

**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

29/19/1

**Одобрено кафедрой
«Железнодорожный путь,
машины и оборудование»**

**Утверждено
деканом факультета
«Транспортные сооружения
и здания»**

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

**Рабочая программа и задание на контрольную работу
с методическими указаниями
для студентов III курса**

специальностей

150800 ВАГОНЫ (В)

**240100 ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ
(ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ) (Д),**

150700 ЛОКОМОТИВЫ (Л),

**060800 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИИ
(ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ) (Э),**

**181400 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ЭПС),
170900 ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫЕ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ, ДОРОЖНЫЕ
МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ (СМ),**

100700 ПРОМЫШЛЕННАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА (ПТ)

и IV курса специальности

330200 ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (ЭК)



Москва – 2005

С о с т а в и т е л ь — канд. техн. наук, доц. Е.Г. Зарембо

Р е ц е н з е н т — д-р техн. наук, проф. А.В. Людаговский

© Российский государственный открытый технический
университет путей сообщения, 2005

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

1. Цель и задачи дисциплины

1.1. *Цель изучения дисциплины* — получить необходимые знания для усвоения связей между составом, строением и свойствами материалов в зависимости от их обработки.

1.2. *Задача изучения дисциплины* — научиться правильно выбирать и использовать материалы для изготовления, эксплуатации и ремонта деталей механизмов, машин и конструкций, применяемых на железнодорожном транспорте.

1.3. *Дисциплина основана* на знаниях в области химии, физики, механики.

Студент должен *знать и уметь использовать* различные материалы с целью снижения массы и габаритов машин, повышения их эксплуатационной надежности и долговечности, ремонтпригодности и экономической эффективности.

Эти знания служат основой при курсовом и дипломном проектировании, при изучении специальных дисциплин, а также в будущей деятельности инженера.

Студент должен *иметь представление* о перспективах развития материаловедения, о современных методах обработки и упрочнения деталей машин и конструкций.

2. Содержание дисциплины

2.1. Введение.

2.2. Металлические материалы. Получение и классификация.

2.3. Кристаллическое строение и свойства металлов.

2.4. Основы теории сплавов. Твердые растворы, механические смеси, химические соединения.

2.5. Диаграммы состояний двойных систем. Закон Курнакова.

2.6. Диаграмма состояний железо-цементит. Классификация и маркировка сталей и чугунов.

2.7. Основы термической обработки. Превращения в структуре; свойства сплавов.

2.8. Легированные стали.

2.9. Цветные металлы и сплавы. Медь, алюминий, титан и сплавы на их основе.

2.10. Композиционные, порошковые материалы. Твердые сплавы.

2.11. Неметаллические материалы. Получение и классификация.

2.12. Полимерные материалы. Пластические массы, резины.

2.13. Керамические материалы.

3. Виды работ с распределением времени

Дисциплина	Курс	Специальность	Лекции, ч	Лабораторные работы, ч	Контрольные работы (количество)	Зачет с оценкой	Экзамен	Самостоятельная работа, ч	Всего, ч
Материаловедение	III	В	4	4	1	Есть	Нет	47	70
	III	Т	4	4	1	Есть	Нет	47	70
	III	СМ	4	4	1	Есть	Нет	47	70
	III	ЭП С	4	4	1	Есть	Нет	47	70
	III	Д	8	8	1	Нет	Есть	69	100
	III	Э	16	4 практические	1	Нет	Есть	118	153
	III	ПТ	8	12	1	Нет	Есть	105	140
	IV	ЭК	8	4	1	Есть	Нет	58	85

4. Перечень тем лекционных занятий

4.1. Введение. Металлические материалы. Получение и классификация. Кристаллическое строение и свойства металлов (2 ч).

4.2. Основы теории сплавов. Твердые растворы, механические смеси, химические соединения (2 ч).

4.3. Диаграммы состояний двойных систем. Диаграмма состояний железо-цементит. Классификация и маркировка сталей и чугунов (4 ч).

4.4. Основы термической обработки. Превращения в структуре и свойства сплавов (4 ч).

4.5. Легированные стали, цветные металлы и сплавы на основе меди, алюминия, титана (2 ч).

4.6. Неметаллические материалы. Получение и классификация. Пластические массы (2 ч).

5. Перечень тем лабораторных занятий

5.1. Изучение основных видов разрушения и повреждения деталей машин в процессе эксплуатации. Способы их предупреждения (2 ч).

5.2. Исследование превращений в сплавах методом термического анализа (построение диаграммы состояний) (2 ч).

5.3. Влияние режимов термической обработки на структуру и свойства стали (2 ч).

5.4. Исследование микроструктуры чугунов и цветных металлов и сплавов (2 ч).

5.5. Исследование влияния состава пластмасс на их физико-механические свойства. Изготовление деталей из пластмасс горячим прессованием. Определение их твердости (2 ч).

5.6. Повышение конструкционной прочности стали (с индивидуальным заданием по конкретной детали подвижного состава) (2 ч).

6. Перечень тем практических занятий (для спец. Э)

6.1. Определение механических свойств стали (2 ч).

6.2. Металлографический анализ сплавов (2 ч).

7. Перечень тем самостоятельных занятий

7.1. Основы строения и свойства материалов. Дислокации и дефекты кристаллической решетки (10 ч).

7.2. Механические свойства материалов и их определение (6 ч).

7.3. Теория сплавов. Виды взаимодействия компонентов, их характеристика (16 ч).

7.4. Сплавы на основе железа. Классификация сталей и чугунов по структуре и свойствам. Диаграмма состояний железоцементит. Применение углеродистых сталей на железнодорожном транспорте (20 ч).

7.5. Основы термической обработки и поверхностного упрочнения сплавов. Превращения в стали при нагреве и охлаждении. Диаграмма изотермического превращения аустенита (18 ч).

7.6. Легированные стали, их классификация, маркировка. Применение легированных сталей на железнодорожном транспорте (10 ч).

7.7. Цветные металлы и сплавы. Медь, алюминий и титан; сплавы на их основе, их характеристика и применение на железнодорожном транспорте (20 ч).

7.8. Неметаллические материалы. Полимеры и пластмассы. Резина. Применение пластмасс на железнодорожном транспорте (10 ч).

7.9. Композиционные материалы, их свойства и область применения (8 ч).

8. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

Рекомендуемая литература

1. Материаловедение и технология конструкционных материалов для железнодорожной техники /Н.Н. Воронин и др. — М.: Маршрут, 2004. — 456 с.

2. Материаловедение и технология металлов /Г.П. Фетисов и др. — М.: Высшая школа, 2000. — 638 с.

3. Материаловедение /Б.Н. Арзамасов и др. — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. — 648 с.

4. З а р е м б о Е.Г. Материаловедение и технология материалов. — М.: РГОТУПС, 2005. — 200 с.

9. Методические указания к изучению дисциплины

С целью системного построения учебного материала обозначим выбор материала как *систему*. Тогда химический состав, физическое строение (структура), технология получения и обработки, служебные свойства, технико-экономическая эффективность будут *подсистемами*. Далее, по составу, материалы можно разделить на *металлы* и *неметаллы*; металлы, в свою очередь, — на *чистые* и *в виде сплавов*; сплавы — на *стали*, *чугуны* и *цветные*; стали — на *углеродистые* и *легированные* и т.д.

По строению можно дифференцировать материалы на *аморфные* и *кристаллические*, последние различаются по *типу решетки* и *наличию дефектов*.

Полученные свойства материалов могут быть весьма различными по *прочности, пластичности, ударной вязкости, теплопроводности, свариваемости* и др.

Технико-экономическая эффективность применения материала зависит от следующих факторов: *себестоимость, цена, дефицитность, долговечность, условия труда, влияние на природу* и пр.

При изучении материаловедения следует использовать знания из физики, химии, теоретической механики, сопротивления материалов, высшей математики.

Для наглядности приведен *граф построения* (рис. 1) с указанием связей между системой, подсистемами и учебными элементами.

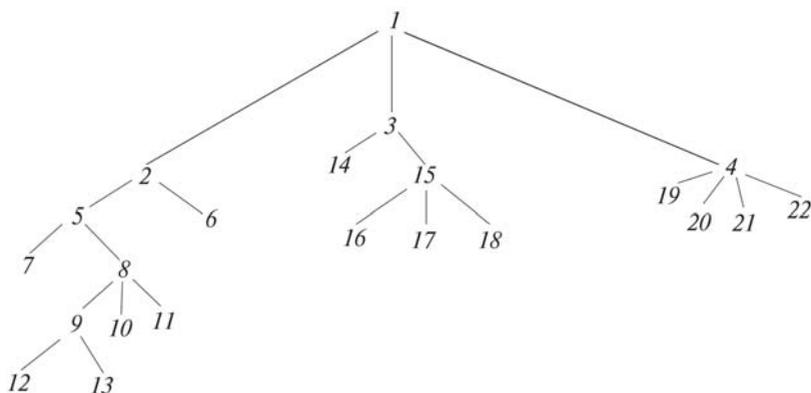


Рис. 1. Граф построения

- 1 — материал — система; подсистемы: 2 — химический состав;
 3 — физическое строение; 4 — технико-экономическая
 эффективность; учебные элементы: 5 — металлы; 6 — неметаллы;
 7 — чистые металлы; 8 — металлические сплавы; 9 — стали;
 10 — чугуны; 11 — цветные металлы; 12 — углеродистые стали;
 13 — легированные стали; 14 — аморфные; 15 — кристаллические;
 16 — решетки: кубическая; 17 — ромбоэдрическая;
 18 — гексагональная; 19 — себестоимость; 20 — цена;
 21 — дефицитность; 22 — влияние на природу.

Необходимо уяснить, что свойства металлов определяются их *структурой*. Нужно четко представлять принципиальную разницу в строении кристаллических и аморфных тел; разоб-

ратся в форме элементарных ячеек пространственных решеток металлов, понять, чем объясняется анизотропия свойств кристаллов, в чем физический смысл аллотропических превращений, каково практическое значение аллотропии, связанное с изменением свойств металла. Важным является *усвоение существенного отличия реального строения кристаллической решетки от идеального, лишенного структурных несовершенств.*

Правильное расположение атомов встречается лишь в отдельных частях *реальных кристаллов*, а также в *монокристаллах*. Различные несовершенства строения решетки: линейные искажения (дислокации), пустые места (вакансии), включения чужеродных атомов примесей (точечные нарушения), а также их перемещения, скопления в значительной мере *определяют уровень прочности* металла. Это влияние не однозначно, а именно: **при некоторой концентрации несовершенств прочность минимальна.** Уменьшая количество несовершенств, можно добиться **приближения к идеальному строению кристалла и соответственно к теоретической максимальной прочности.** Путем тонкой очистки металла от примесей способами химического разложения, электрошлакового переплава, зонной плавки, вакуумирования, путем сокращения числа дислокаций и вакансий удалось добиться предела прочности кристаллов железа до 15 000 МПа. Повышения прочности можно добиться и увеличением количества несовершенств, применяя наклеп, закалку, легирование. **Однако уровень прочности при этом ниже, чем при уменьшении количества несовершенств.**

Знание физической сущности механических свойств металлов и сплавов, а также методов их определения исключительно важно для инженера. Студентам следует понять *явление усталости металла*, поскольку оно является одной из основных причин выхода из строя деталей.

При изучении процессов расплавления и кристаллизации металлов необходимо уяснить *причины, приводящие к фазовым превращениям*: стремление к наименьшему запасу свободной энергии, образование центров кристаллизации. Нужно иметь в виду, что образование дендритной структуры при кристаллизации является следствием неравномерности роста кристалла

в разных направлениях. При построении кривых охлаждения следует разобраться в *физическом смысле температурных остатков, выражаемых площадками и перегибами на кривых, и дать определение критической точки.*

Взаимодействие компонентов в твердом состоянии определяет *структуру*, а значит, и *свойства сплавов*. Поэтому важно выяснить *условия*, при которых оно происходит. Химическое соединение обладает особой, отличной от компонентов *кристаллической решеткой*. Зная механические свойства отдельных фаз и структурных составляющих сплава, например большую пластичность чистых металлов и повышенную хрупкость механических смесей и особенно химических соединений, можно предопределить поведение сплава в том или ином состоянии. Нужно уметь анализировать *диаграмму состояний*, пользуясь *правилом фаз и правилом отрезков*. При этом необходимо уметь определять процентное соотношение фаз и структурных составляющих для данного состояния сплава (температура, химический состав). Важно ответить на вопрос о *разнице между эвтектическим и эвтектоидным превращениями*.

Следует также четко определить условия образования неоднородности химического состава сплава (ликвации) в пределах слитка и одного кристаллита, уяснить практическое значение этого явления.

Необходимо изучить диаграмму состояний железо-цементит; знать состав, строение и условия образования различных фаз и структурных составляющих; понимать, в чем структурное различие между техническим железом, сталью и чугуном; четко представлять, как влияет углерод и нормальные (постоянные) примеси Si и Mn на свойства сталей, в чем состоит вредное влияние P и S, определяющее явления хладноломкости и красноломкости стали. Нужно понять, какие требования предъявляются к сталям обыкновенного и повышенного качества, знать маркировку сталей в соответствии с ГОСТами. Изучая маркировку сталей, необходимо помнить, что в зависимости от способа раскисления может быть получена сталь различного качества. Она соответственно обозначается: сп — спокойная, пс — полуспокойная, кп — кипящая.

Химический состав и механические свойства сталей определяются ГОСТом. Например, для углеродистых сталей обыкновенного качества — по ГОСТ 380-94, для углеродистых качественных сталей — по ГОСТ 1050-88, для углеродистых инструментальных сталей — по ГОСТ 1435-86, для легированных сталей — по ГОСТ 19281-89, 14959-79 и др.

В ответах на вопросы, касающиеся марок сплавов, необходимо на основании ГОСТ указать принципы их классификации и привести необходимые примеры.

При изучении процесса графитизации важно уяснить, как влияет форма графита на механические и эксплуатационные свойства чугуна, понять влияние Si, Mn, S, P и модифицирующих элементов на процесс графитизации и форму графита.

Серые чугуны по ГОСТ 1412-85 маркируются так: СЧ25, где СЧ — серый чугун; 25 — предел прочности $\sigma_{\text{в}}$ при растяжении (250 МПа). Известно, что $4\sigma_{\text{в,раст}} = 2\sigma_{\text{изг}} = \sigma_{\text{сж}}$, т.е. чугун лучше работает при сжатии. *Ковкие чугуны* (ГОСТ 1215-79) маркируются иначе: КЧ45-7, где КЧ — ковкий; 45 — предел прочности при растяжении $\sigma_{\text{в}}$ (450 МПа); 7 — относительное удлинение δ , %. *Высокопрочные чугуны* (ГОСТ 7293-85) — ВЧ80, где 80 — $\sigma_{\text{в}}$ (800 МПа). *Чугуны с вермикулярным графитом* (ГОСТ 28384-89) — ЧВГ40, где 40 — $\sigma_{\text{в}}$ (400 МПа).

Необходимо понять связь между характером нагружения, напряженным состоянием и характером разрушения. Важно усвоить, что поведение одного и того же сплава в образце при простом нагружении, например при растяжении или изгибе, и в детали при сложном нагружении, например при одновременном действии изгиба и кручения, различно.

Полезно графически представить влияние скорости нагружения, температуры и напряжения на характер разрушения (хрупкое или вязкое); усвоить, что пластическая деформация приводит к увеличению числа дислокаций, изменению тонкой структуры и, соответственно, к изменению свойств сплавов.

При рассмотрении рекристаллизационных процессов следует четко определить три стадии (возврат, первичную и собирательную рекристаллизацию), связав изменения микроструктуры с изменением свойств по стадиям, в том числе и графически.

Необходимо отметить практическое значение температуры «порога» *рекристаллизации*.

Важно оценить конструкционную прочность деталей машин в связи с характером нагружения и наличием концентраторов напряжений: надрезов, рисок, выточек.

Термическая обработка — один из главных способов влияния на строение и свойства сплавов. Вопросы термической обработки стали и чугуна можно понять, зная *структурные превращения, происходящие при нагреве и охлаждении железоуглеродистых сплавов с различным содержанием углерода*.

Необходимо помнить какие превращения претерпевают феррит, перлит и ледебурит при нагреве и какое влияние оказывает охлаждение на превращения аустенита. Вопросы охлаждения аустенита лучше разобрать, используя диаграмму изотермического распада аустенита; на ее основе уяснить при какой скорости охлаждения образуются перлит, сорбит, тростит и мартенсит, что называется критической скоростью закалки, в чем различие между мартенситом и другими структурами.

Следует иметь в виду, **что чем ниже содержание углерода в стали, тем больше критическая скорость закалки**, вследствие чего низкоуглеродистые стали (менее 0,3 % С) в практических условиях не принимают закалку на мартенсит.

Нужно усвоить, что при образовании мартенсита кристаллическая решетка перестраивается из гранцентрированной в объемноцентрированную, но вследствие того, что углерод не успевает выделиться, а остается в пересыщенном твердом растворе в объемноцентрированной решетке, она искажается и приобретает тетрагональность.

Процесс образования мартенсита бездиффузионный, поскольку низкая температура процесса препятствует диффузии углерода. Образование мартенсита происходит между температурами начала M_n и конца M_k мартенситного превращения тем полнее, чем ниже температура в этом интервале. Интервал мартенситного превращения при увеличении содержания углерода смещается в область более низких температур. Часть аустенита, находясь между образовавшимися пластинами

мартенсита в состоянии всестороннего сжатия, не превращается в мартенсит. Этот остаточный аустенит снижает твердость стали. Поэтому для уменьшения количества остаточного аустенита некоторые стали необходимо охлаждать до отрицательных температур (обработка холодом).

Необходимо разобраться в структурных превращениях, происходящих при отпуске стали, а также проследить за изменением свойств закаленной стали в результате низкого, среднего и высокого отпуска. Важно понять почему уменьшается искаженность (тетрагональность) мартенсита, какие условия необходимы для перехода остаточного аустенита в мартенсит и для его распада на феррито-цементитную смесь.

Под *улучшением стали* понимают закалку на мартенсит с последующим высоким отпуском. Следует усвоить какие стали подвергаются улучшению.

При рассмотрении вопросов термической обработки чугуна нужно изучить *процесс графитизирующего отжига*, который применяется для получения ковкого чугуна. Необходимо ознакомиться с превращениями в структуре и изменениями свойств при термической обработке деталей из углеродистой и легированной сталей.

Поверхностная прочность деталей может быть повышена непосредственно термической обработкой, химико-термической обработкой и методами пластической деформации поверхности.

Важно уяснить какие стали относятся к улучшаемым, а какие к цементируемым.

При изучении различных способов поверхностной закалки особое внимание нужно уделить высокочастотной закалке.

Изучение различных видов химико-термической обработки надлежит начать с цементации в твердой, газовой и жидкой средах (карбюризаторах). После этого легче понять и другие процессы, поскольку принцип всех видов химико-термической обработки один и тот же: получение насыщающего вещества в атомарной форме, захват этих атомов поверхностью ме-

талла и диффузия их внутрь металла. Необходимо уяснить назначение отдельных процессов и свойства, приобретаемые поверхностью изделий (износоустойчивость, усталостная прочность, коррозиестойчивость).

Рассматривая влияние легирующих элементов на структуру и свойства сталей, необходимо изучить особенности вновь появляющихся фаз: *легируемого феррита, легируемого аустенита и специальных карбидов*. Нужно иметь в виду, что принципы термической обработки для легируемых сталей остаются неизменными, однако положение критических точек меняется, соответственно меняется структура стали в равновесном состоянии, а также критическая скорость закалки, глубина прокаливаемости. Изменяются необходимые температуры нагрева для различных видов термической обработки. **Надо помнить, что разные легирующие элементы и разная степень легирования придают сталям различную структуру и свойства.**

Необходимо ознакомиться с литыми и порошковыми твердыми сплавами, применяемыми как для наплавки изнашивающихся деталей машин, так и для напайки пластинок на кромки режущего инструмента. Особое внимание нужно обратить на *красностойкость и твердость* этих сплавов.

Следует изучить технологию производства порошковых материалов, которая позволяет получать разнообразные изделия с весьма ценными свойствами при минимальных затратах. Необходимо знать основные виды изделий порошковой металлургии, их свойства и область использования.

Следует уяснить, почему чистые цветные металлы применяются ограниченно, а сплавы на основе меди, алюминия и титана — более широко.

Важно ознакомиться с *диаграммами состояний сплавов*: медь — цинк (латуни), медь — олово (оловянистая бронза), алюминий — кремний (силумины), алюминий — цинк и алюминий — медь (дюралюмины), чтобы выяснить взаимозависимость структуры и свойств тех или иных промышленных сплавов. Необходимо понять, почему изделия из этих сплавов получают как обработкой давлением, так и литьем.

Следует изучить *маркировку* сплавов меди и алюминия, знать *области их применения*, привести *конкретные примеры*.

По ГОСТ 859-78 *медь* маркируется так: МОО, МО, М1, М2, М3, в зависимости от содержания примесей; *латуни* (ГОСТ 17711-80) — ЛЦ40С, где Л — латунь, Ц — цинк (40%); С — свинец (1%).

Бронзы маркируются иначе (ГОСТ 5017-74): БрОФ4-0,25, где Бр — бронза; О — олово; Ф — фосфор; цифры — их процентное содержание.

Если *чистый алюминий* маркируется А0, А5 (процент примесей) в литом состоянии или АД0, АД1 — после деформации, то *сплавы алюминия* маркируются так: деформированные (ГОСТ 4784-74) — АМц (с марганцем), АМг2 (марганец и магний — 2%), Д16 (марганец, магний, медь), В95 (то же и хром, цинк), АК6 (то же и кремний); *литейные* (ГОСТ 2685-75) — АЛ2 — силумины, АЛ 19 (с медью, титаном) и др.

Особое внимание следует обратить на *теорию старения деформируемых алюминиевых сплавов*, изучив превращения в структуре и изменения свойств при термической обработке — закалке и последующем искусственном старении, разобраться в физической сущности упрочнения при старении (когерентность кристаллических решеток твердого раствора и образующегося химического соединения).

Следует обратить внимание на *особые преимущества титана и его сплавов* — высокую удельную прочность и исключительную коррозионную стойкость.

Среди неметаллических материалов очень важны *синтетические полимерные материалы*. К ним относятся разные пластмассы, пленки, волокна, резины, клеи и лакокрасочные материалы. При изучении их структуры необходимо обратить внимание на форму элементарных звеньев; расположение химических связей и звеньев макромолекул.

Важно четко представлять, что *полимер* является химическим веществом специфического строения, а *полимерный материал* — технический продукт на его основе.

Полимеры могут находиться в трех физических состояниях: *стеклообразном, эластичном и текучем*, причем состояние полимера обусловлено его структурой и температурой.

Свойства полимеров зависят от их химического состава (карбоцепные, гетероцепные, элементоорганические), а также от количественного соотношения атомов в молекуле и их сочетания.

Например, замена водорода углеводородным радикалом приводит к увеличению эластичности, морозостойкости и снижению прочности, твердости, теплостойкости.

Необходимо помнить, что ни одна отрасль техники не обходится без применения синтетических полимерных материалов. Следует усвоить принципы классификации синтетических смол и пластмасс в зависимости от реакции получения полимера, его структуры, физико-механических свойств (модуля упругости).

Важно уметь оценивать *эксплуатационные свойства* пластмасс, поскольку в ряде случаев они с успехом заменяют другие, в том числе металлические материалы, а часто являются и незаменимыми. Стекловолокнистый анизотропный материал (СВАМ), например, превышает по удельной прочности сталь, титан и дюралюминий; политетрафторэтилен (фторопласт или тефлон) обладает высокими диэлектрическими свойствами, а ретинакс — высокими фрикционными свойствами и т.д.

Следует обратить внимание на новые способы получения полимерных материалов (радиационная полимеризация, получение ионообменных смол — ионитов, металлопластов, ориентация молекул).

Задание на контрольную работу

Номера вопросов студент должен выбрать в соответствии с данными, приведенными в табл. 1.

Таблица 1

Две последние цифры учебного шифра	Номер вопроса
30, 60, 90	1, 31, 61
29, 59, 89	2, 32, 62
28, 58, 88	3, 33, 63
27, 57, 87	4, 34, 64
26, 56, 86	5, 35, 65
25, 55, 85	6, 36, 66
24, 54, 84	7, 37, 67
23, 53, 83	8, 38, 68
22, 52, 82	9, 39, 69
21, 51, 81	10, 40, 70
20, 50, 80	11, 41, 71
19, 49, 79	12, 42, 72
18, 48, 78	13, 43, 73
17, 47, 77	14, 44, 74
16, 46, 76	15, 45, 75
15, 45, 75	16, 46, 76
14, 44, 74	17, 47, 77
13, 43, 73	18, 48, 78
12, 42, 72	19, 49, 79
11, 41, 71	20, 50, 80
10, 40, 70, 00	21, 51, 81
09, 39, 69, 99	22, 52, 82
08, 38, 68, 98	23, 53, 83
07, 37, 67, 97	24, 54, 84
06, 36, 66, 96	25, 55, 85
05, 35, 65, 95	26, 56, 86
04, 34, 64, 94	27, 57, 87
03, 33, 63, 93	28, 58, 88
02, 32, 62, 92	29, 59, 89
01, 31, 61, 91	30, 60, 90

1...30. По диаграмме состояний железо-цементит опишите какие структурные и фазовые превращения будут происходить при медленном охлаждении из жидкого состояния сплава с заданным содержанием углерода. Охарактеризуйте этот сплав и определите для него при заданной температуре количество, состав фаз и процентное соотношение, используя данные, приведенные в табл. 2. Постройте кривую охлаждения сплава.

Таблица 2

Номер вопроса	C, %	t, °C
1	3,8	800
2	3,7	600
3	3,6	1190
4	3,5	1200
5	3,4	1050
6	3,3	1000
7	3,2	950
8	3,1	920
9	3,0	900
10	2,9	780
11	2,8	750
12	2,7	700
13	2,6	650
14	2,5	600
15	2,4	850
16	2,3	1240
17	1,6	830
18	1,5	820
19	1,4	810
20	1,3	700
21	1,2	770
22	1,1	750
23	1,0	740
24	0,9	500
25	0,7	600
26	0,6	700
27	0,5	710
28	0,4	760
29	0,3	780
30	0,2	750

31...60. Расшифруйте заданную марку сплава (табл. 3), объясните влияние элементов, входящих в сплав. Постройте график термической обработки детали для получения заданных механических свойств.

Таблица 3

Номер вопроса	Детали	Марка стали	Свойства
31	Трубопровод	015Х10М2Б	HB160
32	Клапан	20Х13	HB300
33	Клапан двигателя	40Х10С2М	HB400
34	Лопатка турбины	15Х11МФ	$\sigma_{100} = 170$ МПа
35	Пароперегреватель	08Х15Н24В4ТР	$\sigma_{100} = 260$ МПа
36	Диск газовой турбины	45Х14Н14В2М	$\sigma_{100} = 220$ МПа
37	Корпус турбины	40Х15Н17Г9Ф2МС	$\sigma_{100} = 420$ МПа
38	Камера сгорания	10Х11Н20Т3Р	$\sigma_{100} = 300$ МПа
39	Кольцо сопла	10Х11Н23Т3МР	$\sigma_{100} = 580$ МПа
40	Лопатка турбины	ХН3,5ВГЮ	$\sigma_{100} = 600$ МПа
41	Крепеж турбины	37Х12Н818МФБ	$\sigma_{100} = 450$ МПа
42	Паропровод	12Х1МФ	$\sigma_{100} = 110$ МПа
43	Резервуар жидкого газа	0Н9А	KCU = 1,3 МДж/м ²
44	Баллон жидкого газа	03Х13АМ9	$\sigma_{0,2} = 450$ МПа
45	Труба жидкого газа	03Х20Н16А16	$\sigma_{0,2} = 1350$ МПа
46	Труба для кислоты	14Х17Н2	$\sigma_{100} = 700$ МПа
47	Сверло	Р6М5	HRC63
48	Холодовой винт	7Х12ВМ	HRC60
49	Плунжер насоса	ШХ15	HRC58
50	Кулачок	ХВГ	HRC59
51	Шпилька	30ХГСА	HRC50
52	Червяк	38Х2Н2МА	HRC45
53	Шток	40ХГТР	HRC40
54	Пружина	60С2ХФА	HRC46
55	Вал турбины	38ХНВМФА	HB300
56	Зубчатое колесо	12ХНЗА	HB330
57	Цилиндр двигателя	38Х2МЮА	HV1000
58	Копир	38ХВФЮА	HV800
59	Матрица	Х12Ф	HRC60
60	Пуансон	6Х6В3МФС	HRC58

61. Приведите классификацию неметаллических материалов по происхождению.
62. Какие свойства неметаллических материалов делают их незаменимыми? Приведите конкретные примеры.
63. Как классифицируют композиционные материалы по геометрии наполнителя и природе компонентов?
64. Опишите механические свойства спеченного алюминиевого порошка (САП). Где он применяется?
65. Какими свойствами обладает стекловолоконный анизотропный материал (СВАМ)? Область его применения.
66. Какие твердые сплавы существуют? Опишите их состав, свойства, область применения как режущего инструмента.
67. По каким свойствам разделяются инструментальные материалы? Приведите примеры сверхтвердых материалов (СТМ).
68. Как разделяют полимеры по форме макромолекул и химическому составу? Приведите примеры.
69. Приведите классификацию пластических масс по виду наполнителя и реакции к повторным нагревам.
70. Опишите технологию получения резины. Приведите примеры ее использования.
71. Как проходит реакция вулканизации резины? Как при этом меняются структура и свойства резины?
72. Опишите разновидности пенопластов и их свойства. Где они применяются?
73. Где и почему применяются текстолиты? Приведите примеры.
74. Укажите состав и свойства керамики, применяемой в технике.
75. Что такое полиморфизм железа, какое практическое значение он имеет?
76. Какие механические свойства металлов являются важнейшими и как они определяются?
77. Какие виды взаимодействия компонентов вам известны? Опишите их свойства.
78. Опишите условия образования твердых растворов, механических смесей и химических соединений в металлических сплавах.

79. Как влияют постоянные примеси на свойства углеродистой стали?

80. Классификация углеродистых сталей по качеству и назначению.

81. Опишите, как влияет химический состав и структура на свойства серого чугуна.

82. Что такое критическая скорость закалки и как она определяется?

83. Опишите преимущества изотермической закалки перед закалкой на мартенсит.

84. Приведите краткую характеристику основных видов термической обработки стали.

85. Опишите цементацию как вид химико-термической обработки. В чем ее значение и где она применяется?

86. Приведите примеры диффузионного насыщения поверхности стальных деталей металлами и неметаллами.

87. Как влияют легирующие элементы на структуру стали? В чем практическое значение этого влияния?

88. Приведите примеры использования титановых сплавов. В чем их преимущество?

89. Опишите структуру и свойства сплавов на основе меди. Приведите примеры их использования.

90. Опишите структуру и свойства сплавов на основе алюминия. Приведите примеры их использования.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению контрольной работы

Отвечая на первую часть вопросов **1...30**, необходимо начертить диаграмму состояний железо-цементит, провести на ней ординату, соответствующую заданному сплаву, и обозначить на ней все критические точки. Рядом с диаграммой начертить кривую охлаждения данного сплава, показав связь критических точек на диаграмме и кривой, описать сущность превращений, происходящих в сплаве при медленном охлаждении.

Отвечая на вторую часть вопросов **1...30**, нужно на ординате сплава через точку, соответствующую заданной температуре,

провести горизонтальную линию до соответствующих фазовых областей, обозначить крайние и заданную точки, найти концентрацию сплава в этих точках и, пользуясь правилом отрезков, определить соответствующие фазы. Например, определяя соотношение фаз для сплава с содержанием 2,5% углерода при температуре 900°C, в котором имеются структурные составляющие — аустенит, цементит вторичный и ледебурит, следует сначала выявить фазы, из которых состоит сплав при данных условиях (аустенит, цементит), а далее определить их количество в процентах. При этом важно учесть, что перлит и ледебурит являются механическими смесями фаз (перлит = феррит + цементит), при температурах ниже 727°C ледебурит состоит из перлита и цементита или, в конечном итоге, из феррита и цементита.

Вопросы **31...60** требуют знания маркировки и свойств легированных сталей, твердых сплавов, цветных сплавов, а также процессов термической и химико-термической обработки. Отвечая на вопросы, необходимо привести полный химический состав и свойства рассматриваемого материала, указать влияние легирующих элементов, привести примеры применения этих материалов.

Следует указать, какие именно легирующие элементы или их сочетания придают сталям требуемые свойства, например повышение прочности и вязкости, жаропрочности и жаростойкости и т.д., как эти элементы влияют на поведение легированных сталей в процессе их термической обработки. Так, температура отпуска легированных сталей выбирается несколько выше, чем для обычных углеродистых сталей, так как легированный аустенит более устойчив, учитывается возможная отпускная хрупкость и т.д.

Отвечая на эти вопросы, необходимо начать с требований, предъявляемых в эксплуатации к деталям, работающим в условиях агрессивных сред, высоких температур, давлений, а затем перейти к анализу влияния каждого из элементов, составляющих сплав.

Затем рекомендуется построить график термической и химико-термической обработки, на котором обозначить температуры нагрева и структуры (начальную, при нагреве и после охлаждения). После этого следует привести конкретные примеры использования заданного сплава. Желательно при этом освещать технико-экономическую эффективность. Например, применять стали, не содержащие дефицитных и дорогих металлов (никель, ванадий, вольфрам, ниобий).

Вопросы **61...90** посвящены материалам разного назначения.

Отвечая на вопросы, следует приводить конкретные примеры с указанием марок, обязательно аргументируя применение тех или иных материалов в различных условиях эксплуатации. Особую ценность приобретают примеры из области техники и технологии, близкой студенту в сфере его производственной деятельности.

Следует обратить внимание на технико-экономическую эффективность внедрения полимерных материалов как заменителей дорогостоящих и дефицитных материалов, например, цветных металлов, ценных пород древесины. Необходимо вначале ознакомиться с классификацией синтетических смол по ГОСТу, составом и свойствами пластических масс.

Рекомендуется приводить конкретные примеры использования полимерных материалов при изготовлении и ремонте, отмечая сокращение трудоемкости и стоимости ремонта. Важно привести примеры из знакомой студенту области производства, включая перспективы использования того или иного полимерного материала. Отвечая на вопросы, связанные с защитными покрытиями, следует исходить из двух факторов, позволяющих получать качественное покрытие, стойкое к действию реагентов, от которых защищается изделие. Во-первых, из механической прочности и твердости покрытия при нормальной, повышенных и пониженных температурах и, во-вторых, из устойчивости, связанных с адгезией (прилипаемостью) покрытия к защищаемой поверхности. Часто выгоднее применять пленочный материал.

Важно оценить состав и свойства синтетического клея (адгезию и когезию — прочность клеевого слоя) в связи с технологией склеивания и влиянием влаги, масла, бензина, а также температуры.

При описании технологических методов переработки пластмасс в изделия следует приводить схемы процессов с необходимыми пояснениями.

Описывая композиционные материалы, следует отмечать их уникальные свойства, используемые в технике. Например, анизотропность, вызванную направленностью волокон или, наоборот, изотропность, благодаря дисперсности частиц, имеющих равноосную форму. Большая гамма свойств, обусловленная составом и строением композитов, позволяет применять их в самых различных условиях эксплуатации.

В рекомендуемой литературе студент может найти ответы на поставленные в задании вопросы. При необходимости следует обращаться за устной или письменной консультацией.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
Рабочая программа и задание на контрольную работу
с методическими указаниями

П е р е и з д а н и е

Редактор *Д.Н. Тихоньчев*
Корректор *В.В. Игнатова*
Компьютерная верстка *Ю.А. Варламова*

Тип. зак.	Изд. зак. 210	Тираж 6 000 экз.
Подписано в печать 28.03. 05	Гарнитура Times.	Офсет
Усл. печ. л. 1,5		Формат 60×90 ¹ / ₁₆

Издательский центр РГОТУПСа,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Участок оперативной печати РГОТУПСа, 125993, Москва, Часовая ул., 22/2