельное осмысление процесса диффузионного покрытия стали алюминием в расплавах – самостоятельное сравнение способов алитирования – самостоятельное обоснование преимуществ и недостатков рассмотренных способов алитирования – самостоятельное выявление значимости исследований структуры покрытия и технологического режима ХТО.

Пример 2. Определить оптимальные режимы газовой цементации (состав газа, температуру цементации, концентрацию углерода на поверхности, режим окончательной термообработки).

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельное осмысление процесса цементации – самостоятельный анализ факторов, влияющих на процесс газовой цементации – самостоятельное определение оптимальных режимов газовой цементации.

Тема 9. Конструкционные стали.

Пример 1. Расшифровать состав стали 12ХНЗА; найти область применения; назначить и обосновать режим термической обработки; объяснить влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки; описать микроструктуру и свойства стали после термической обработки.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ сталей конструкционного класса – самостоятельное раскрытие состава, структуры, свойств и режимов термической обработки указанной стали – самостоятельное обоснование выбранных режимов термообработки.

Пример 2. Расшифровать состав стали 40ХНМА; найти область применения; назначить режим термической обработки; объяснить

влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термообработки данной стали.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ сталей конструкционного класса – самостоятельное раскрытие состава, структуры, свойств и режимов термической обработки указанной стали – самостоятельное обоснование выбранных режимов термообработки.

Тема 10. Инструментальные стали.

Пример 1. Измерить твердость образца (размером 10x10 мм) из углеродистой инструментальной стали в исходном состоянии, т.е. после закалки и низкого отпуска. После термической обработки по выбранному режиму вновь измерить твердость. Зарисовать микроструктуру до и после термообработки. Описать изменения структуры и свойств с объяснением происходящих превращений в стали.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное осмысление процессов, происходящих после термообработки инструментальных сталей – самостоятельный анализ структуры и свойств до и после термообработки.

Пример 2. Определить какие легирующие карбидообразующие элементы – вольфрам с молибденом (с добавками хрома и ванадия) или хром более эффективно повышают теплостойкость стали. Сравнить теплостойкость быстрорежущей стали Р6М5 и высокохромистой стали Х12МФ. Материал для исследования: образцы стали Р6М5 после закалки (нагрев до 1230 °С) и двукратного отпуска при 560 °; образцы стали 12МФ после закалки (нагрев до 1125 °С) двукратного отпуска при 475 °С.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельное осмысление явления теплостойкости с выяснением факторов, влияющих на него – самостоятельный анализ теплостойкости указанных сталей – самостоятельное сравнение двух марок сталей с выявлением отличий – самостоятельное обоснование режимов термической обработки рассматриваемых сталей.

Тема 11. Стали и сплавы с особыми свойствами.

Пример 1. Найти область применения сплава константана; расшифровать его состав, описать структуру и электротехнические характеристики.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ сплавов с особыми электрическими свойствами – самостоятельное описание структуры и свойств указанного сплава – самостоятельное предложение по применению данного сплава.

Пример 2. Найти назначение стали Г13; расшифровать состав; назначить режим термической обработки; описать микроструктуру и причины ее высокой износостойчивости.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ сталей с особыми свойствами – самостоятельное раскрытие состава, структуры, свойств и режима термической обработки указанной стали – самостоятельное обоснование выбранного режима термообработки.

Тема 12. Легкие сплавы.

Пример 1. Кратко изложить основы теории термической обработки алюминиевых сплавов в применении к промышленному сплаву дюралюмин. Указать состав упрочняющих фаз, образующихся при старении дюралюмина.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное осмысление принципов термической обработки алюминиевых сплавов – самостоятельный анализ структуры, свойств и режимов термообработки дюралюмина – самостоятельное обоснование методов термообработки, применяемых для дюралюмина.

Пример 2. Расшифровать состав сплава МЛ4 и указать область его применения. Описать способ изготовления деталей из этого сплава и характеристики механических свойств.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ магниевых сплавов – самостоятельное описание способа изготовления деталей из указанного сплава – самостоятельное обоснование конкретного применения этого сплава, исходя из получаемых механических свойств.

Тема 13. Медь и ее сплавы.

Пример 1. Расшифровать состав сплава БрЦФ7-0,2 и описать его структуру. Определить область применения, указать термическую обработку для снятия внутренних литейных напряжений, охарактеризовать механические свойства.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ бронзовых сплавов – самостоятельное установление области применения указанного сплава – самостоятельное определение режима термической обработки для устранения внутренних литейных напряжений.

Пример 2. Расшифровать состав сплава Л70 и описать его структуру. Назначить режим промежуточной термической обработки, применяемый между отдельными операциями вытяжки.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ медных сплавов – самостоятельное определение состава, структуры указанного сплава – самостоятельный выбор и обоснование режима про-

межуточной термической обработки, применяемый между отдельными операциями вытяжки.

Тема 14. Цинк, свинец, олово и их сплавы.

Пример 1. Расшифровать состав сплава Б83 и определить его назначение. Описать микроструктуру и свойства, необходимые для этого сплава.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ подшипниковых сплавов – самостоятельное описание структуры, свойств и применения сплава Б83.

Пример 2. Определить назначение приведенных в табл. 5 (Приложение 3) легкоплавких сплавов, имеющих достаточно высокую твердость и малый угар олова.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ легкоплавких сплавов – самостоятельное выявление связи указанных свойств с конкретным назначением сплавов, приведенных в таблице.

Тема 15. Полимерные материалы.

Пример 1. Описать физические основы сварки пластмасс, методы сварки с непосредственным нагревом, их преимущества и недостатки.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное осмысление процесса сварки пластмасс – самостоятельный анализ методов сварки – самостоятельное выявление преимуществ и недостатков указанных методов сварки.

Пример 2. Описать применение пластмасс в литейном производстве.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельное осмысление условий литейного производства – самостоятельный анализ пластмасс – самостоятельное описание применения пластмасс в литейном производстве.

Тема 16. Резиновые материалы.

Пример 1. Обосновать различие резин общего назначения и резиновых материалов специального назначения.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ резиновых материалов и их применение – самостоятельный анализ резин общего назначения – самостоятельный анализ резин специального назначения – самостоятельное описание различия указанных резиновых материалов.

Пример 2. Описать влияние порошковых и волокнистых наполнителей на свойства резины.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ состава резиновых материалов – самостоятельное определение влияния разных наполнителей на свойства резины.

Тема 17. Силикатные материалы.

Пример 1. Классифицировать техническую керамику по составу и указать область ее применения в машиностроении.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ керамических материалов – самостоятельная классификация технической керамики – самостоятельное определение области применения технической керамики в машиностроении.

Пример 2. Указать состав, свойства и способ изготовления режущего инструмента из металлокерамических твердых сплавов.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельное осмысление свойств металлокерамики – самостоятельный анализ способа изготовления режущего инструмента из металлокерамических твердых сплавов – самостоятельное выявление металлокерамики определенного состава для указанного применения.

Тема 18. Древесные материалы.

Пример 1. Определить строение и характеристики наиболее распространенных пород древесины.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное выявление строения древесины на образцах некоторых пород в соответствии с методикой лабораторной работы – самостоятельное определение характеристик – самостоятельный сравнительный анализ.

Пример 2. Определить экспериментальным путем влажность, сухость, плотность и твердость древесины.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельное знакомство с методами определения физико-механических свойств древесины – самостоятельное определение экспериментальным путем указанных свойств – самостоятельное описание и анализ полученных свойств.

Тема 19. Композиционные материалы.

Пример 1. Описать методы получения полимерных композитов и изделий из них.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ композитов на полимерной матрице – самостоятельное описание особенностей изготовления композитов и деталей из них с приведением технологии изготовления деталей из полимерных композитов – самостоя-

тельное описание метода намотки, прессования, вакуумного и автоклавного формования, пултрузии.

Пример 2. Описать методы получения композитов на металлической основе.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ композитов на металлической основе – самостоятельное описание методов твердофазного и жидкофазного совмещения матрицы и волокон, газофазного осаждения–напыления.

Разъяснения по самостоятельному выполнению заданий третьего уровня сложности даны ниже на примере 2, темы 2 «Теория сплавов».

Наиболее важным этапом выполнения работы является критическое осмысление основных теоретических построений. После теоретического знакомства со строением сплавов и графическим методом их изображения необходимо *представлять*: строение сплава; экспериментальное построение диаграммы состояния; методы определения количественных и качественных характеристик структурных составляющих (правило фаз, правило отрезков, правило Курнакова). Следующим этапом выполнения работы, в соответствии с предложенным алгоритмом выполнения, являются конкретные действия по установлению процессов превращения в сплавах указанного состава, количественных соотношений фазовых составляющих сплавов при разных температурах. Здесь следует *объяснять*: характер превращений с приведением реакций и кривых охлаждения, показывающих процесс кристаллизации; применение правила отрезков для определения количества отдельных фаз; условия образования тех или иных структур. Последний этап работы состоит в правильном оформлении результатов, либо в виде описания, либо в виде таблицы или рисунков, поясняющих ответ. Здесь важно *уметь*: максимально полно отразить содержание ответа; использовать схематические приемы объяснения; кратко изложить выводы.

3.4. Примеры заданий четвертого уровня сложности.

Алгоритмы их выполнения.

Для более глубокого изучения курса «Материаловедение» могут быть предложены задания на самостоятельное выполнение повышенной сложности. В зависимости от темы изучения они содержат вопросы более или менее приближенные к практике. Так, при выполнении заданий на выявление структуры следует обратиться к лабораторному практикуму, чтобы вспомнить методы макро- и микроанализа. При выполнении заданий по темам 2–8 студентам необходимо понять связь

теоретических закономерностей строения и поведения металлов при различных условиях с решением практических вопросов. Для умения самостоятельно разбираться во всем многообразии промышленных материалов, примеры по темам 9–19 предполагают выработку умений выбирать материалы и их обработку в зависимости от условий эксплуатации. При выполнении таких заданий студенты должны ориентироваться на применение менее дорогих материалов и в то же время обладающих более высоким уровнем требуемых свойств. Это обеспечит более длительный срок службы деталей и конструкций, снизить материалоемкость указанных изделий. При выборе тех или иных материалов студенты должны учитывать и их технологические свойства, с тем чтобы использовать при изготовлении изделий более экономичные технологические процессы, позволяющие наряду с улучшением их характеристик снизить их себестоимость. Решение данного уровня задач требует анализа условий службы деталей машин, конструкций и инструментов на основе справочных данных о различных материалах (составе, свойствах, методах обработки). Здесь важно уметь пользоваться технической и справочной литературой для выбора промышленных, а также новых перспективных материалов и эффективных методов их обработки.

Тема 1. Строение материалов.

Пример 1. Выявить микроструктуру металлического сплава с помощью доступных методов.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное выполнение подготовительных работ по исследованию структуры материалов – самостоятельное осмысление структурной теории – самостоятельный выбор методов исследования – самостоятельное выявление структурных составляющих материалов.

Пример 2. Описать макростроение стального слитка в отдельных зонах, приведенного на рис. 2б, Приложение 3, и объяснить причины образования кристаллов различных размеров и формы по сечению слитка. Указать, при каких условиях и в какой части слитка можно ожидать образования дендритов, подобных дендриту Чернова, изображенного на рис. 2а, Приложение 3.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный макроанализ стального слитка – самостоятельное описание зон стального слитка – самостоятельное объяснение причин образования кристаллов в отдельных зонах – самостоятельное нахождение зоны образования дендритов.

Тема 2. Теория сплавов.

Пример 1. Построить диаграмму состояния сплавов, компоненты которых образуют механические смеси.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельная организация экспериментальных условий для построения диаграммы состояния – самостоятельное построение графиков охлаждения сплавов разного состава – самостоятельное построение диаграммы данного типа (I рода).

Пример 2. Определить номер зерна (по шкале зерен, рис. 5, Приложение 3) углеродистой стали двух плавок, показанных на рис. 6, Приложение 3. Указать, в чем заключается влияние размера зерна на свойства стали.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельное осмысление микроструктуры стали – самостоятельный анализ структуры зерен углеродистой стали – самостоятельное объяснение связи между структурой и свойствами стали.

Тема 3. Пластическая деформация и механические свойства металлов.

Пример 1. Исследовать склонность стали марки ст.45 к хрупкому разрушению при различных температурах.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное осмысление хрупкого разрушения сталей – самостоятельная оценка параметров хрупкого разрушения – самостоятельный анализ полученных результатов с построением графических зависимостей.

Пример 2. Провести анализ характеристик сопротивления росту трещины металлических сплавов в условиях циклического нагружения.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ процесса разрушения металлических сплавов – самостоятельный выбор методов оценки сопротивления росту трещин – самостоятельное определение характеристик трещиностойкости при циклическом нагружении.

Тема 4. Влияние нагрева на структуру и свойства деформируемого металла.

Пример 1. Проследить изменения структуры и свойств холоднокатаной стальной ленты после отжига и объяснить процессы, происходящие при этом в металле.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное изучение процесса изготовления холоднокатаной стали – самостоятельный анализ процессов, происходящих после отжига холоднокатаной стали – самостоятельное объяснение причины отжига.

Пример 2. Построить диаграмму рекристаллизации жаропрочного никелевого сплава.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ факторов, влияющих на процесс рекристаллизации – самостоятельное построение диаграммы рекристаллизации – самостоятельное объяснение точек диаграммы с заключением определенных выводов.

Тема 5. Железо и его сплавы.

Пример 1. Описать структуру отожженной доэвтектоидной углеродистой стали, приведенной на рис. 7, Приложение 3. Определить по структуре содержание углерода и по диаграмме состояния $Fe-Fe_3C$ – температуры критических точек этой стали.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ структуры приведенной стали – самостоятельное установление содержания углерода – самостоятельное определение температур критических точек по диаграмме состояния $Fe-Fe_3C$.

Пример 2. Определить по относительному количеству структурных составляющих приближенное содержание углерода в доэвтекктическом и заэвтекктическом чугунах. Составить программу расчета количественного соотношения структурных и фазовых составляющих белых чугунов при различных температурах. Примеры для расчета придумать свои.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ структуры белых чугунов – самостоятельное осмысление логики определения количества углерода по фазовому составу – самостоятельное составление программы расчета.

Тема 6. Теория термической обработки.

Пример 1. Охарактеризовать возможные дефекты термической обработки и объяснить почему изделия после правильно выполненной закалки и последующего отпуска имеют заниженную твердость. Определить пути исправления такого дефекта.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ дефектов термической обработки – самостоятельное объяснение причин заниженной твердости изделий после закалки и отпуска – самостоятельное определение путей исправления возникающего дефекта.

Пример 2. Описать, в чем заключается низкотемпературная термомеханическая обработка конструкционной стали. Объяснить с позиций теории дислокаций причины упрочнения стали. Сравнить низкотемпературную термомеханическую обработку с высокотемпературной термомеханической обработкой.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельное осмысление природы упрочнения стали при ТМО – самостоятельный анализ меха-

низмов НТМО и ВТМО – самостоятельное описание процессов, происходящих при обоих видах ТМО с выявлением преимуществ и недостатков каждого из них.

Тема 7. Технология термической обработки.

Пример 1. Для поверхностного упрочнения изделий из стали 20 назначить вид термообработки, описать технологию, происходящие в стали превращения, структуру и свойства.

Алгоритм выполнения примера 1.

Пример 2. Определить температуру нормализации, отжига и закалики для стали У12 и кратко описать микроструктуру и свойства стали после каждого вида термической обработки.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ режимов термической обработки – самостоятельное определение температуры нормализации, отжига и закалики для стали У12 с помощью диаграммы состояния $Fe-Fe_3C$ – самостоятельное описание микроструктуры и свойств стали после каждого вида термической обработки.

Тема 8. Химико-термическая обработка стали.

Пример 1. Получить структуру цементованного слоя с необходимым распределением углерода по сечению, проводя цементацию и последующее медленное охлаждение с температуры цементации. Изобразить схематически характерные зоны с указанием количества углерода.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное осмысление процесса цементации – самостоятельное проведение цементации по методике лабораторной работы № 7 – самостоятельный анализ полученной структуры – самостоятельная зарисовка микроструктуры зон цементованного слоя.

Пример 2. Выбрать углеродистую цементуемую сталь для конических зубчатых колес диаметром 50 мм, работающих в условиях динамических нагрузок и повышенного износа. Указать состав, режим термической обработки и механические свойства стали в сердцевине и на поверхности.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ цементуемых сталей – самостоятельное обоснование режимов термической и химико-термической обработки – самостоятельное описание свойств и структуры стали после обработки.

Тема 9. Конструкционные стали.

Пример 1. Назначить режим термической обработки шестерни из стали 20 с твердостью зуба, равной HRC58-62. Описать микроструктуру-

ру и свойства поверхности зуба и сердцевины шестерни после термической обработки данной стали.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ сталей данного класса – самостоятельное определение режима термической обработки данной стали, обеспечивающей необходимый уровень твердости – самостоятельное обоснование режима термообработки с описанием микроструктуры и свойств поверхности зуба и сердцевины шестерни.

Пример 2. Для получения повышенной твердости по всему сечению (HB250-280) назначить режим термической обработки деталей машин из стали 40ХН. Расшифровать состав, объяснить влияния легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки данной стали. Описать структуру и свойства стали после термической обработки.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ сталей данного класса – самостоятельное определение режима термической обработки данной стали, обеспечивающей необходимый уровень твердости – самостоятельное обоснование режима термообработки с описанием микроструктуры и свойств.

Тема 10. Инструментальные стали.

Пример 1. Выбрать марку стали и оптимальный режим термической обработки для измерительных инструментов (калибры, измерительные плитки), которые должны обладать высокой твердостью, хорошим сопротивлением износу и не изменять своих размеров. Описать структуру и свойства выбранной стали.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ сталей инструментального класса – самостоятельный выбор марки стали и оптимального режима термической обработки, обеспечивающей необходимый уровень свойств – самостоятельное обоснование режима термообработки с описанием микроструктуры и свойств.

Пример 2. Рекомендовать сталь для изготовления сверла с указанием режимов термической обработки и обоснование влияния легирования на превращения, происходящие в стали на всех этапах термической обработки. Описать структуру и свойства выбранной стали после термической обработки.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ инструментальных сталей – самостоятельный выбор марки стали для обеспечения работы сверл – самостоятельный выбор режимов термообработки с объяснением влияния легирования – самостоятельное описание структуры и свойств стали.

Тема 11. Стали и сплавы с особыми свойствами.

Пример 1. Выбрать жаропрочную сталь (сильхром) для клапанов мощных тракторных двигателей. Расшифровать состав; назначить режим термообработки; описать микроструктуру и свойства стали после термической обработки.

Алгоритм выполнения примера 1.

Пример 2. Подобрать состав стали, устойчивой против действия воды, водяных паров, влажного воздуха и морской воды для деталей оборудования морских судов. Указать марки, химический состав, режим термической обработки, микроструктуру и механический свойства выбранных сталей.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ коррозионностойких сталей – самостоятельный поиск оптимальной марки стали для указанных условий работы – самостоятельное обоснование выбранной стали с указанием химического состава, режима термической обработки – самостоятельное описание микроструктуры и механических свойств выбранной стали.

Тема 12. Легкие сплавы.

Пример 1. Из легких сплавов (плотностью $2,7 \text{ т/м}^3$) изготавливают литьем детали колес, агрегатов и приборов самолетов, имеющих сложную форму и не испытывающих больших механических нагрузок. Выбрать для указанного назначения конкретный состав сплава, указать его микроструктуру и способы повышения механических свойств.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное осмысление условий работы указанных изделий и необходимых свойств материала – самостоятельный анализ алюминиевых сплавов – самостоятельный выбор и обоснование сплава определенного состава и структуры – самостоятельное предложение способов упрочнения выбранного сплава.

Пример 2. Топливные и масляные баки самолетов изготавливают из сплава плотностью $1,7 \text{ т/м}^3$. Этот сплав имеет высокую пластичность в горячем состоянии, стойкость против коррозии, а также допускает сварку длинных швов. Определить химический состав сплава, его структуру и механические свойства. Сопоставить выбранный сплав с аналогичными.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельное осмысление условий работы названных изделий и необходимых свойств материала – самостоятельный анализ легких сплавов, соответствующих предъявляемым требованиям – самостоятельный выбор и обоснование сплава нужного состава, структуры и свойств – самостоятельное сравнение выбранного сплава с аналогичными.

Тема 13. Медь и ее сплавы.

Пример 1. Для работы в условиях пресной воды и пара под давлением арматуру котлов, трубки и корпуса приборов изготавливают из цветных сплавов, стойких против коррозии. Определить состав, способ изготовления, структуру и механические свойства сплавов для данного применения.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное осмысление условий работы указанных изделий и необходимых для этого свойств материала – самостоятельный анализ медных сплавов – самостоятельный выбор и обоснование сплавов определенного состава, структуры, механических свойств.

Пример 2. Для изготовления токопроводящих упругих элементов выбрать сплав оптимального химического состава. Указать режим термической обработки и получаемые механические свойства. Описать процессы, происходящие при термической обработке и объяснить природу упрочнения.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ медных сплавов – самостоятельный выбор и обоснование сплава оптимального химического состава, режима термической обработки, механических свойств – самостоятельное описание процессов, происходящих при термической обработке и объяснение природы упрочнения с помощью диаграммы состояния $Cu-Be$.

Тема 14. Цинк, свинец, олово и их сплавы.

Пример 1. Для заливки вкладышей подшипников скольжения выбрать сплав определенного состава, указать микроструктуру и необходимые свойства данного сплава.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное осмысление работы вкладышей подшипников скольжения – самостоятельный анализ подшипниковых сплавов – самостоятельный выбор сплава оптимального состава, структуры и свойств.

Пример 2. Современные механизмы и машины, работающие на истирание, испытывают различные условия и характер износа. Определить в каких случаях и по каким причинам следует применять баббиты. Привести химический состав и описать структуру, обеспечивающую необходимый набор свойств.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельное осмысление условий работы машин в условиях износа – самостоятельный анализ баббитов – самостоятельное описание структуры и свойств выбранного баббита с определенным набором механических свойств.

Тема 15. Полимерные материалы.

Пример 1. Описать антифрикционные покрытия металлов полимерами. Привести характеристику их свойств и условия применения.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный поиск материалов по антифрикционным покрытиям металлов полимерами – самостоятельный анализ полимерных покрытий – самостоятельное описание характеристик свойств и условий применения полимерных покрытий.

Пример 2. Описать способы изготовления газонаполненных пластмасс (пено- и поропласты). Указать их свойства и область применения.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ газонаполненных пластмасс – самостоятельное описание способов изготовления указанных пластмасс – самостоятельное выявление области применения по их свойствам.

Тема 16. Резиновые материалы.

Пример 1. Описать электротехнические резиновые материалы. Выбрать проводящие резиновые материалы для конкретного назначения.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ классификационных признаков резиновых материалов – самостоятельное определение резиновых материалов для электротехнической промышленности – самостоятельный выбор проводящих резиновых материалов.

Пример 2. Описать типы противостарителей (антиоксидантов), используемых в производстве резиновых материалов. Выбрать тип противостарителя для задержки окисления каучука.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ состава резиновых материалов – самостоятельное обоснование выбора противостарителя конкретного назначения.

Тема 17. Силикатные материалы.

Пример 1. Описать состав, свойства, преимущества, недостатки неметаллической керамики высокой огнеупорности.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ керамических материалов – самостоятельное определение состава и свойств неметаллической керамики высокой огнеупорности – самостоятельное выявление преимуществ и недостатков указанного материала.

Пример 2. Описать свойства и особенности строения ситаллов, методы их получения. Установить влияние состава и количества кристаллической фазы на свойства ситаллов. Указать область применения.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ данного класса неметаллических материалов – самостоятельное описание свойств,

строения и методов получения ситаллов – самостоятельное определение влияния состава и количества кристаллической фазы на свойства ситаллов – самостоятельное описание области применения ситаллов.

Тема 18. Древесные материалы.

Пример 1. Описать пиломатериалы и их типы. Привести способы разделки круглого леса на пиломатериалы.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельный анализ обработки лесоматериалов – самостоятельное описание способов разделки круглого лесоматериала с помощью рисунков.

Пример 2. Выбрать в соответствии с ГОСТом породы древесины, предназначенных для гидротехнических сооружений и элементов мостов.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельный анализ лесоматериалов – самостоятельный поиск ГОСТов на древесину – самостоятельный выбор пород древесины для конкретного назначения.

Тема 19. Композиционные материалы.

Пример 1. Для снижения массы деталей аппаратов их изготавливают из сложных материалов, обладающих высокой удельной прочностью, коррозионной стойкостью и износостойкостью. Описать тип подобного материала, свойства его составляющих и материала в целом, способы изготовления из него деталей разного назначения.

Алгоритм выполнения примера 1. Самостоятельное осмысление композиционных материалов, пригодных для применения указанных аппаратов – самостоятельный анализ структуры и свойств выбранного композита – самостоятельное описание способа изготовления из данного материала деталей.

Пример 2. Для снижения массы автомобиля кабину и кузов изготавливают не из стального листа, а из материалов, отличающихся высокими удельными значениями прочности, жесткости и коррозионной стойкости, а также технологичностью при изготовлении изделий. Рекомендовать материал, обладающий указанными свойствами, описать особенности его строения и технологический процесс изготовления из него изделия.

Алгоритм выполнения примера 2. Самостоятельное осмысление композиционных материалов, пригодных для указанного применения – самостоятельный анализ структуры и свойств рекомендуемого композита – самостоятельное описание технологического процесса изготовления изделия.

Дадим пояснения для выполнения заданий по выбору сплавов и назначению режимов термической обработки в зависимости от условий эксплуатации, относящихся к повышенному уровню сложности. Самостоятельное выполнение этого типа заданий заключается в обоснованном выборе состава сплавов из числа применяемых в технике и назначении наиболее типичных режимов термической обработки. Сделанный выбор должен обеспечить надежность деталей в условиях эксплуатации, указанных в каждом отдельном задании.

Для выполнения заданий необходимо: а) *проанализировать* условия службы деталей изделий, возникающее в них напряженное состояние, возможные виды разрушений и другие причины выхода детали из строя;

б) *определить* группу сплавов, обладающих свойствами, близкими к требуемым (конструкционные, инструментальные, стали и сплавы с особыми свойствами); в) *ознакомиться* с классификацией, составом и назначением сталей и сплавов, используемых в технике. Эти данные приведены в учебно-методической литературе, приведенной в конце пособия.

При выполнении заданий необходимо руководствоваться следующими методическими указаниями:

- рассмотреть возможность использования наиболее дешевых или менее дорогих материалов из числа применяемых в машиностроении. В то же время следует учесть, что эти материалы должны обладать более высоким уровнем требуемых свойств, обеспечивающим более длительный срок службы деталей и конструкций. Это позволяет снизить металлоемкость указанных изделий;

- при выборе стали или сплава необходимо учитывать технологические свойства, важные при изготовлении изделий для повышения характеристик, снижения трудоемкости и расхода материалов;

- если свойства выбираемых сплавов полностью не удовлетворяют требованиям задания, то следует рассмотреть возможность их улучшения выбором термической или химико-термической обработки. Для этого можно использовать таблицу обобщенных параметров типовых методов упрочнения (табл. 7), приведенную в работе [7];

- необходимо указывать виды и режимы рекомендуемой термической обработки, ХТО, ТМ, а также получаемую микроструктуру и свойства. При выборе режимов обработки необходимо стремиться к указанию наиболее экономичных и производительных способов, особенно для деталей изготавливаемых в условиях массового или крупносерийного производства (закалка ТВЧ, газовая цементация, ТМО), переменных нагрузок (валы зубчатых колес), необходимо рекомендовать

обработку, повышающую предел выносливости (цементация, азотирование, цианирование, закалка ТВЧ и др.);

- дорогие легированные стали, особенно содержащие *Ni*, *W*, *Mo*, *Nb*, *Co*, *Zr* или цветные сплавы следует рекомендовать в тех случаях, когда выбор более дешевых материалов не может обеспечить требований, указанных в задаче. Сделанный выбор необходимо обосновать.

4. Контроль самостоятельной работы студентов

В соответствии с уровнями сложности предлагаемых заданий необходима разработка контрольных мероприятий для оценки результативности самостоятельной работы студентов. Процесс контроля осуществляется разными методами и в значительной мере зависит от качества составления контрольных материалов.

Среди комплекса применяемых контрольных мероприятий наибольшее распространение получили тестовые вопросы. Учитывая, что вопросы сами по себе могут быть средством познания, важно обеспечить их качественную разработку, соответственно задаваемым целям обучения. Систематизация тестовых вопросов по курсу дисциплины «Материаловедение» по уровням сложности, соответственно классификации заданий на самостоятельное выполнение (табл. 2), позволяет установить ступенчатый контроль знаний и оценивать процесс усвоения от низкого уровня сложности к высокому. Приведенные в п. 4. 1. – 4. 4. примеры контрольных вопросов тестового типа, с пояснениями для разного уровня сложности, могут быть организованы различным способом (например, все ответы могут быть правильными, а нужный ответ – это оптимальный). Поиск правильных вариантов требует, прежде всего, общей ориентировки в изучаемых темах, и далее, по мере усвоения, возрастающего уровня теоретических знаний, умений устанавливать причинно-следственные связи и скрытые различия в некоторых сходных формулировках ответов.

Контрольной работой на самостоятельную исследовательскую деятельность может выступать реферативная работа, организованная специальным образом. Здесь для обеспечения проблемного содержания учебных заданий для самостоятельной работы следует вносить элементы научного исследования. То есть, тематика научных рефератов должна содержать определенную научную проблему материаловедения. При этом проблемной ситуацией при написании рефератов может быть необходимость выбора из совокупности имеющихся возможностей путей решения одной, что усложняется обязательным условием

аргументации причин выбора данного решения. Студент должен проявить полную самостоятельность от постановки проблемы исследования, формулировки гипотезы, предложения путей решения, обоснования доказательств, заключения выводов из полученных фактов. В результате реализуется максимально полный цикл поисковых шагов научного исследования. В зависимости от полноты освещения темы, уровня ее обсуждения и степени соответствия указанным требованиям, осуществляется оценка качества самостоятельной исследовательской работы студентов. Контроль самостоятельной исследовательской деятельности осуществляется в соответствии с разработанными рекомендациями к написанию рефератов, приведенных в Приложении 2.

4.1. Контрольные вопросы первого уровня сложности

К тестам первого уровня сложности относят тесты на опознание, различение, классификацию, подстановку. Здесь фактически студент отвечает на вопросы, связанные с осознанием понятий и терминов дисциплины. Это начальный уровень освоения знаний, основывающийся на ориентировочный рефлекс. Зная теоретические положения в недостаточном объеме, студент может найти правильный ответ при условии внимательного прочтения вопроса, т. е. достаточно иметь уровень «знаний знакомств» (см. табл. 3). Так, по теме 1 «Строение материалов», достаточно иметь общее представление о принципах строения материалов, чтобы выбрать наиболее верные определения на основе приведенных описаний или графических изображений, или расчетных формул. В приведенном ниже примере вопроса содержится информация о типах кристаллической решетки, характерных для атомов α -железа при разных температурах. Правильный ответ на данный вопрос может означать, что студент ориентируется в особенностях кристаллического строения металлических материалов. Здесь возможны вопросы на конкретизацию того или иного понятия, выявляющие меру понимания данной темы. Пример вопроса темы 1: Какой тип кристаллической решетки образуют в пространстве атомы α -железа при низких температурах? Возможные ответы для выбора: а) объемноцентрированную кубическую решетку (ОЦК);

в) гранецентрированную кубическую решетку (ГЦК); с) гексагональную плотноупакованную (ГПУ); d) тетрагональную; е) простейшую кубическую.

По теме 2 «Строение сплава» важно на начальном этапе изучения усвоить сущность базовых понятий, их отличия и главные характери-

стики. На основе понимания внутреннего строения металлических материалов, возможно осуществлять их анализ с помощью существующих методов исследований. Характер вопросов предполагает однозначный ответ. Например: Что означает понятие «фаза» для сплавов? Возможные ответы для выбора: а) однородная часть сплава, имеющая одинаковый состав, строение и отделяющаяся от других частей поверхностью раздела; в) тип химической связи; с) кристаллическое состояние одного из сплавленных компонентов; d) сложное вещество; е) компонент сплава.

Начальный уровень сложности вопросов темы 3 «Пластическая деформация и механические свойства металлов» подразумевает усвоение понятийных определений видов деформаций и принятых обозначений механических характеристик. Важно научиться отличать по определенным признакам механические свойства материалов от других (физических, химических, технологических). Пример вопроса темы 3: Какие свойства следует отнести к механическим? Возможные ответы для выбора: а) прочность; в) магнитную проницаемость; с) коррозионную стойкость; d) температуру плавления; е) свариваемость.

Тема 4 «Влияние нагрева на структуру и свойства деформируемого металла» включает рассмотрение ряда явлений, происходящих в металле под воздействием деформации и температуры. Их понимание основывается на различении возврата от рекристаллизации, наклепа и отжига. Пример вопроса темы 4: Что понимают под явлением рекристаллизации? Возможные ответы для выбора: а) кристаллизацию металлов при охлаждении; в) рост новых зерен при нагреве;

с) скорость нагрева при термообработке; d) изменение типа диаграммы состояния сплава; е) явление полиморфизма.

Тема 5 «Железо и его сплавы» является наиболее важной при изучении структуры и свойств металлических материалов. Знание железоуглеродистых сплавов облегчит усвоение последующих тем, посвященных металлическим материалам, т. к. их изучение методологически опирается на данную тему. Контрольные вопросы первого уровня сложности этой темы могут быть ориентированы на определение понимания структурных особенностей, выявляемых с помощью диаграммы состояния. Например: Какие фазы входят в структуру сталей при комнатной температуре? Возможные ответы для выбора: а) Ф, П, Ц; в) А, Ф, Ц; с) П, Ц, Л; d) Ф, Г, П; е) Ф, А, Ц.

По теме 6 «Теория термической обработки» вопросы первого уровня сложности не только выявляют знание основных понятий, но и ориентируют на последующее объяснение тех или иных механизмов превращений при нагреве или охлаждении. Пример: Что называют

критической скоростью охлаждения ($V_{кр}$)? Возможные ответы для выбора: а) наименьшую скорость охлаждения, при которой аустенит полностью превращается в мартенсит; в) скорость охлаждения, обеспечивающую полноту любых фазовых превращений; с) наибольшую скорость охлаждения; д) скорость охлаждения при закалке; е) скорость охлаждения, при которой аустенит не успевает распасться, а сохраняется в структуре закаленной стали.

Тема 7 «Технология термической обработки» предполагает знание конкретных режимов термообработки для получения нужных свойств. Для первого уровня сложности еще не требуется конкретизация условий обработки для определенных марок сталей или других сплавов, достаточно общее представление о применении разных видов термообработки. Пример вопроса: Какую термообработку применяют для устранения наклепа? Возможные ответы для выбора: а) рекристаллизационный отжиг; в) отпуск; с) диффузионный отжиг;

д) закалка; е) старение.

Составление контрольных вопросов первого уровня сложности по теме 8 «Химико-термическая обработка» основывается на тех же методических рекомендациях, что и в предыдущей теме, т. к. химико-термическая обработка является разновидностью термической обработки. Пример вопроса: Как называется термообработка, заключающаяся в поверхностном насыщении металла каким-либо химическим элементом? Возможные ответы для выбора: а) закалка; в) отпуск; с) старение; д) химико-термическая обработка; е) термомеханическая обработка.

Обширность темы 9 «Конструкционные стали» позволяет включать множество вопросов для контроля первого этапа усвоения. При этом все они носят информативный характер, т. е. ответы на них не требуют научной интерпретации. Например: Какие из приведенных легирующих элементов измельчают зерно при введении их в количестве до 0,1 %? Возможные ответы для выбора: а) Mn ;

в) Si ; с) Zr ; д) Cu ; е) B .

Контроль усвоения темы 10 «Инструментальные стали», так же как и предыдущей темы, может быть осуществлен на данном уровне с помощью вопросов информативного характера. Выявив степень информированности студента по конкретным вопросам, касающихся классификационных признаков, особенностей существующих марок инструментальных сталей, возможно переходить к следующим уровням сложности, связанных с конкретным применением на практике. Пример вопроса темы 10: Какие из приведенных групп сталей относят к инструментальным? Возможные ответы для выбора: а) рессорно-пружинные; в) строительные; с) жаропрочные; д) нержавеющие;

е) автоматные.

По теме 11 «Стали и сплавы с особыми свойствами» контрольные вопросы первого уровня сложности могут быть направлены на установление степени усвоения влияния конкретных легирующих элементов на определенные свойства материалов. Например: Какое главное свойство приобретает сталь при введении в нее хрома больше 12 %? Возможные ответы для выбора: а) прочность; в) пластичность; с) коррозионную стойкость;

д) износоустойчивость; е) ударную вязкость.

Изучение темы 12 «Алюминий, магний, бериллий и их сплавы» предполагает усвоение на начальном этапе основных сведений по применению, преимуществ легких сплавов, а также принципам их классификации. Отсюда исходит и содержание контрольных вопросов первого уровня сложности. Примерный вопрос темы 12: Какой из приведенных алюминиевых сплавов применяется в деформированном виде и упрочняется термической обработкой? Возможные ответы для выбора: а) АМц; в) АМг; с) Д1; д) АЛ2; е) АЛ9.

Контрольные вопросы первого уровня сложности по теме 13 «Медь и ее сплавы» направлены на выявление знаний преимуществ медных сплавов, исходящих из особенностей чистой меди. Обязательным является знание маркировок медных сплавов с умением их расшифровывать. Например: Как расшифровать марку медного сплава ЛС59? Возможные ответы для выбора: а) литейный сплав, содержащий 59 % *Cu*; в) латунь, содержащая 59 % *Cu*; 1 % *Pb*; 40 % *Zn*; с) латунь, содержащая 59 % *Cu*; д) латунь свинцовистая, имеющая 59 % пластичности;

е) легированный сплав с заводским номером 59.

Для определения степени усвоения темы 14 «Цинк, свинец, олово и их сплавы» на первом этапе, достаточно ориентироваться в свойствах металлов, применяемых для подшипников. Пример вопроса: Какие металлы лежат в основе подшипниковых сплавов – баббитов? Возможные ответы для выбора: а) *Sn*, *Pb*; в) *Zn*, *Cd*; с) *Ni*, *Cr*; д) *Fe*, *Mn*; е) *Al*, *Cu*.

При изучении темы 15 «Полимерные материалы» необходимо обратить внимание на особенности строения полимеров, которые лежат в основе неметаллических материалов. Поэтому важно разобраться в признаках, определяющих классификационный ряд полимеров. Пример вопроса первого уровня сложности: Какие пластмассы относятся к термореактам? Возможные ответы для выбора: а) капрон; в) текстолит; с) полистирол; д) полиэтилен; е) поливинилхлорид.

По теме 16 «Резиновые материалы» важно уяснить знание состава резинового материала, влияния различных добавок на его свой-

ства для конкретного применения. Примерный вопрос первого уровня сложности: Какое сырье является исходным для получения резины? Возможные ответы для выбора:

а) шихта; в) каучук; с) стекло; d) керамика; е) древесина.

Контрольные вопросы первого уровня сложности темы 17 «Керамические материалы, стекла, ситаллы» имеют целью выяснение знаний химического, фазового состава технической керамики, ее свойств; уяснения сущности стеклообразного состояния. Например: Какие модифицирующие оксиды используют для изменения физико-химических свойств стекол? Возможные ответы для выбора:

а) оксиды кремния; в) оксиды бора; с) оксиды германия; d) оксиды мышьяка; е) оксиды щелочных металлов.

При изучении темы 18 «Древесные материалы» студент знакомится со строением древесины, ее свойствами как конструкционного материала. Для контроля усвоения на первом уровне сложности возможны вопросы на различение пород древесины, выявление их преимуществ и недостатков. Пример: Какие древесные породы обладают наименьшей плотностью? Возможные ответы для выбора: а) дуб; б) граб; с) груша; d) самшит; е) сосна.

По теме 19 «Композиционные материалы» могут быть предложены контрольные вопросы первого уровня сложности, связанные с выявлением знания компонентного состава данного класса материалов. При этом на данном уровне преждевременно включение довольно сложных вопросов их получения. Примерный вопрос темы 19: Какие материалы не используются в качестве волокнистых наполнителей композиционных материалов? Возможные ответы для выбора: а) свинцовистые; в) стеклянные; с) органические; d) углеродные; е) борные.

4.2. Контрольные вопросы второго уровня сложности

Контроль усвоения на втором уровне сложности охватывает вопросы проблемного и практического характера. Они могут быть сформулированы нестандартным образом. В зависимости от степени усвоения и запоминания теоретического материала, данные ответы востребуют т. н. «знания-копии» (см. табл. 3). При наличии практического опыта и понимания вероятность выбора правильного ответа повышается. Приведем примеры вопросов данного уровня сложности по выделенным 19 темам учебной программы курса материаловедения.

Контрольные вопросы данного уровня сложности по теме 1 «Строение материалов» ориентированы на более глубокое понимание опорных понятий структуры материалов. Здесь уместны вопросы на знание как ос-

новых, так и вспомогательных дефиниций материаловедения. Например: Что представляют собой дислокации? Возможные ответы для выбора: а) линейные дефекты кристаллического строения; в) точечные дефекты кристаллов; с) поверхностные дефекты; d) нарушения порядка упаковки атомов в тонком слое плоскости; e) субграницы.

По теме 2 «Строение сплава» студент должен осознавать зависимость свойств от влияния определенных структурных составляющих. Следовательно, контроль усвоения должен быть направлен на выявление понимания причин отличительных свойств материалов, для чего необходимо знание особенностей строения твердых тел, а также факторов, влияющих на поведение материалов. Пример: Что позволяет установить правило Курнакова? Возможные ответы для выбора: а) критические точки диаграммы состояния сплава; в) изменения количества дефектов сплава; с) количество фазовых составляющих сплава; d) связь между структурой и свойствами; e) режим термической обработки.

Контрольные вопросы второго уровня сложности по теме 3 «Пластическая деформация и механические свойства металлов» могут потребовать размышлений, связанных с более глубоким пониманием явлений, происходящих при действии механических нагрузок. Здесь возможны вопросы, ответы на которые связаны с анализом графических зависимостей и расчетных формул. Пример: Начиная с какого напряжения материал испытывает пластическую деформацию? Возможные ответы для выбора: а) σ_B ; в) $\sigma_{0,2}$; с) $\sigma_{ПЦ}$; d) σ_W ; e) σ_R .

По теме 4 «Влияние нагрева на структуру и свойства деформируемого металла» на данном уровне сложности важно усвоить разного рода особенности процессов, происходящих в структуре деформированного металла при нагреве. Отсюда и характер контрольных вопросов, предполагающих ответы, отражающих знание теоретического материала. Например: Каким образом меняются свойства деформированного металла при нагреве? Возможные ответы для выбора: а) пластичность понижается; в) прочность повышается;

с) пластичность повышается; d) пластичность не меняется; e) прочность не меняется.

Контроль усвоения темы 5 «Железо и его сплавы» на втором уровне сложности обеспечивается вопросами на более глубокое знание структурных составляющих железных сплавов, их возможных превращений, а также закономерных связей со свойствами.



Пример вопроса: Микроструктуре какого сплава соответствует данный схематический рисунок?

Возможные ответы для выбора:

- а) доэвтектоидной стали; в) эвтектоидной стали;
- с) заэвтектоидной стали; d) эвтектического чугуна;
- е) технически чистого железа.

По теме 6 «Теория термической обработки» и теме 7 «Технология термической обработки» контрольные вопросы второго уровня сложности основываются на понимании сущностных оснований используемых терминов и понятий. Только разобравшись в механизмах и особенностях фазовых превращений при нагреве и охлаждении, возможно назначать те или иные виды термообработки. Поэтому при ответе на контрольные вопросы данного уровня важно, наряду с запоминанием, качество усвоения теоретического материала. Правильный выбор ответа зависит и от наличия практического опыта, который приобретается как в процессе лабораторных занятий, так и в период прохождения практик, или проведения исследовательских работ.

Примеры вопросов: Чем отличается отжиг первого рода от отжига второго рода? Возможные ответы для выбора: а) не отличается; в) режимами нагрева, выдержки, охлаждения; с) наличие фазовых превращений в сплаве; d) степенью распада структурных составляющих; е) скоростью охлаждения.

Какая термообработка применяется для литых структур для приведения сплава к химически однородному состоянию? Возможные ответы для выбора:

- а) термомеханическая обработка; в) диффузионный отжиг;
- с) рекристаллизационный отжиг; d) химико-термическая обработка;
- е) нормализация.

По теме 8 «Химико-термическая обработка» студент должен понимать сущность процессов, происходящих при данной обработке. Контрольные вопросы могут заключать в себе сопоставление разновидностей ХТО с целью выяснения различия между ними. Например: Что происходит при нагреве стали в газовой среде метана в течение длительного времени? Возможные ответы для выбора:

- а) распад фазовых составляющих; в) поверхностное насыщение углеродом;
- с) поверхностное насыщение водородом; d) изменение дислокационной структуры;
- е) рекристаллизация.

Темы 9, 10, 11 «Конструкционные стали», «Инструментальные стали», «Стали и сплавы с особыми свойствами» объединены общим характером контрольных вопросов данного уровня сложности. Здесь важно оценить системное владение материалом по разным группам промышленных сталей. Сложность этих вопросов заключается в огромном многообразии используемых марок сталей и сплавов и задача состоит в том, чтобы студент мог отличать составы этих марок, оценивать влияние легирующих элементов на их свойства. Примеры вопросов: Какой показатель качества лежит в основе деления сталей на стали обыкновенного качества, качественные, высококачественные, особо высококачественные? Возможные ответы для выбора: а) количество легирующих элементов; в) содержание вредных примесей S и P ; с) фазовый состав; d) режим термической обработки; e) механические свойства.

Каков химический состав инструментальной стали *XBCI*? Возможные ответы для выбора: а) $0\% C, 1\% Cr, 1\% W, 1\% Si, 1\% Mn$; в) $0,1\% C, 1\% Cr, 1\% W, 1\% Si$,

$1\% Mn$; с) буквы показывают условия выплавки; d) буквы обозначают завод-изготовитель; e) $1,0\% C, 1\% Cr, 1\% W, 1\% Si, 1\% Mn$.

Какие группы сталей относят к сталям с особыми свойствами: Возможные ответы для выбора: а) быстрорежущие; в) штамповые; с) шарикоподшипниковые; d) строительные; e) жаропрочные.

Контрольные вопросы второго уровня сложности по теме 12 «Алюминий, магний, бериллий и их сплавы» ориентированы на выявление умения идентифицировать разные легкие сплавы по применению, структуре, свойствам и обработке. Пример: Какой из приведенных алюминиевых сплавов относится к литейным? Возможные ответы для выбора: а) силумины (АЛ2 и др.);

в) дюралюмин (Д1 и др.); с) АК1; d) АМц; e) АМг.

Усвоение темы 13 «Медь и ее сплавы» на данном этапе аналогично усвоению предыдущей темы, что востребует контроля знаний по классификационным признакам сплавов, структуре и свойствам. Пример: Как расшифровать марку медного сплава БрОЦС5-3-5? Возможные ответы для выбора:

а) бериллиевый сплав, содержащий $0,5\% O, 0,5\% S$; в) бронза, содержащая $0,5\% O, 0,5\% Zn, 0,5\% Pb$; с) бронза, содержащая $5\% Sn, 3\% Zn, 5\% Pb$, остальное медь;

d) бронза, содержащая $0,5\% Sn, 0,3\% Zr, 0,5\% S$; e) буквы обозначают фазовый состав в процентном соотношении.

Контрольные вопросы второго уровня сложности по теме 14 «Цинк, свинец, олово и их сплавы» могут быть направлены на выяснение пони-

мания преимуществ баббитов разных составов. Например: Какое из перечисленных свойств не удовлетворяет баббитовые сплавы? Возможные ответы для выбора: а) высокое сопротивление трению; в) высокая износоустойчивость; с) способность выдерживать контактные нагрузки; d) способность удерживать смазку; е) высокая пластичность.

При контроле усвоения темы 15 «Полимерные материалы» важно проверить степень понимания того, что пластические массы получают на основе органических полимерных связывающих веществ, которые являются обязательными компонентами, наряду с другими важными компонентами – наполнителями и отвердителями. Пример вопроса: Какие пластмассы относят к термопластам? Возможные ответы для выбора: а) поликарбонат; в) волокнит; с) гетинакс; d) текстолит; е) эпоксид.

По теме 16 «Резиновые материалы» контрольными вопросами второго уровня сложности можно выявить знание подробностей влияния порошковых и органических наполнителей на свойства резины, свойства некоторых марок резин. Пример вопроса темы 16: Как разделяют резины? Возможные ответы для выбора: а) термореакты и термопласты; в) с металлической и полимерной матрицей; с) общего и специального назначения; d) конструкционные и инструментальные; е) легкие и тяжелые.

Вопросы второго уровня сложности по теме 17 «Керамические материалы, стекла, ситаллы» рассчитаны на более глубокое понимание внутреннего строения неорганических материалов. Они проявляют знание причин использования тех или иных видов керамических материалов. Пример вопроса темы 17: Какие меры используют для повышения механических свойств стекол? Возможные ответы для выбора: а) исключение из состава оксидных щелочных оксидов;

в) закалку и термомеханическую обработку; с) вспенивание расплавленного стекла путем введения газообразующих веществ; d) введение катализаторов; е) поверхностную обработку.

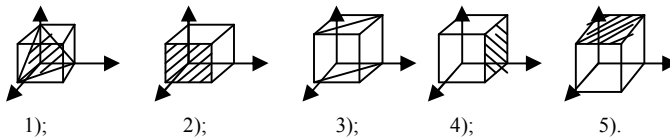
По теме 18 «Древесные материалы» контрольные вопросы второго уровня сложности направлены на выявление расширенных представлений о данном классе материалов. Например: Какие недостатки имеет древесина? Возможные ответы для выбора: а) малую плотность; в) высокую удельную прочность; с) сопротивление ударным нагрузкам; d) высокую водопоглощаемость; е) низкий температурный коэффициент теплового расширения.

Контрольные вопросы темы 19 «Композиционные материалы» предполагают выяснение понимания принципиальных отличий композитов разного типа, а также знание свойств в зависимости от вида матрицы и формы, размеров и взаимного расположения наполнителя. На-

пример: Какую функцию выполняет матрица композиционных материалов? Возможные ответы для выбора: а) воспринимает основные напряжения; в) придает прочность; с) обеспечивает совместную работу волокон; d) придает жесткость в определенном направлении; е) удерживает смазку.

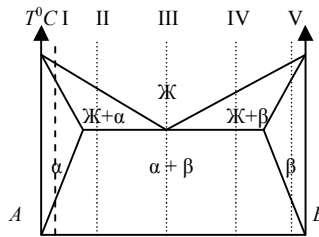
4.3. Контрольные вопросы третьего уровня сложности

Тесты третьего уровня сложности предполагают и нетиповые вопросы, при этом они адаптированы к рекомендованным источникам информации (с частичным использованием неадаптированных источников), а также привязаны к наличному опыту экспериментальных исследований. Умение ответить на вопросы данного уровня востребует исследовательский стиль мышления, предполагающий развитие способности к анализу, обобщению, сравнению и т. п. Другими словами, тесты этого уровня опираются на «знания–умения» с использованием графических зависимостей, расчетных формул, модельных представлений. К примеру, контрольные вопросы темы 1 «Строение материалов» на данном уровне сложности должны выявить умение студента определять тип связи, кристаллического строения по имеющимся экспериментальным или литературным данным. Например: Какое из приведенных на рисунках положений соответствует атомной плоскости [001]:



Возможные ответы для выбора: а) 1); в) 2); с) 3); d) 4); е) 5).

По теме 2 «Строение сплава» необходимо на данном уровне сложности выяснить понимание методики экспериментального построения диаграмм состояния для различных случаев взаимодействия компонентов в твердом состоянии. Пример вопроса: Какой из приведенных пяти сплавов на диаграмме состояния кристаллизуется с одновременным выделением двух твердых фаз, т. е. является эвтектическим? Возможные ответы для выбора: а) I; в) II; с) III; d) IV; е) V.



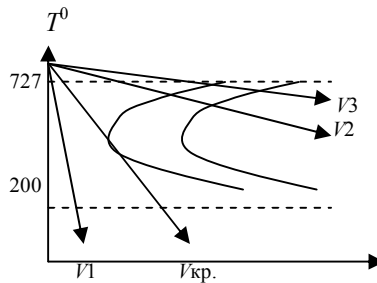
По теме 3 «Пластическая деформация и механические свойства материалов» контрольные вопросы направлены на выявление умения студента применять методы механических испытаний для определения свойств материалов в зависимости от условий эксплуатации. Например: Какие из перечисленных механических характеристик определяют при статических испытаниях? Возможные ответы для выбора: а) k_{cv} , k_{cu} , k_{ct} ; в) σ_w , σ_R ; с) σ_B , $\sigma_{0,2}$, HB ; d) любое из перечисленных; e) K_S .

Третий уровень сложности предполагает, что студент не только обладает пониманием главных вопросов темы 4 «Влияние нагрева на структуру и свойства деформируемого металла», но и способен на действия исследовательского характера при решении конкретных задач. Поэтому контрольные вопросы соответствующие данному уровню сложности могут содержать элементы научного исследования. Пример: От каких факторов зависит размер рекристаллизованного зерна? Возможные ответы для выбора: а) степени деформации и температуры; в) скорости охлаждения; с) режима нагрева; d) количества дислокаций; e) размер рекристаллизованного зерна величина постоянная, не зависящая ни от одного из названных факторов.

Контрольные вопросы третьего уровня сложности темы 5 «Железо и его сплавы» определяют конкретные умения студента по построению и анализу диаграмм состояния, соединению теоретических знаний с практическими действиями при микроанализе или термическом анализе. Пример вопроса: Какой чугун представлен на диаграмме состояния $Fe - Fe_3C$? Возможные ответы для выбора: а) высокопрочный; в) серый; с) белый; d) ковкий; e) эвтектический.

По теме 6 «Теория термической обработки» тестированием на данном этапе усвоения возможно оценить понимание скрытых особенностей термообработки, глубинных связей теории с практикой. Здесь уже требуется

свободное оперирование знаниями всех процессов, происходящих при термообработке, для обоснования любого режима.



Пример вопроса: Какая структура образуется при охлаждении стали со скоростью I_3 ? Возможные ответы для выбора: а) $A + M$; в) M ; с) B ; d) T ; e) P .

Контрольные вопросы темы 7 «Технология термической обработки» близки по характеру к вопросам предыдущей темы, но большее внимание уделяется уже практической стороне процесса термообработки. Например: Какова структура стали с содержанием $C = 1,1 \%$ после неполной закалки? Возможные ответы для выбора: а) M ; в) $M + C_{II} + A_{ост.}$; с) $M + \Phi$; d) $P + C$; e) $A + M$.

По теме 8 «Химико-термическая обработка» так же как и по предыдущей теме, контрольными вопросами оценивается умение оценивать реальные проблемы практики. Пример: Как упрочнить зубья шестерни из конструкционной стали? Возможные ответы для выбора: а) закалкой; в) механико-термической обработкой; с) химико-термической обработкой; d) наклепом; e) старением.

Темы 9, 10, 11, связанные с изучением многочисленных марок конструкционных, инструментальных и сталей с особыми свойствами, требуют контроля знания наиболее известных и широко применяемых материалов, состав которых установлен стандартами и приведен в рекомендуемой справочной и учебной литературе. Для этого необходимо знание принципов классификации по определенным признакам, чтобы раскрыть наиболее характерные особенности в свойствах или применении той или иной марки стали. Примеры вопросов по темам 9–11: Каков химический состав цементуемой стали 18ХНМФА? Возможные ответы для выбора: а) $0,18 \% C$, $1 \% Cr$, $1 \% Ni$, $1 \% Mo$, $1 \% V$, высококачественная; в) $18 \% Cr$, $1 \% Ni$, $1 \% Mn$, $1 \% P$, $1 \% N$; с) $1,8 \% C$, хладноломкая, $1 \% H$, $1 \% Mn$, 1

% P, 1 % N; d) 0,18 % Cr, 0,1 % Ni, 0,1 % Mo, 0,1 % V, 0,1 % N; e) 18 % C, 0 % Cr, 0 % Ni, 0 % Mo, 0 % V, 0 % N.

Какую оптимальную марку стали следует выбрать для изготовления инструментов сложной конфигурации? Возможные ответы для выбора: а) У8; в) У8А; с) У12; d) ХВГ;

е) 40ХГСНЗВА.

Какую сталь следует рекомендовать для изделий, работающих в агрессивных химических средах? Возможные ответы для выбора: а) У8А; в) Р18; с) Ст3кп; d) 12Х18Н9Т; е) ХВ5.

По темам 12, 13, 14: «Алюминий, магний, бериллий и их сплавы», «Медь и ее сплавы», «Цинк, свинец, олово и их сплавы» – все вопросы на данном уровне сложности направлены на выявление умения «читать» характерные микроструктуры сплавов и устанавливать качественную зависимость между структурой, составом и свойствами для конкретного назначения.

Примеры вопросов по теме 12–14: Какие сплавы легко свариваются, в особенности аргонодуговой сваркой, упрочняются термической и термомеханической обработкой, обладая малой плотностью и высокой удельной прочностью? Возможные ответы для выбора: а) стали; в) чугуны; с) алюминиевые сплавы; d) магниевые сплавы; е) титановые сплавы.

Какой сплав обладает наилучшими свойствами для обработки на станках-автоматах? Возможные ответы для выбора: а) ЛЖМц59–1–1; в) ЛС59; с) Л63; d) ЛК80–3; е) ЛА77–2.

Какова структура антифрикционных сплавов? Возможные ответы для выбора: а) твердая основа, включающая частицы мягкой фазы; в) с повышенной плотностью дислокаций;

с) α -твердого раствора; d) игольчатый мартенсит; е) мягкая основа α -твердого раствора с частицами твердой фазы.

Достаточные знания третьего уровня сложности по теме 15 «Полимерные материалы» выявляются контрольными вопросами, отвечая на которые студент показывает не только владение основными сведениями о полимерных материалах, но и умение различать разновидности, устанавливать зависимости свойств от разного рода воздействий и определять различными методами механические, физические и тепловые свойства. Пример вопроса: Для чего нужны стабилизаторы в составе пластических масс? Возможные ответы для выбора: а) повышения механических свойств; в) снижения стоимости; с) сохранения структуры молекул; d) улучшения формуемости; е) для ускорения отверждения.

По теме 16 «Резиновые материалы» контроль знаний на данном уровне сложности должен выявить знание разных групп резиновых

материалов, классифицируемых по назначению. Для этого необходимо представлять различия в компонентном составе и соответствующих свойствах резин, а также влияние компонентов на качество материала. Пример вопроса: Какие добавки вводят в состав резины для повышения прочности и износостойкости? Возможные ответы для выбора: а) ускорители; в) стабилизаторы; с) отвердители;

д) поверхностно-активные вещества; е) пластификаторы.

Третий уровень сложности допускает включение в тему 17 «Керамические материалы, стекла, ситаллы» таких контрольных вопросов, где студент должен показать знание составов, свойств, применения материалов, а также представления о способах их получения. Например: Каким способом получают ситаллы? Возможные ответы для выбора: а) путем газофазного осаждения; в) путем вакуумного и автоклавного прессования; с) пластической деформации стекол; д) легированием керамики; е) путем направленной кристаллизации стекол.

Тема 18 «Древесные материалы» в курсе материаловедения связана с вопросами технологии обработки древесины и способами изготовления из них изделий. Контрольные вопросы данного уровня сложности должны определить насколько студент ориентируется в главных вопросах темы. Пример вопроса: Какой метод применяют для повышения прочности изделий из древесных материалов? Возможные ответы для выбора: а) покрытие пластмассой;

в) пропитку растворами солей; с) комбинацию продольных и поперечных слоев;

д) деформационное упрочнение; е) использование лаков и красок.

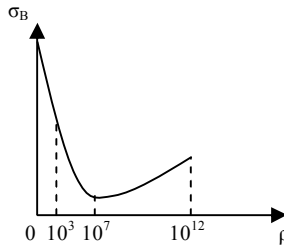
Изучение темы 19 «Композиционные материалы» на данном этапе усвоения должно привести к осознанию студентом перспективности применения этого класса материала. С помощью контрольных вопросов можно установить степень овладения методов получения КМ (на металлической и полимерной основах). Пример вопроса: Какая существует отличительная особенность при изготовлении деталей из композитов на полимерной основе? Возможные ответы для выбора: а) получение композита и последующая его обработка для придания нужной формы; в) покрытие детали композиционным материалом; с) разделение операций получения матрицы, армирования, их соединения, формообразования детали; д) одновременное создание материала и изделия;

е) приготовление заготовок композиционных материалов с последующим изготовлением из них деталей.

4.4. Контрольные вопросы четвертого уровня сложности

Тесты четвертого уровня сложности – это конструктивные тесты и в значительной степени связаны со знаниями, значимыми в будущей профессиональной деятельности. При выборе ответа на вопросы данного уровня сложности используются т. н. «знания–трансформации», основанные на использовании системного подхода к специальности и свободное владение профессионально значимой информацией.

Контрольные вопросы данного уровня сложности по теме 1 «Строение материалов» нацелены на выявление умения оперировать пройденным материалом при оценке свойства материалов в зависимости от его строения.



Пример вопроса темы 1: Что показывает приведенная ниже зависимость прочности от плотности дислокаций?

Возможные ответы для выбора: а) тип разрушения; в) влияние количества дислокаций на прочность кристаллов; с) значение плотности металла; d) связь плотности кристаллов с физическими свойствами; е) долговечность кристалла.

По теме 2 «Строение сплава» контроль знаний предполагает осознание студентом структуры сплавов во всей их сложности, что позволяет строить содержание вопросов в виде коротких задач. Например: Что значит, если в условии задачи оговаривается: число степеней свободы в системе $C=1$? Возможные ответы для выбора: а) любое изменение внешних и внутренних факторов вызовет изменение числа фаз; в) возможно изменение одного из факторов и это не вызовет изменение числа фаз; с) возможно менять больше одного фактора без изменения числа фаз; d) система находится в равновесии независимо от любых изменений любого числа факторов; е) система не устойчива, т. к. возможно изменение какого-либо фактора.

Тема 3 «Пластическая деформация и механические свойства металлов» является наиболее важной при оценке поведения материалов в условиях их эксплуатации. Поэтому, контрольные вопросы четвертого

уровня сложности должны выявлять не просто объем и прочность знаний, а умение обосновывать характер деформации и разрушения с позиции строения материала, свободно ориентируясь в характеристиках механических свойств. Пример вопроса: В чем различие пластинчатых и зернистых структур с точки зрения их механических свойств? Возможные ответы для выбора: а) зернистые структуры после закалки и отпуска обладают более высокими значениями пластичности и вязкости;

в) зернистые и пластинчатые структуры обладают одинаковыми свойствами; с) зернистые структуры имеют пониженные значения пластичности и вязкости; d) зернистые структуры имеют повышенную склонность к хрупкому разрушению; е) различия в свойствах зернистых и пластинчатых структур нет.

Для темы 4 «Влияние нагрева на структуру и свойства деформируемого металла» вопросы данного уровня сложности могут быть связаны с реальными проблемами материаловедения. Правильность ответа на такие вопросы определяется степенью осознания всех процессов, происходящих в металле при изменении деформационно-температурных режимов. Пример вопроса: Как определить температуру рекристаллизации металла? Возможные ответы для выбора: а) $T_{кр.} = \alpha \cdot T_{нагр.}$; в) $T_{кр.} = \sigma \cdot T_{пл.}$; с) $T_{кр.} = T_{пл.} - T_{тек.}$; d) $T_{кр.} = \alpha \cdot T_{пл.}$; е) $T_{кр.} = T_{пл.} / T_{тек.}$.

Изучение темы 5 «Железо и его сплавы» определяет качество усвоения последующих тем, т. к. почти 90 % применяемых в технике материалов составляют железные сплавы. Поэтому важно обеспечить полноту освоения всех основных теоретических положений данной темы и осуществлять контроль умений использовать полученные знания при решении конкретных задач металловедения. Пример вопроса: Каков фазовый состав заэвтектоидной стали при комнатной температуре, при 750 °С, при 1000 °С? Возможные ответы для выбора:

а) P , $(A+\Phi)$, A ; в) $(P+\Phi)$, $(A+\Phi)$, A ; с) P , $(A+Ц)$, A ; d) $(P+Ц)$, $(A+Ц)$, A ; е) P , $(P+Ц)$, $(P+\Phi)$.

Контрольные вопросы по теме 6 «Теория термической обработки», теме 7 «Технология термической обработки» и теме 8 «Химико-термическая обработка» на данном этапе обучения максимально приближены к производственным и научно-исследовательским, т. е. возникающих на практике и при проведении научных исследований. Правильные ответы на них свидетельствуют об уровне профессиональных возможностей студента.

Примеры вопросов по темам 6, 7, 8: Какие из приведенных фазовых превращений в стали невозможны при термообработке? Возможные ответы для выбора: а) $M \rightarrow A$; в) $A \rightarrow M$; с) $A \rightarrow P$; d) $P \rightarrow A$; е) $A \rightarrow C$.

Стальной инструмент нагрели до температуры выше 727°C , выдержали, а затем охладили до 600°C (переносом в другую печь), выдержали и охладили на воздухе с целью получения однородных свойств по всему размеру детали. Что это за термообработка? Возможные ответы для выбора: а) диффузионный отжиг; в) рекристаллизационный отжиг; с) полный отжиг; d) изотермический отжиг; е) закалка.

Какую операцию надо провести для получения окончательных свойств цементованных изделий? Возможные ответы для выбора: а) вылеживание изделий при комнатной температуре; в) механическую обработку; с) дополнительную цементацию;

d) закалку ТВЧ; е) закалку с последующим отпускком.

Усвоение тем 9–14 на четвертом уровне сложности подразумевает умение разбираться во всем многообразии промышленных материалов, чтобы осуществить обоснованный выбор нужного материала для конкретного практического случая. Причем важным является знание преимуществ и недостатков различных марок сталей (иногда близких по составу), а также влияние режимов обработки на качество с учетом технологических свойств. Контрольные вопросы наивысшей сложности могут содержать в себе техническую задачу, которую надо решить, выбрав верный ответ на основе анализа предлагаемых вариантов ответа. Умение быстро найти правильный ответ свидетельствует о владении студента теоретическим материалом и хорошей ориентировкой в практическом плане.

Примеры вопросов тем 9–14: Какой большой недостаток имеют стали с излишне высоким содержанием легирующих элементов *Cr*, *Mn*, *Si*? Возможные ответы для выбора:

а) склонны к хрупкому разрушению; в) обладают повышенной прокаливаемостью;

с) снижают критическую скорость закали; d) упрочняют; е) замедляют аустенитно-перлитное превращение.

Какие легирующие элементы в составе стали повышают теплоустойчивость быстрорежущих сталей? Возможные ответы для выбора: а) *W*; в) *Si*; с) *Nb*; d) *Al*; е) *B*.

При каких температурах жаропрочные материалы способны сопротивляться деформации и разрушению? Возможные ответы для выбора: а) до 300°C ; в) $>300^{\circ}\text{C}$; с) при $150\text{--}300^{\circ}\text{C}$; d) при температуре плавления; е) $<300^{\circ}\text{C}$.

Какое применение исключено для бериллия и его сплавов? Возможные ответы для выбора: а) как легирующего элемента; в) в авиационном; с) в приборостроении; d) в атомной технике; е) как конструкционного материала.

Какой сплав наиболее пригоден для изготовления ответственных высоконагруженных деталей технологического оборудования, работающих при температуре 500⁰С в контакте с агрессивными пищевыми средами? Возможные ответы для выбора: а) БрМц5; в) БрБНТ1,7; с) БрОФ6,5-0,4; d) БрА10Ж4Н4; е) БрБ2.

Какие сплавы следует рекомендовать для пайки металлов? Возможные ответы для выбора: а) стали; в) сплавы олова и свинца; с) магниевые сплав; d) титановые; е) алюминиевые.

Усвоение темы 15 «Полимерные материалы» на данном уровне сложности может быть проконтролировано вопросами, включающими весь пройденный материал, чтобы оценить степени систематизации студентом большого объема полученных сведений справочного и информационного характера. Пример: Что лежит в основе классификации пластмасс? Возможные ответы для выбора: а) выдерживаемые нагрузки; в) свойства пластмасс; с) применение пластмасс;

d) химический состав полимеров; е) зависимость прочности пластмасс от температуры.

По теме 16 «Резиновые материалы» наивысший уровень сложности включает вопросы, в которых выявляется, не только знание студента составов, свойств, применения разнообразных резиновых материалов, но и его представления о способах получения резины. Пример вопроса: Какой группы резиновых деталей не существует? Возможные ответы для выбора: а) уплотнительная;

в) звукоизоляционная; с) противоударная; d) химически устойчивая; е) защитная.

Контрольные вопросы темы 17 «Керамические материалы, стекла, ситаллы» данного уровня сложности могут быть связаны с выявлением обобщенных знаний и умений. Здесь важно определить насколько студент ориентируется в материалах данного класса и способен ли он применять их для конкретного назначения. Пример вопроса: Какие материалы относят к керамическим? Возможные ответы для выбора: а) корунды из окиси алюминия;

в) полистирол; с) гетинакс; d) текстолит; е) полиуретан.

По теме 18 «Древесные материалы» контроль знаний четвертого уровня сложности сводится к выявлению умения студента использовать древесный материал как конструкционный, опираясь на знания его преимуществ и недостатков, а также особенностей изготовления из него изделий.

Пример вопроса: В каком случае применяют прессованную древесину? Возможные ответы для выбора: а) в качестве тары; в) для изготовления подшипников, шестерен;

с) для деталей штампового оборудования; d) для бортов и пола автомобилей; е) для корпусов станин.

Степень усвоения темы 19 «Композиционные материалы» на четвертом уровне сложности означает возможность ответа на такие контрольные вопросы, которые содержат задачу выбора КМ для конкретных условий работы. Например: Какой из приведенных композитов (км) пригоден для изготовления жаропрочных деталей газотурбинных двигателей? Возможные ответы для выбора: а) км на основе свинца, армированные проволокой из нержавеющей стали; в) км на основе никеля и хрома, армированные кристаллами оксида алюминия; с) боралюминиевый км; d) стеклопластиковый км; е) углепластиковый км.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баимбетов Н.А. Материаловедение. Метод. указ. к лаб. работам – Алматы: КазНТУ, 1996.
2. Беспалько В.П. Слагаемые педагогической технологии. – М.: Педагогика, 1989. – 190 с.
3. Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г. Материаловедение. Методы анализа, лабораторные работы и задачи. Учеб. пособие для вузов. – М.: Металлургия, 1989. – 456 с.
4. Государственный общеобразовательный стандарт образования РК. Образование высшее профессиональное. Бакалавриат.
5. Гуляев А.П. Металловедение. Учеб. для вузов – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.
6. Калинин В.А., Буланов И.М. Прогрессивные материалы в машиностроении – М.: Высшая школа, 1988. 72 с.
7. Канаев А.Т., Сидоркин В.И., Азнабаев Д.А. Металловедение и термическая обработка – Алматы: Гылым, 1996. 236 с.
8. Композиционные материалы. /Под ред. А.И. Манохина – М.: Наука, 1981. 292 с.
9. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение – М.: Машиностроение, 1980. 493 с.
10. Материаловедение: Учеб. для высших технических учебных заведений. /Под общ. ред. Арзамасова Б.Н. – М.: Машиностроение, 1986. – 384 с.
11. Металловедение и термическая обработка стали: Справочник. /Под ред. М.Л. Бернштейна, А.Г. Рахштадта – М.: Металлургия, 1983, т.І, 352с.; т.ІІ, 368с.; т.ІІІ, 215с.
12. Меташоп Л.А., Гарбузова Н.Е. Материаловедение: Метод. указ. для студентов-заочников машиностроительных специальностей. – М.: Высшая школа, 1980. – 62с.
13. Омаров А.К. Технология конструкционных материалов. Лаб. работы (на казахском языке) – Алматы: Ана тілі, 1992. 100с.
14. Ржевская С.В. Материаловедение: Учеб. для вузов. Изд.-во Мос. гос. горного ун.-та, 2003г. – 456 с.
15. Смағұлов Д.Ұ. Металлография. Жоғары оқу орындарына арналған оқулық – Алматы: ҚазҰТУ, 2001. – 375 б.
16. Справочник металлста. В 5-и томах. Том 2. /Под ред. А.Г. Рахштадта, В.А. Брострема – М.: Машиностроение, 1976. – 718 с.
17. Типовая программа дисциплины «Материаловедение» – Алматы: КазНТУ, 2002.
18. Технология пластических масс. /Под ред. В.В. Коршака – М.: Химия, 1976. 606 с.
19. Травин О.В., Травина Н.Т. Материаловедение. Учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1989. – 384 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

**Глоссарий для самостоятельного освоения студентами
основных терминов и понятий**

Авиаль. Сплав системы $Al-Mg-Si$. В этих сплавах фазой, которая при нагреве под закалку растворяется, а при старении выделяется и вызывает упрочнение, является соединение Mg_2Si .

Азотирование. Химико-термическая обработка, заключающаяся в диффузионном насыщении поверхностного слоя стальных изделий азотом.

Анализ рентгеноструктурный. Метод изучения строения металлов и сплавов. В основе этого метода лежит рассеяние рентгеновских лучей электронами твердого тела.

Анализ спектральный. Метод определения среднего химического состава сложных сплавов.

Анализ фазовый. Метод определения фазового состава. Для этого сплав подвергают растворению (электролизу) таким образом, чтобы интересующая фаза не растворилась, а остальные растворились.

Анизотропия свойств. Неодинаковость всех или некоторых свойств сплава в различных направлениях.

Алитирование. Химико-термическая обработка, заключающаяся в диффузионном насыщении поверхностного слоя стали алюминием, в интервале температур 700-1100 °С.

Аллотропия. Существование одного металла (вещества) в нескольких кристаллических формах носит название полиморфизма или аллотропии. Различные кристаллические формы одного вещества называются полиморфными или аллотропическими модификациями.

Алюминий. Легкий металл, имеющий малую плотность ($\gamma = 2,72 / \text{см}^3$), низкую температуру плавления (660 °С). Характерные механические свойства алюминия – высокая пластичность и малая прочность. Широкое применение как конструкционный материал имеют сплавы алюминия.

Атомно-кристаллическое строение. Атомы в твердом теле располагаются в пространстве закономерно, в определенном порядке, характеризующемся периодической повторяемостью в трех измерениях, т. е. образуют кристаллическую решетку.

Аустенит. Твердый раствор углерода и других элементов в γ – железе.

Баббит. Подшипниковый легкоплавкий сплав на основе свинца, олова, цинка или алюминия.

Бейнит. Игольчатая структура – продукт превращения аустенита при переохлаждении ниже изгиба С-кривой (для стали ниже 500 °С)

Бериллий. Легкий металл ($\gamma = 1,82 / \text{см}^3$) с высоким модулем упругости и прочностью около 300 Мпа, с удлинением 1,2 %, с хорошей коррозионной стойкостью в ряде сред. Применяют в атомной технике в металлическом виде и в виде соединений с кислородом, углеродом и водородом (оксиды, карбиды и гидриды бериллия).

Бор. Эффективная легирующая добавка, тысячные доли процента этого элемента увеличивают прокаливаемость, т. к. весь бор, находясь в растворе, концентрируется в тонких пограничных слоях аустенита и уменьшает скорость зарождения центров кристаллизации перлита. При содержании бора больше 0,002-0,006 % появляются избыточные бористые фазы (бориды), действующие как центры кристаллизации перлита, и прокаливаемость уменьшается.

Бронза. Сплавы меди с алюминием, кремнием, бериллием и другими элементами.

Бронза алюминиевая. Бронзы, содержащие 5–10 % *Al*, обладающие ценными механическими и технологическими свойствами. Имеют высокую жидкотекучесть и концентрированную усадочную раковину. Применяют для изготовления различных втулок, направляющих седел, фланцев, шестерен и многих других, преимущественно мелких, но ответственных деталей.

Бронза бериллиевая. Сплав меди с бериллием, например, БрБ2 (2 % *Be*). Имеет высокую прочность и упругость при одновременной высокой химической стойкостью, хорошей свариваемости, обрабатываемости резанием. Подходящий материал для ответственных пружин, мембран, пружинящих контактов и т.д.

Бронза кремнистая. Бронза, назначаемая как заменитель оловянистых бронз, например, бронза БрКЦ4-4 (4 % *Si*; 4 % *Zn*). Уступая оловянистым бронзам по величине усадки, кремнистая бронза превосходит ее в отношении коррозионной стойкости, механических свойств и плотности отливки. При добавлении 20 % никеля получают сплав – нейзильбер.

Бронза оловянистая. Сплав меди с оловом. Имеет высокие литейные свойства: малая усадка (<1 %). Механические свойства зависят от количества олова: при 5 % пластичность падает. Бронза с 10 % олова является лучшим антифрикционным материалом. Благодаря высокой химической стойкости бронз из них изготавливают арматуру (паровую, водяную и пр.).

Бронза свинцовистая. Сплав меди со свинцом. Например, БрС30 (30 % Pb), является высококачественным антифрикционным материалом, широко применяемым в машиностроении.

Бронза фосфористая. При добавлении в оловянистую бронзу фосфора как раскислителя около 1 %, получают фосфористые бронзы. Фосфор устраняет хрупкие включения окиси олова.

Вакансия. Точечный дефект: узел в кристаллической решетке, свободный атом.

Виккерса метод. Метод определения твердости тонких слоев материала при помощи вдавливания алмазной пирамиды и измерения диагонали отпечатка. Определяют значение твердости по Виккерсу (HV).

Возврат. Снятие искажений решетки в процессе нагрева деформированного металла. Другое название явления – отдых. В результате твердость и прочность несколько понижаются (на 20–30 % по сравнению с исходным состоянием), а пластичность возрастает.

Волокниты. Пластмассы, в которых наполнителем являются волокна. Отличаются повышенной прочностью, а главное – ударной вязкостью.

Временное сопротивление. Максимальная точка на кривой напряжение–деформация называется временным сопротивлением или пределом прочности, обозначается через σ_B .

Вулканизация – превращение каучука в резину, осуществляемое с участием так называемых вулканизирующих агентов (например, серы) или под действием ионизирующей радиации.

Выносливость ограниченная. Напряжение, соответствующее определенному числу циклов нагружения характеризует органиченную выносливость материала при усталостном разрушении.

Вязкость. Площадь под кривой напряжение – деформация, пропорциональная работе, которую надо затратить, чтобы разрушить металл, характеризует вязкость материала.

Гадфильда сталь. Аустенитная сталь, содержащая 1,2 % C и 13 % Mn (Г13). В условиях обычного трения, сопровождаемого большим удельным давлением (когда отсутствует чисто абразивный износ), при низкой твердости (200–250HB) обладает высокой износоустойчивостью

Гиббса правило. Устанавливает количественную зависимость между степенью свободы системы и количеством фаз и компонентов: $c = k - f + 2$, где c – число степеней свободы системы; k – число компонентов, f – число фаз.

Гинье-Престона зона. Зоны повышенной концентрации растворенного компонента в пересыщенном твердом растворе. Образуются во время старения.

Гомогенизация. Устранение дендритной неоднородности при нагреве до высоких температур и выдержке при них (другое название данной операции диффузионный отжиг).

Граница зерна. Поверхность раздела зерен.

Графитизация чугуна. Образование графита в чугуне при кристаллизации или в результате распада цементита.

Закон Гука. Закон, устанавливающий пропорциональную связь между напряжением и деформацией при нагружении металла: $\sigma = E\varepsilon$, где σ – напряжение, E – модуль пропорциональности (модуль упругости), ε – деформация.

Двойникование. Процесс образования двойников – особых дефектов кристаллической решетки, связанных с переориентацией кристаллографических плоскостей.

Дендрит. Древоподобный кристалл, образующийся в литых структурах.

Дефекты кристаллической решетки. Бывают точечные (нульмерные), линейные (одномерные), поверхностные (двухмерные). К ним относят вакансии, межузельные атомы, примесные атомы, дислокации, границы зерен, дефекты упаковки, двойниковые границы.

Диаграмма изотермического распада аустенита. Диаграмма, строящаяся в координатах температура–время и отражающая процесс превращения аустенита в перлит в зависимости от степени переохлаждения при постоянной температуре.

Диаграмма состояния сплавов. Диаграмма, строящаяся в координатах состав – температура и показывающая структуру сплавов данной системы.

Диаграмма рекристаллизации. Зависимость размера зерна рекристаллизованного металла от температуры рекристаллизации и степени деформации. Строится в пространственной системе координат.

Динамические испытания. Испытания при больших скоростях деформации, например, испытания на удар для определения ударной вязкости.

Дислокация. Линейный дефект кристаллического строения. Дислокации бывают краевые и винтовые.

Диффузионное насыщение металлами, неметаллами. Химико-термическая обработка, заключающаяся в диффузионном насыщении поверхностного слоя стали металлами или неметаллами, с целью изменения химического состава, структуры и свойств.

Длительная прочность. Сопротивление материала механическому разрушению под действием постоянной нагрузки, приложенной в течение длительного времени. Длительная прочность испытывается обычно при повышенных температурах.

Добавки специальные. Смазочные материалы, красители, добавки для уменьшения статических зарядов и горючести, для защиты от плесени, ускорители и замедлители отверждения и др. Служат для изменения или усиления какого-либо свойства.

Долговечность. Свойство изделия сохранять работоспособность до предельного состояния. Время работы до предельного состояния называется ресурсом.

Древесина. Элемент ствола дерева (наряду с корой, камбием, сердцевинной). Ткань высших растений, служащая для проведения воды и растворов минеральных солей от корней к листьям и другим органам.

Дуралюмин. Сплавы системы $Al-Cu-Mg$. В сплавах этой системы в зависимости от содержания меди и соотношения концентраций меди и магния могут образовываться или двойные соединения $CuAl_2$ или Al_3Mg_2 (при малом содержании одного из элементов – магния или меди), или тройные соединения $CuMgAl_2$ и $CuMg_5Al_5$. Эти соединения имеют переменную растворимость в алюминии. Наибольшее упрочнение дает растворение фазы $CuMgAl_2$.

Жаростойкость. Способность металлов и сплавов противостоять окислению или окислительному разрушению при нагреве до высоких температур.

Жаропрочность. Способность металлов и сплавов сохранять при повышенных температурах прочность и сопротивляемость деформированию.

Железо. Черный металл, имеющий температуру плавления 1539 °С. В твердом состоянии может находиться в двух модификациях – α (о.ц.к) и γ (г.ц.к.). α -железо существует в двух интервалах температур ниже 911 °С и от 1392 до 1539 °С. Механические свойства железа (сверхчистого, прямого восстановления и технического) следующие: $\sigma_B = 50, 200, 250$ МПа; $\sigma_{0,2} = 25, 100, 125$ МПа; $\delta = 70, 60, 50$ %; $\varphi = 100, 90, 85$ %; $HB = 60, 70, 80$. При 768 °С железо становится немагнитным.

Закалка. Термическая обработка, состоящая в нагреве до определенной температуры, выдержке при этой температуре и охлаждении со скоростью приводящей к получению мартенситной структуры.

Закалка изотермическая. Закалка с выдержкой стали в закалочной среде столько времени, чтобы успело закончиться изотермическое превращение аустенита.

Закалка непрерывная. Или закалка в одном охладителе. Нагретую до определенных температур деталь погружают в закалочную жидкость (воду или масло) до полного охлаждения. Этот способ применяют при закалке несложных деталей из углеродистых и легированных сталей.

Закалка поверхностная. Закалка поверхностного слоя детали. К методам поверхностной закалки относят: в расплавленных металлах

или солях; пламенную закалку пламенем горелки; в электролитах; лучем лазера; электротоком, индуцируемым в поверхностных слоях закаливаемой детали, т. н. высокочастотная закалка.

Закалка прерывистой. Или закалка в двух средах. Деталь охлаждается сначала в быстро охлаждающей среде, а затем в медленно охлаждающей. Обычно сначала в воде, а затем переносят деталь в масло или на воздухе. В результате происходит уменьшение внутренних напряжений.

Закалка с самоотпуском. Закалка с постепенным отпуском (при температуре 200–300 °С) от рабочей (режущей) части к центру и к хвостовой части инструмента. Это можно достигнуть охлаждая в воде при закалке только рабочую часть инструмента и, вынув ее из воды, дожидаться нагрева теплом той части инструмента, которая не погрузилась в воду.

Закалка ступенчатая. Закалка с охлаждением в закалочной среде, имеющей температуру выше мартенситной точки. В результате деталь должна приобрести во всех точках сечения температуру закалочной ванны. Затем следует окончательное медленное охлаждение, во время которого и происходит формирование структуры, т. е. превращение аустенита в мартенсит.

Зерно действительное. Зерно, наблюдаемое в металле при комнатной температуре.

Зерно наследственное. Зерно аустенита, получившееся при за твердевании. Величина зерна зависит от условий плавки и оценивается после нагрева стали до 930 °С.

Изотропия свойств. Одинаковые свойства по разным направлениям, характерные для аморфного тела.

Износостойкость. Свойство материала оказывать сопротивление поверхностному износу.

Индексы решетки. Для удаленной от начала координат ячейки координаты узла определяются как целые числа. Если за единицу измерения длин вдоль осей решетки выбрать величины a , b , c , то координаты узла будут просто числа m , n , p . Они называются индексами узла и записываются так $[m\ n\ p]$.

Карбидная неоднородность. Степень неоднородности карбидов в заэвтектоидной стали. Балл карбидной неоднородности оценивается по соответствующим шкалам.

Коагуляция. Собирательный рост карбидов при средне- и высокотемпературном отпуске за счет поглощения мелких карбидов крупными.

Компоненты. Вещества, образующие систему.

Коробление. Вид брака, характеризующийся изменением формы изделий при термообработке.

Коррозия. Разрушение металла вследствие воздействия на его поверхность агрессивной среды.

Коэффициент диффузии. Количественно характеризует процесс диффузии и численно равен количеству вещества, продиффундировавшего через площадку в 1 см^2 в течение секунды при перепаде концентраций по обе стороны площадки, равном единице (0 и 100 % вещества B), и имеет размерность квадратный сантиметр на секунду ($\text{см}^2/\text{с}$).

Красноломкость. Хрупкость стали при температуре 800°C и выше (т. е. в районе температур красного каления) за счет наличия легкоплавкой и хрупкой эвтектики, расположенной в основном по границам зерен.

Красностойкость. Или теплостойкость это свойство сохранения твердости при длительном нагреве.

Кристаллизация. Процесс затвердевания при понижении температуры.

Кристаллическая решетка. Закономерное расположение атомов твердого тела в пространстве. Кристаллическую решетку можно построить путем многократного смещения по трем направлениям элементарной ячейки.

Координационное число. Число ближайших соседей определенно-го атома в кристаллической решетке.

Курнакова правило. Устанавливает связь между структурой (диаграммой состояния) сплава и свойствами.

Латунь. Сплав меди с цинком. Практическое применение имеют сплавы с содержанием цинка до 45 %.

Легирующий элемент. Специально вводимый элемент для изменения тех или иных свойств сплава.

Ледебурит. Эвтектическая смесь аустенита и цементита. Образуется у сплавов системы железо-углерод, при содержании углерода 2,14 %.

Ликвация. Химическая неоднородность сплава.

Макроструктура. Структура, видимая невооруженным глазом, или при небольших увеличениях (например, при помощи лупы). В результате можно изучить грубые детали структуры – конгломераты отдельных более или менее однородных зерен, дефекты обработки и т. п.

Мартенсит. Пересыщенный твердый раствор углерода в α -железе.

Материал. Вещество, предназначенное для изготовления чего-нибудь.

Материалы основные. Материалы, которые непосредственно расходуются на изготовление продукции и составляют ее главное вещественное содержание.

Материалы вспомогательные. Материалы, применяемые для производства, но не входящие в состав продукции.

Материаловедение. Прикладная наука о строении и свойствах технических материалов, основная задача которой – определение связи между составом, структурой и свойствами.

Медь. Полудрагоценный металл, обладающий рядом ценных свойств: высокая пластичность, высокая электро- и теплопроводность, малая окисляемость.

***Металловедение.* Наука, изучающая строение и свойства металлов и их сплавов, устанавливающая связь между их составом, строением и свойствами и разрабатывающая пути воздействия на их свойства.**

Микроструктура. Строение металлов и сплавов, наблюдаемое при помощи световых микроскопов (увеличение от 50 до 2000).

Микротвердость. Твердость отдельных структурных составляющих сплава.

Модуль упругости. Тангенс угла наклона участка кривой деформации, соответствующей упругой деформации. Численно определяется как частное от деления напряжения на упругую деформацию. Характеризует жесткость металла.

Монокристалл. Кусок металла, представляющий собой один кристалл и получаемый при определенных условиях кристаллизации.

Наклеп. Упрочнение металла в результате холодной деформации, обусловленное повышением плотности дислокаций.

Наполнители. Добавки к пластмассам в количестве 40–70 % (по массе) для повышения механических свойств, снижения стоимости и изменения других параметров. Наполнители – это органические и неорганические вещества в виде порошков (древесная мука, сажа, слюда, SiO_2 , тальк, TiO_2 , графит), волокон (хлопчатобумажные, стеклянные, асбестовые, полимерные), листов (бумага, ткани из различных волокон, древесный шпон).

Нитроцементация. Химико-термическая обработка, заключающаяся в поверхностном насыщении стали одновременно азотом и углеродом.

Нормализация. Термическая обработка, заключающаяся в нагреве до температур выше AC_3 (или AC_1) с последующим охлаждением на спокойном воздухе. В результате упрочнение на 15 % больше, чем после обычного отжига.

Обезуглероживание. Выгорание углерода в поверхностных слоях стали при высокой температуре.

Обработка давлением. Пластическое деформирование выше (горячая обработка давлением) или ниже (холодная обработка) температуры рекристаллизации.

Обработка термическая. Нагрев до определенной температуры, выдержка при этой температуре и охлаждение с определенной скоростью для достижения требуемых свойств.

Обработка холодом. Термическая обработка, заключающаяся в охлаждении закаленной стали, в структуре которой имеется остаточный аустенит, до температур ниже 0° . Применяют для многих деталей, изготовленных из стали с высоким содержанием углерода, для получения максимальной твердости и для восстановления размеров закаленных деталей.

Отбеливание чугуна. Процесс противоположный графитизации чугуна.

Отвердители. Добавки в количестве нескольких процентов к термореактивным пластмассам для отверждения. Обычно используют органические перекиси и другие вещества, серу (в резинах).

Отжиг. Термическая обработка, заключающаяся в нагреве металла, который в результате какой-то предшествующей обработки получил неустойчивое состояние, и приводящая его в более устойчивое состояние.

Отжиг I рода. Отжиг сплавов, не имеющих фазовые превращения, приводящий в более равновесное состояние. К этому виду отжига относят: гомогенизационный, отжиг для снятия напряжений, рекристаллизационный.

Отжиг II рода. Отжиг сплавов, имеющих фазовые превращения.

Отжиг полный. Отжиг при температуре выше AC_3 с целью получения перлитной структуры после полной рекристаллизации.

Отжиг неполный. Нагрев выше AC_1 , но ниже AC_3 , в результате которого не происходит полной перекристаллизации.

Отжиг изотермический. Отжиг, заключающийся в нагреве до температуры выше AC_3 для доэвтектоидной стали. Дальнейшая выдержка, охлаждение до температуры термического превращения и изотермическая выдержка до полного распада аустенита приводит к получению перлитной структуры.

Отжиг сфероидизирующий. Отжиг при температуре несколько ниже или выше AC_1 с целью сфероидизации карбидов.

Отпуск. Термическая обработка, заключающаяся в нагреве закаленной стали до температуры ниже AC_1 , выдержке и последующем

охлаждении с целью превращения неравновесной структуры в более равновесную

Отпуск высокий. Отпуск в интервале температур 500–680 °С с целью получения структуры сорбита отпуска или мартенсита отпуска, характеризующегося вторичным твердением.

Отпуск средний. Отпуск в интервале температур 250–500 °С с целью получения дисперсных продуктов распада мартенсита и уменьшения остаточного напряжения.

Отпуск низкий. Отпуск при температуре ниже 250 °С с целью получения мартенсита отпуска и уменьшения остаточных напряжений.

Отпускная хрупкость. Снижение пластичности некоторых марок легированной стали при высоком отпуске с замедленной скоростью охлаждения. Выявляется при испытании на удар.

Патентирование. Термическая обработка проволоки в процессе волочения, при которой производится охлаждение в свинцовой ванне при температуре ниже критической.

Переохлаждение. Охлаждение вещества ниже температуры его равновесного перехода в другое агрегатное состояние.

Перлит. Продукт эвтектоидного превращения, представляющий механическую смесь феррита и цементита.

Пиломатериалы. Материалы из древесины, полученные распиловкой бревен вдоль волокон. В зависимости от толщины, ширины и формы подразделяются на доски, брус, брусек и горбыль.

Пластичность. Механическое свойство, характеризующее способность материала к пластической деформации. Показатели пластичности: Δl (абсолютное удлинение), δ (относительное удлинение), ψ (относительное сужение) и др.

Пластическая деформация. Необратимое изменение формы и размеров материала под действием нагрузки. В отличие от упругой деформации – обратимого изменения формы тела.

Пластмассы. Материалы, изготовленные на основе полимеров. Состав композиций разнообразен: простые пластмассы – это полимеры без добавок, сложные пластмассы – это смеси полимеров с различными добавками (наполнители, стабилизаторы, пластификаторы и др.).

Пластификаторы. Добавки к пластмассам в количестве 10–20 % для уменьшения хрупкости и улучшения формуемости. Пластификаторами являются вещества, которые уменьшают межмолекулярное взаимодействие и хорошо совмещаются с полимерами.

Полиморфизм. Способность вещества менять свое кристаллическое строение при определенных температурах.

Превращение аустенитное. Превращение аустенита в грубую феррито-цементитную смесь при малых степенях переохлаждения.

Превращение бейнитное. Превращение аустенита при температурах ниже изгиба С-кривой с образованием игольчатой структуры – бейнита.

Превращение мартенситное. Бездиффузионное превращение по сдвиговому механизму при скорости охлаждения больше критической с образованием мартенситной фазы.

Предел прочности. Максимальная точка на кривой напряжение – деформация называется пределом прочности (или временным сопротивлением), обозначается через σ_B .

Предел текучести. Напряжение, соответствующее началу пластической деформации на кривой напряжение – деформация. Обозначается $\sigma_{0,2}$ или σ_T .

Припой. Сплав для пайки. Бывают: а) мягкие припои с низкой температурой плавления, обеспечивающие лишь герметичность спая и дающие низкие механические свойства спая (сплавы легкоплавких металлов – свинца, олова, висмута, кадмия); б) твердые припои, имеющие высокую температуру плавления (сплавы меди и цинка, меди, цинка и серебра). Пайка этими припоями затруднительна, но спай обладает высокими механическими свойствами.

Прокаливаемость. Способность стали воспринимать закалку на определенную глубину. Прокаливаемость зависит от величины зерна, степени легирования стали и скорости охлаждения.

Ползучесть. Свойство металла медленно и непрерывно деформироваться в течение длительного времени при постоянной нагрузке и повышенных температурах.

Рекристаллизация. Процесс роста одних зерен однофазного поликристаллического тела за счет других. В результате деформированный металл восстанавливает структуру и исходные пластические свойства.

Резина – искусственный материал, получаемый специальной обработкой (вулканизацией) смеси каучука с различными добавками.

Роквелла метод. Метод измерения твердости материала с помощью твердомера, имеющего алмазный наконечник из закаленного шарика. Обозначается *HRC, HRB*.

Силумин. Алюминиевый сплав с большим содержанием кремния. Наиболее распространенные литейные алюминиевые сплавы, широко применяемые в литом виде в авто- и авиастроении.

Синеломкость. Повышение прочности с одновременным понижением пластичности и вязкости для железа и его сплавов при температуре 200–300 °С.

Слоистые пластики. Группа самых прочных и универсальных по применению конструкционных пластмасс. Листовые наполнители, уложенные слоями, придают материалам анизотропность (стеклоткани, гетинаксы, текстолиты).

Сорбит. Тонкого строения перлит, получаемый при больших степенях переохлаждения, имеющий повышенную твердость.

Сплав. Сложное вещество, состоящее из двух и более компонентов.

Сплав алюминиевый. Характеризуется высокой удельной прочностью, способностью сопротивляться инерционным и динамическим нагрузкам, хорошей технологичностью. Большинство имеет хорошую коррозионную стойкость, высокие теплопроводность и электропроводимость. Основные легирующие элементы: *Cu, Mg, Si, Mn, Zn*.

Сплав алюминиевый гранулированный. Сплав, полученный компактированием частиц (гранул), отлитых со сверхвысокой скоростью кристаллизации. Характеризуется сверхмелкозернистой структурой и минимальной легкоустраимой ликвацией.

Сплав алюминиевый деформируемый. АМц, АМг – неупрочняемые термообработкой. Отличаются высокой пластичностью, хорошей свариваемостью и высокой коррозионной стойкостью. Д1, Д16 – упрочняемые термообработкой дуралюмины, относящиеся к системе *Al – Cu – Mg*. Характеризуются хорошим сочетанием прочности и пластичности.

Сплав алюминиевый литейный. АЛ4, АЛ7, АЛ19, силумины – имеют высокую жидкотекучесть, малую усадку, отсутствует или низкая склонность к образованию горячих трещин и хорошая герметичность.

Сплав Вуда. Сплав системы *Sn – Pb – Cd – Bi*, содержащий четыре эвтектики, т.е. наиболее легкоплавкий (температура плавления 68 °С).

Сплав подшипниковый. Сплав, из которого изготавливается вкладыш подшипников. Для этой цели применяют чугун, бронзу, легкоплавкие сплавы на основе свинца, олова, цинка или алюминия, т. н. баббиты.

Сплав типографский. Сплав для отливки шрифтов набора, имеющий низкую температуру плавления, высокую твердость и малый угар олова. Чаще всего применяют сплавы на основе свинца. Наиболее распространенные типографские металлы: МШ1, МШ2, МШ3, МЛ1, ЛН1 и др.

Стабилизаторы. Различные органические вещества, которые вводят в количестве нескольких процентов для сохранения структуры молекул и стабилизации свойств. Добавки стабилизаторов замедляют старение пластмасс.

Сталь. Сплав железа с углеродом, где углерода содержится до 2,14 %

Сталь автоматная. Сталь с увеличенным содержанием серы или дополнительно легированная серой (А11 А12, А35, А40Г), селеном (А35Е, А45Е), кальцием (АЦ20, АЦ30, АЦ4Х), свинцом (АС14, АС40, АС35Г2), фосфором. Используют для крепежных деталей, для малонагруженных деталей сложной формы и т. д.

Сталь быстрорежущая. Высоколегированная сталь, предназначенная для изготовления инструментов высокой производительности. Основное свойство – высокая теплостойкость, обеспечиваемая большим количеством вольфрама совместно с другими элементами. Марки: Р6М5, Р18, Р9, Р10К5Ф5 и др.

Сталь для зубчатых колес. Цементуемая (нитроцементуемая) низкоуглеродистая легированная сталь с высоким пределом контактной выносливости (поверхностной твердостью) и прочной и вязкой сердцевиной. Марки: 15Х, 2Х, 15ХФ, 20ХР, 12ХН3А, 20ХН3А, 18Х2Н4МА, 18ХГТ и др\

Сталь подшипниковая. Хромистая сталь для изготовления шариков, роликов, колец подшипников. Содержит примерно 1% С. Повышение концентрации хрома увеличивает прокаливаемость. Сталь поставляют после сфероидизирующего отжига со структурой мелкозернистого перлита. Марки: ШХ4, ШХ15, ШХ20ГС и др.

Сталь рессорно-пружинная. Углеродистая и легированная сталь с высоким модулем упругости., ограничивающим упругую деформацию, равную $\sigma_{0,002}/E$. Применяют для изготовления жестких (силовых) упругих элементов. Подвергают закалке и отпуску при температуре 420–520 °С. Марки: 65, 70, 85, 65Г, 55С2, 70С3А, 50ХФА, 60С2ХА и др.

Сталь хладостойкая. Стали с ОЦК и ГЦК решетками. Используют для работы при температурах климатического холода. Температурная граница их применения ограничивается порогом хладноломкости. Основное применение получили низкоуглеродистые стали. Стали с никелем имеют лучшую хладноломкость (12ХН3А, 0Н6). Аустенитные стали (12Х18Н10Т, 03Х13АГ19, 10Х11Н20Т3Р). Инвар – 36Н (36 % Ni, остальное железо).

Старение. Термическая обработка, заключающаяся в нагреве стали в состоянии пересыщенного твердого раствора до определенной температуры, выдержке и последующем охлаждении с целью получения более равновесного состояния.

Старение деформационное. Старение холоднодеформированной стали при повышении температуры.

Старение естественное. Изменение структуры сплава вследствие выделения из твердого раствора дисперсной фазы во время вылеживания изделий при конечной температуре.

Старение искусственное. Изменение структуры сплава вследствие выделения из твердого раствора дисперсной фазы при выдержке в области повышенных температур.

Статические испытания. Механические испытания с приложением медленно и плавно возрастающей нагрузки.

Стекловолокониты. Композиционный материал, армированный стеклянными волокнами. Имеет самую высокую прочность и удельную прочность, обладает хладостойкостью (до $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) и хорошей теплостойкостью, демпфирующий материал, недефицитный, имеет низкую стоимость. Недостаток – низкий модуль упругости.

Стекло металлическое. Аморфное состояние, образующееся при быстром охлаждении расплава. Обладает специфическими физикомеханическими свойствами.

Субзерно. Зерна в поликристаллах не являются монолитными, совершенными монокристаллами, а состоят из отдельных, т. н. субзерен (блоков), повернутых одно относительно другого на малый угол.

Текстура. Преимущественная ориентация зерен.

Текстолит. Слоистый пластик, используемый для разнообразных средненагруженных трущихся деталей, включая зубчатые колеса и кулачки. Достоинства: сопротивление износу, отсутствие схватывания со стальными деталями.

Термодинамика. Наука о наиболее общих свойствах макроскопических физических систем, находящихся в состоянии термодинамического равновесия, и о процессах перехода между этими системами.

Термопласты. Термопластичные пластмассы, имеющие широкое применение в виде пленки, волокна и изделий из волокна. Ведут себя под нагрузкой как вязкоупругие вещества. Не взаимодействуют с водой (кроме полиамидов), нечувствительны к топливу и смазочным материалам, самозатухают после удаления из пламени (самый огнеопасный – полистирол).

Термореакты. Пластмассы получаемые на основе эпоксидных, полиэфирных, полиуретановых, фенолоформальдегидных и кремний-органических полимеров. Применяют в отвержденном виде. Они при нагреве не плавятся, устойчивы против старения и не взаимодействуют с топливом и смазочными материалами, нерастворимы. Важное преимущество – высокие удельная жесткость и удельная прочность.

Твердость. Механическое свойство, характеризующее способность материала сопротивляться пластической деформации.

Твердый раствор. Твердая фаза, образующаяся в результате кристаллизации сплава.

Титан. Металл, имеющий малую плотность ($4,5\text{ г/см}^3$), высокую температуру плавления ($1672\text{ }^{\circ}\text{C}$), высокую прочность и хорошую коррозион-

ную стойкость. Применяют в авиации, ракетостроении и других отраслях техники, где удельная прочность имеет важное значение.

Углеволокониты. Группа композиционных материалов, армированных однотипными волокнами – углеродными.

Ударная вязкость. Удельная работа разрушения, определяемая как $KC = \frac{A_p}{F_0}$. Здесь A_p – работа разрушения образца, F_0 – площадь поперечного сечения образца.

Улучшение. Сочетание закалки и высокого отпуска.

Усталость металлов. Постепенное разрушение материала при действии знакопеременных (циклических) нагрузок. Процесс усталостного разрушения начинается на поверхности, претерпевающей микродеформацию, а затем в наклепанной зоне возникает трещина, которая развивается.

Фаза. Структурная составляющая сплава, однородная по строению и свойствам. Отделена от других частей систем (фаз) поверхностью раздела, при переходе через которую химический состав или структура вещества изменяется скачкообразно.

Феррит. Твердый раствор углерода в α -железе.

Ферромагнетик. Материал, характеризующийся большим значением магнитной восприимчивости ($\gg 1$), а также нелинейной зависимостью от напряженности поля и температуры. Например, железо, никель, кобальт и редкоземельный металл гадолиний широко используются в технике как ферромагнетики.

Ферромагнетики. Материал, в котором магнитные моменты не скомпенсированы и возникает результирующий магнитный момент.

Флокены. Металлургический дефект металла, представляющий собой очень тонкие трещины овальной или круглой формы размером от сотых долей мм до десятков мм в поперечнике. Встречаются в катаных и кованых прутках.

Фрактография. Исследование поверхности разрушения материалов.

Химико-термическая обработка. Обработка, заключающаяся в сочетании термического и химического воздействия с целью изменения состава и свойств стали.

Хладноломкость. Способность некоторых металлов при пониженных температурах переходить из вязкого состояния в хрупкое.

Хромирование. Поверхностное насыщение сталей (среднеуглеродистых) хромом, приводящее к повышению поверхностной твердости и износостойкости, при этом на поверхности образуется тонкий слой (0,025–0,030 мм) карбида $(Cr, Fe)_7C_3$ или $(Cr, Fe)_{23}C_6$ с твердостью HV12000–13000.

Хромаль. Сплав на основе железа и никеля, используемый для элементов сопротивления и нагревательных элементов, рабочая температура которых менее 1200 °С. Легирование хромом обеспечивает высокое сопротивление и жаростойкость. Маркировка Х23Ю5.

Хромко. Деформируемый магнитно-твердый сплав с содержанием Fe (45 %), Cr (30 %), Co (25 %). Их используют как магниты в виде тонких лент и проволоки.

Хрупкость. Состояние материала, характеризующееся отсутствием пластической деформации при приложении нагрузки.

Цементация. Поверхностное насыщение стали углеродом для получения высокой твердости и износостойчивости. При этом сердцевина остается мягкой и вязкой.

Цементит. Химическое соединение углерода с железом (карбид железа) Fe_3C .

Цвет побежалости. Тонкие пленки окислов различных цветов на полированной поверхности, образующиеся при температуре 150–600 °С.

Цирконий. Металл, обладающий высокой температурой плавления и высокой коррозионной стойкостью. Механические свойства колеблются в зависимости от чистоты структурного состояния и других факторов в следующих пределах: $\sigma_B = 200 \div 400$ Мпа, $\sigma_{0,2} = 50 \div 200$ Мпа, $\delta = 20 \div 40$ %, $HB = 30 \div 60$. Применяют для покрытия тепловыделяющих элементов и труб. Цирконий находит также применение как поглотитель газов в медицине, в металлургии (легирующая присадка, раскислитель).

Чугун. Сплав железа с углеродом, где углерода содержится свыше 2,14 %.

Эвтектика. Механическая смесь двух фаз, получаемая кристаллизацией из жидкости. Например, эвтектика – ледебурит.

Эвтектоид. Продукт кристаллизации эвтектики из твердого раствора, в отличие от эвтектики, исходным материалом которой является жидкость. Например, эвтектоид – перлит, состоящий из феррита и цемента.

Электронные соединения. Вид соединения, образующийся между двумя металлами из следующих групп $Cu, Ag, Au, Fe, Co, Ni, Pd, Pt$ с одной стороны и Be, Zn, Cd, Al, Sn, Si – с другой стороны.

Эпитаксия. Метод получения пленок кремния и германия, включающий сложную операцию разрезки монокристаллов на тонкие пластины. Дает возможность получать сложные полупроводниковые материалы (например, карбид кремния).

Ячейка. Наименьший объем кристаллической решетки многократное повторение которого в пространстве, образует кристаллическую решетку. Для описания элементарной ячейки используют 6 величин: три отрезка, равные расстояниям до ближайших элементарных частиц по осям координат (a, b, c) и три угла между этими отрезками (α, β, γ).

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Рекомендации к написанию рефератов

Реферат – это краткое изложение основного содержания статьи или какого-то труда, которое в отличие от конспекта составляется не для себя, а для освещения заданной темы с целью представления или выступления перед слушателями. Поэтому реферат пишется так, чтобы быть понятным не только его составителю, т. е. более подробно и связно, без сокращений и условных обозначений. *Научный реферат* – содержит необходимые элементы научного исследования (цель работы, проблему исследования, методы исследования, выводы).

Составление научного реферата требует высокого уровня организации самостоятельной работы с литературными источниками. Для работы над рефератом необходимо владеть материалом, уметь выделять основные мысли и на их основе составлять подробный план. Во вступлении к реферату раскрывается значение темы, а затем последовательно излагаются все предусмотренные планом вопросы. Следует обосновывать, разъяснять основные теоретические и практические положения, подкреплять их конкретными примерами и фактами. Будет очень ценным, если в работе проявится свое личное отношение к изложенному. Писать надо по возможности точно, кратко; разделять текст на абзацы; не допускать повторений. В сносках указывают страницы статьи, откуда взяты цитаты, мысли, идеи. В конце работы обязательно нужен обобщающий вывод. Оформление реферата должно отвечать следующим требованиям: первый лист – это титульный лист с названием темы, данными об учебном заведении, фамилией автора; далее содержание реферата по разделам и параграфам; в конце реферата обязателен список используемой литературы; приложений, содержащих краткий словарь используемых терминов, дополнительные к тексту реферата таблицы, схемы и т. д. Объем реферата составляет 8–9 стр. При подготовке рефератов необходимо отвечать себе на следующие вопросы:

- о чем будет идти речь в реферате;
- что мне уже известно об этом;
- что именно необходимо описать;
- как это можно объяснить;
- как это соотносится с тем, что я знаю;
- что из этого должно получиться;
- когда и как можно применить.

После того, как возникли в сознании возможные варианты ответа, следует продвигаться дальше, углубляя и конкретизируя вопросы на более специальные. Важно осмысливать каждое свое действие и проверять соблюдение плана реферата.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Диаграммы состояния, фотографии микроструктур,
графические зависимости, таблицы

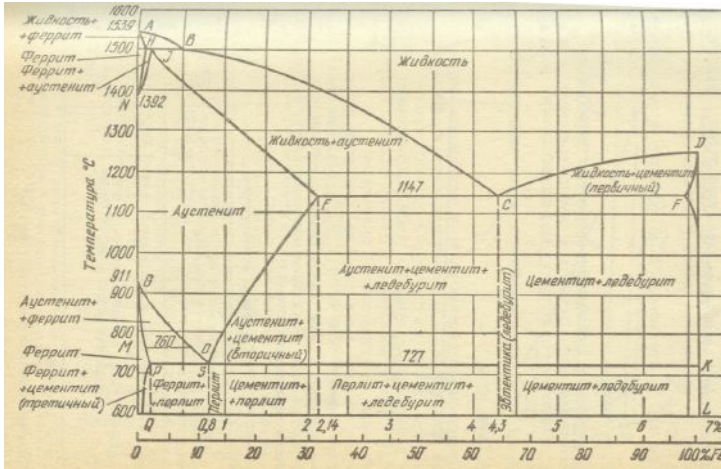


Рис. 1. Диаграмма состояния $Fe - Fe_3C$

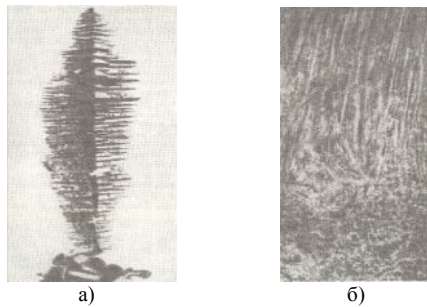


Рис. 2. Литая структура: а) дендрит Д.К. Чернова;
б) макростроение стального слитка [3]

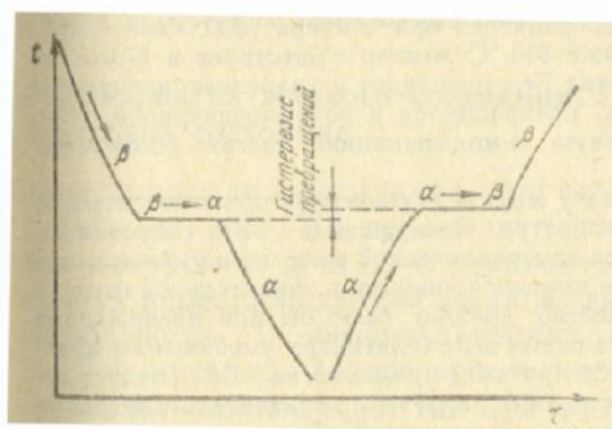


Рис. 3. Кривые охлаждения и нагрева металла, имеющего аллотропические превращения [5]

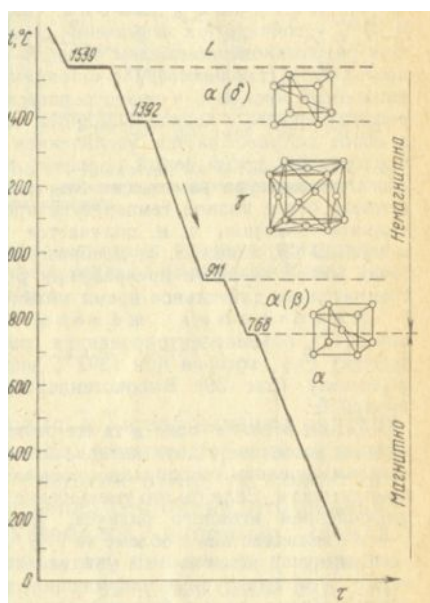


Рис. 4. Кривые охлаждения железа [5]

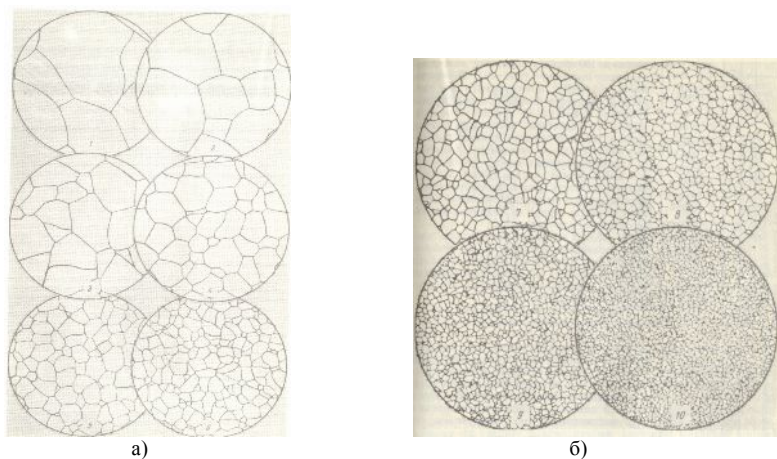


Рис. 5. Оценка баллов зерна: а) шкала размеров зерна конструкционной стали (№№ 1 – 6). X100 [3]; б) шкала размеров зерна конструкционной стали (№№ 7-10). X100[3]

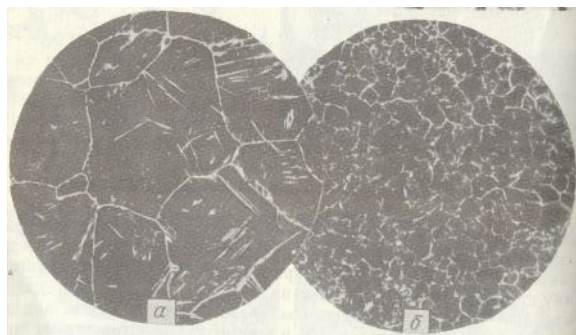


Рис. 6. Размер зерна углеродистой стали. X100.
а) – плавка 1; б) плавка 2 [3]



Рис. 7. Микроструктура углеродистой стали. X200 [3]

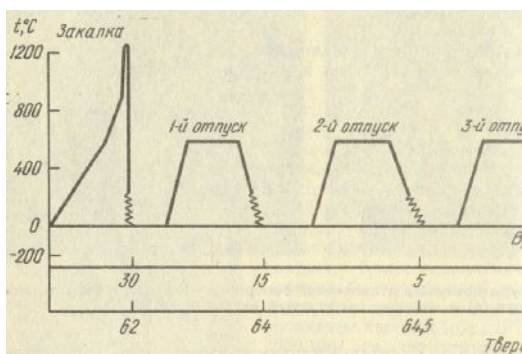


Рис. 8. Обычный режим термической обработки

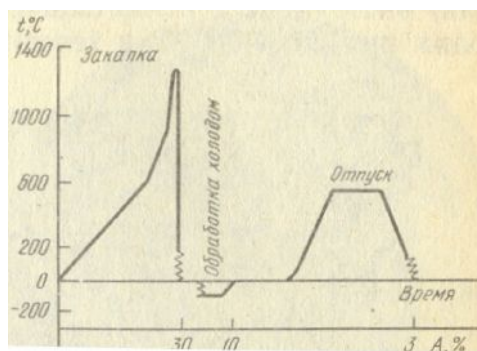


Рис. 9. Режим термической обработки инструмента с обработкой холодом

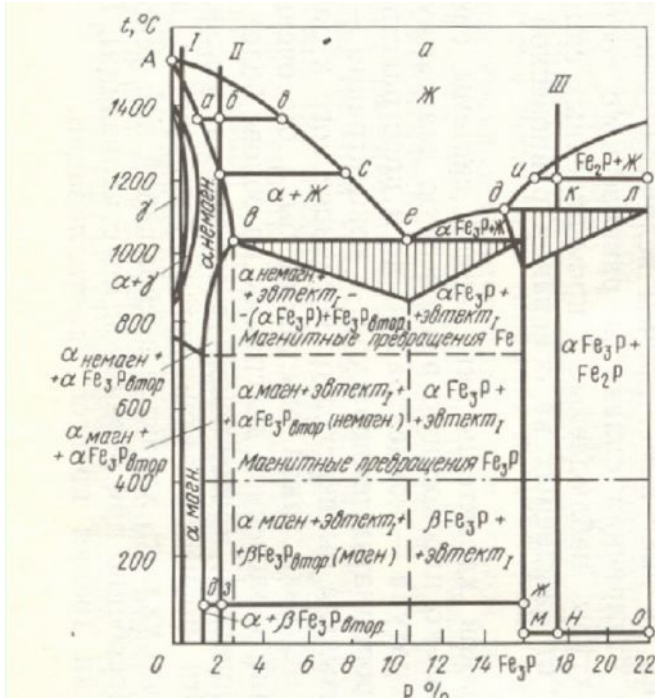


Рис. 10. Диаграмма состояния Fe–P

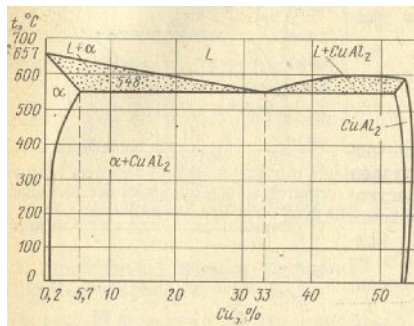


Рис. 11. Диаграмма состояния Al–Cu

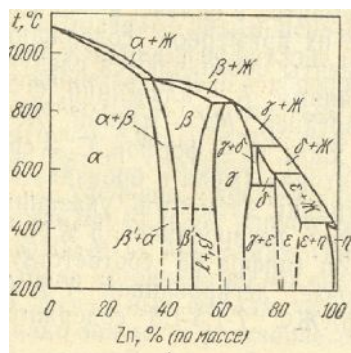
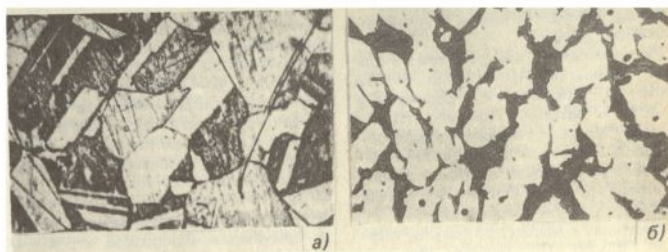
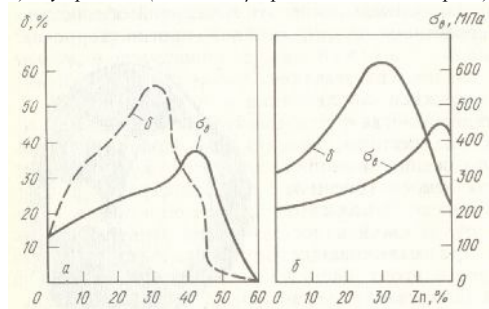


Рис. 12. Диаграмма состояния Cu-Zn

Рис. 13. Микроструктура латуней: а) однофазной; б) двухфазной (темная – β -фаза, светлая – α -фаза)Рис. 14. Механические свойства латуни в зависимости от содержания цинка:
а) литая латунь; б) катаная и отожженная латунь

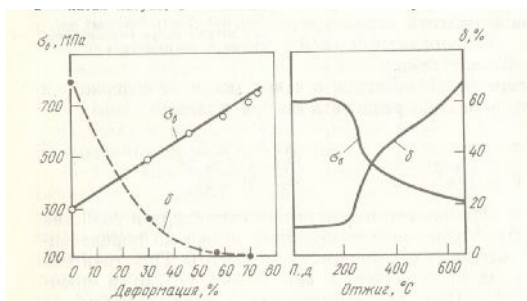


Рис. 15. Механические свойства латуни Л70 в зависимости от степени холодной деформации и температуры отжига.

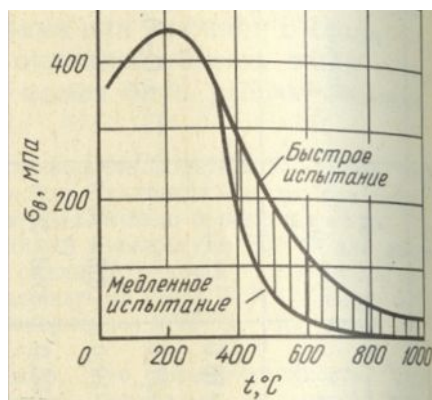


Рис. 16. Предел прочности железа в зависимости от температуры испытаний

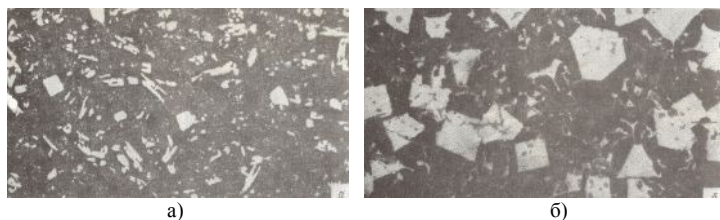


Рис. 17. Микроструктура подшипниковых сплавов (бabbitов) $\times 150$:
а) основа оловянная; б) основа свинцовистая

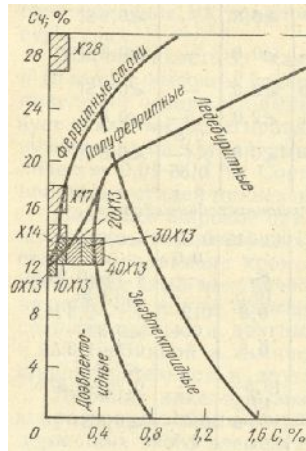


Рис. 18. Структурная классификация промышленных коррозионноустойчивых хромистых сталей [17]

Таблица 4

Аллотропические формы металлов [5]

Металл (элемент)	Аллотропическая форма	Интервал температур устойчивого состояния, °C	Кристаллическая решетка
Fe	α γ	<911 1392-1539 911-1392	Кубическая объемноцентрированная (К8) Кубическая гранецентрированная (К12)
Co	α β	<450 450-1480	Гексагональная (Г12) Кубическая гранецентрированная (К12)
Sn	α β	<18 18-232	Решетка алмаза Тетрагональная объемноцентрированная
Mn	α β γ δ	<700 700-1079 1079-1143 1143-1244	Кубическая сложная многоатомная То же Тетрагональная гранецентрированная Кубическая объемноцентрированная (К8)
Ti	α β	<882 882-1660	Гексагональная (Г12) Кубическая объемноцентрированная (К8)
Zr	α β	<867 867-1860	Гексагональная (Г12) Кубическая объемноцентрированная (К8)
U	α β γ	<668 668-720 720-1132	Орторомбическая Тетрагональная Кубическая объемноцентрированная (К8)

Таблица 5

Состав и свойства типографских сплавов [5] (п.3, с.45)

Марка сплава	Sb	As	Sn	Al	Cu	Mg	Pb	Zn	T _{пл.} °C	HB в литом состоянии
МШ1	13,5–15	3,5–4,5	-	-	-	-	основа	-	325	25–30
МШ2	14–16	2,7–3,3	-	-	-	-	-	-	315	23–28
МШ3	14–16	1,5–2,5	-	-	-	-	основа	-	320	23–30
МЛ1	9,5–10,5	1,0–1,5	-	-	-	-	«	-	250	-
ЛН1	11–12	-	4,2–4,8	-	-	-	«	-	245	22–23
ЦШ1	-	-	-	3,5–4,5	<0,06	0,02–0,06	-	основа	390	-
№3	-	-	-	2,2–3,0	<0,10	1,2–1,8	-	«	400	-
№7	-	-	-	4,5–5,5	3,5–4,5	1,5–2,0	-	«	460	-

Таблица 6

Состав и механические свойства латуней [3]

Структурн. класс сплава	Марка	Cu, % (остальное Zn)	Примеси (Fe, Si и др.), %	Мех. свойства (не менее)	
				σв, МПа	δ, %
α-латунь	Л96	95–97	≤0,30	230	35
	Л90	89–90	≤0,30	270	38
	Л80	79–81	≤0,30	280	45
	Л68	67–70	≤0,30	300	55
(α+β') –латунь	ЛС59-1	58–61	0,7	350	30
		Pb0,8–1,9		400*	15*

Примечание: * – для отожженных лент и листов, а также для прессованных прутков

Таблица 7

Обобщенные параметры типовых методов упрочнения [7]

Метод упрочнения	Требования к методу упрочнения	Эффективность упрочнения	Типовые изделия
Закалка объемная, отпуск ср., тверд. по всему сечению 40–45HRC	Необходимость обеспечения требуемой прокаливаемости по сечению при мелком зерне (балл >5-7)	Повышение сопротивления хрупкому разрушению	Рессоры, пружины и другие упругие элементы
Закалка объемная, отпуск высокий, твердость по всему сечению 25–40HRC		Повышение пр. выносливости на 30–40%, долговечности в 2–5раз, конт. выносл. на 20–50%, сопр. фр. корр. в 2–5раз	Валы, оси, шатуны, детали ходовой части автомобилей, тракторов, сельхоз.машин

Продолжение табл. 7

Метод упрочнения	Требования к методу упрочнения	Эффективность упрочнения	Типовые изделия
Поверхностная закалка стали ТВЧ (глубина 2–5мм), низкий отпуск, твердость закален. слоя 56–60HRC, твердость сердцев. 20–25HRC	Расстояние между окончанием закаленной зоны и концентратором напр. должно быть не более 5мм или же зона их конц. должна быть упрочнена закалкой ТВЧ или поверхностным наклепом	Повышение предела вынослив. на 40–60%, долговечн. от 2 до 5раз, пр. Конт. выносливости на 50–70%, сопротивл. фреттинг коррозии в 2–5раз	Коленчатые валы, полуоси, распределительные валы, зубчатые колеса, карданные валы
Цементация (глубина слоя 0,5–2,0мм) или нитроцементации (глубина 0,4–1,0мм), закалка, низкий отпуск, твердость поверхностного слоя 58–62HRC, твердость сердцевины 28–40HRC	Отсутствие немартенситных структур в периферийной зоне на расстоянии свыше 0,015мм от поверхности вследствие внутреннего окисления цементованного слоя, отсутствие темной составляющей в структуре нитроцементованного слоя	Повышение предела выносливости на 50–80%, долговечности в 5–10раз, предела контактной выносливости на 60–100%, износостойкости в 3–10раз, сопротивления фреттинг коррозии в 2–5раз	Зубчатые колеса автомобилей, тракторов, крупные подшипники качения
Наклеп поверхности (глубина слоя 0,1–0,2мм)	Контроль интенсивности наклепа с использованием специальных пластинок-калибров	Повышение пр. вынос. на 30–50%, долгов. в 3–10раз, сопротивл. фреттинг коррозии в 2–5раз	Рессоры, пружины, торсионные валы, полуоси, коленчатые валы, поворотные кулаки, зуб. колеса
Прерванная закалка с самоотп		Повышение прочн. в 1,5–2,0 раза	Массовые виды проката

СОДЕРЖАНИЕ

Предислвие.....	3
1. Методические рекомендации к организации самостоятельной работы студентов.....	5
2. Описание содержательного материала дисциплины «Материаловедение».....	8
3. Систематизация заданий на самостоятельное выполнение.....	25
3.1. Примеры заданий первого уровня сложности. Алгоритмы их выполнения.....	28
3.2. Примеры заданий второго уровня сложности. Алгоритмы их выполнения	37
3.3. Примеры заданий третьего уровня сложности. Алгоритмы их выполнения.....	47
3.4. Примеры заданий четвертого уровня сложности. Алгоритмы их выполнения.....	56
4. Контроль самостоятельной работы студентов.....	67
4.1. Контрольные вопросы первого уровня сложности.....	68
4.2. Контрольные вопросы второго уровня сложности.....	72
4.3. Контрольные вопросы третьего уровня сложности.....	77
4.4. Контрольные вопросы четвертого уровня сложности	82
Библиографический список.....	88
Приложение 1. Глоссарий для самостоятельного освоения студентами основных терминов и понятий.....	88
Приложение 2. Рекомендации к написанию рефератов.....	104
Приложение 3. Диаграммы состояния, фотографии микроструктур, графические зависимости, таблицы.....	105

**СМАГУЛОВ ДАУЛЕТ УЯЛОВИЧ
ШАМЕЛЬХАНОВА НЕЛЯ АМАНЖОЛОВНА**

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

**ПОСОБИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

для специальностей 050709 – «Металлургия»; 050710 – «Материаловедение и технология новых материалов»; 050708 – «Нефтегазовое дело»; 050724 – «Технологические машины и оборудование»
Бакалавриат

Гл. редактор ИЦ
Редактор
Техн. редактор
Компьютерный набор
и верстка

З.А. Губайдулина
Г.М. Дюсенбаева
Ж. Байменова
А.А. Сегизбаева

Сдано в набор . Подписано в печать . Формат
Усл.печ.лист 6,0 п.л.,
Тираж 100. Заказ № . Цена договорная.
Отпечатано в типографии КазНТУ им. К.И. Сатпаева