

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное агентство по образованию  
Южно-Уральский государственный университет  
Кафедра «Физическое металловедение и физика твердого тела»

620.22(07)

И15

Х.М. Ибрагимов, В.И. Филатов, Н.А. Шабурова

## **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

Учебное пособие

Челябинск  
Издательский центр ЮУрГУ  
2010

УДК 620.22(075.8)+669.017(075.8)

И15

*Одобрено  
учебно-методической комиссией  
физико-металлургического факультета*

*Рецензенты:*

доц. к.т.н. Р.З. Нагамазянов, доц. к.т.н. Н.М. Соловьев

**Ибрагимов, Х.М.**

И15      Материаловедение: учебное пособие / Х.М. Ибрагимов, В.И. Филатов, Н.А. Шабурова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 38 с.

Учебное пособие по курсу «Материаловедение» предназначено для студентов-заочников машиностроительных специальностей.

В пособии приведена полная программа курса с методическими указаниями по каждой теме, предложены варианты контрольных работ №1 и №2.

УДКУДК 620.22(075.8)+669.017(075.8)

© Издательский центр ЮУрГУ, 2010

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Модернизация экономики страны невозможна без создания и освоения новых экономических материалов, обладающих разнообразными механическими и другими свойствами.

**Материаловедение** – наука, изучающая металлические и неметаллические материалы, применяемые в технике, и объективные закономерности зависимости их свойств от химического состава, строения и способа обработки.

Курс “Материаловедение” вместе с другими техническими дисциплинами дает студентам общепрофессиональную подготовку, закладывает основы знаний, необходимых для изучения специальных дисциплин, выполнения курсовых и дипломного проектов, а также успешной трудовой деятельности.

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать** физическую сущность явлений, происходящих в материалах под воздействием различных факторов, и влияние их на строение и свойства материалов; основные свойства и области применения современных металлических и неметаллических материалов;

**уметь** на основе анализа условий работы деталей машин или инструмента правильно выбирать материал и его обработку для получения служебных свойств, обеспечивающих высокую надежность и долговечность изделий.

Дисциплина “Материаловедение” состоит из двух самостоятельных разделов:

- 1) металловедения,
- 2) неметаллических и композиционных материалов.

# ПРОГРАММА И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

## Раздел 1. МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ

### Введение

Роль металлов и их сплавов в современной технике. Краткие сведения об истории развития науки о металлах. Вклад отечественных и зарубежных ученых.

Понятия о структуре металлов (макроструктура, микроструктура, субструктура). Методы изучения структуры металлов. Сущность и возможности макроскопического и микроскопического методов исследования строения металлов.

#### *Методические указания*

*Из определения металловедения как науки необходимо четко уяснить, что между химическим составом, строением, т.е. структурой и свойствами металлов и сплавов существуют определенные связи. При этом свойства металлических сплавов определяются их химическим составом и структурой. Поэтому для получения заданных свойств необходимо правильно выбрать марку сплава и провести термическую или иную его обработку с целью получения такой структуры, которая обеспечит требуемые свойства.*

*В металловедении применяют различные методы исследования, которые можно разделить на 3 группы:*

*1) структурные, позволяющие непосредственно наблюдать строение металлов (к ним относятся макроскопический и микроскопический методы),*

*2) физические, с помощью которых можно косвенно судить о превращениях, протекающих в металлах и воздействующих на их структуру, по изменению физических свойств (объема, теплосодержания, электросопротивления, намагниченности насыщения и др.),*

*3) дифракционные, в которых для изучения кристаллического строения (типа решетки, ее периодов и т.д.) используется дифракция излучения на кристаллической решетке (рентгеноструктурный, электронографический и др.).*

### **1.1. Кристаллическое строение металлов**

Характерные признаки металлического состояния. Металлический тип связи. Понятия о кристаллической решетке и элементарной ячейке. Основные типы кристаллических решеток металлов. Явление полиморфизма. Анизотропия свойств кристаллов.

Дефекты кристаллического строения металлов (ДКС). Точечные ДКС: вакансии, межузельные атомы. Дислокации: краевые, винтовые, криволинейные.

Поверхностные ДКС: границы зерен и субзерен. Влияние ДКС на свойства металлов.

### *Методические указания*

*Уясните характерные свойства металлов, отличающие их от неметаллов. Обратите внимание на то, что металлы характеризуются особым типом межатомной связи, называемым металлическим.*

*Металлы имеют плотноупакованные кристаллические решетки: кубическую объемно-центрированную (ОЦК), кубическую гранецентрированную (ГЦК), гексагональную плотноупакованную (ГПУ). Уясните, какими величинами характеризуются решетки (периоды, координационное число, базис решетки, плотность упаковки и т.д.). Явление полиморфизма рассмотрите на примере железа.*

*В реальных металлах нет идеально правильного расположения атомов во всем объеме кристалла, т.е. в них всегда имеются дефекты кристаллического строения. Необходимо знать основные виды ДКС и влияние их на свойства металлов. При этом особое внимание следует уделить дислокациям.*

## **1.2. Кристаллизация металлов**

Термодинамические основы, механизм и кинетика кристаллизации чистых металлов. Самопроизвольное и несамопроизвольное образование зародышевых центров. Рост зародышей. Форма и размер кристаллов. Модифицирование жидкого металла. Строение слитка. Аморфные металлы (особенности строения, способы получения, физические и механические свойства).

### *Методические указания*

*Первичная кристаллизация происходит путем возникновения в исходной (жидкой) фазе небольших объемов новой (твердой) фазы, называемых зародышевыми центрами, и их последующего роста. Размер кристаллов (зерен) при затвердевании, который определяется соотношением количества возникающих зародышей и скорости их роста, оказывает большое влияние на свойства металлов. В большинстве случаев металл должен иметь мелкозернистое строение. Уясните, какие факторы влияют на размер зерна литого металла, и какими практическими методами можно регулировать величину зерна при кристаллизации.*

## **1.3. Деформация и разрушение металлов**

Упругая деформация. Закон Гука. Модуль нормальной упругости.

Механизмы пластической деформации (скольжение и двойникование). Особенности пластической деформации поликристаллов. Влияние пластической деформации на структуру и свойства металлов. Явление наклепа.

Процессы, происходящие при нагреве деформированного металла: возврат (отдых и полигонизация), рекристаллизация (первичная, собирательная и

вторичная). Влияние нагрева на свойства наклепанного металла. Факторы, определяющие размер рекристаллизованного зерна. Холодная и горячая пластическая деформация.

Вязкое и хрупкое разрушения металлов. Механизм разрушения. Явление хладноломкости металлов. Температурный порог хладноломкости.

#### *Методические указания*

*Пластическая деформация в монокристаллах может проходить путем скольжения и двойникования. Необходимо знать плоскости и направления скольжения в ОЦК, ГЦК и ГПУ решетках, а также дислокационный механизм скольжения. В поликристаллических металлах пластическая деформация начинается не одновременно во всех зернах. Уясните, с чем это связано и к чему приводит. Особое внимание уделите влиянию пластической деформации на структуру металлов и явлению наклепа.*

*Необходимо знать сущность и различие процессов возврата и рекристаллизации: при возврате микроструктура деформированного металла остаётся без изменений (сохраняется волокнистое строение), а при рекристаллизации образуются новые равноосные зерна. Обратите внимание на способы регулирования величины рекристаллизованного зерна и принципиальную разницу между холодной и горячей пластической деформацией.*

*При изучении разрушения металлов особое внимание обратите на хрупкое, как наиболее опасное, а также явлению хладноломкости металлов.*

### **1.4. Механические свойства металлов**

Статические испытания на одноосное растяжение (методика проведения, прочностные и пластические свойства, определяемые при них).

Твердость металлов и основные методы ее определения (по Бринеллю, Роквеллу и Виккерсу).

Испытания на ударный изгиб образцов с надрезом. Ударная вязкость. Методы определения порога хладноломкости.

Усталость металлов. Методика определения предела выносливости.

Конструкционная прочность металлов.

Пути повышения прочности металлов.

#### *Методические указания*

*Из статических методов определения механических свойств наиболее широкое распространение получили испытания на одноосное растяжение, т.к. они являются относительно жесткими и позволяют оценить основные характеристики прочности (пределы пропорциональности, упругости, текучести, временное сопротивление) и пластичности (относительные удлинение и сужение). Четко уясните, как определяют эти свойства.*

*Из многочисленных способов определения твердости наиболее широко применяются методы, основанные на вдавливании в поверхность металла твердого наконечника. Обратите внимание на сходство и различие в определении твердости методами Бринелля, Роквелла и Виккерса.*

*Динамические испытания на ударный изгиб выявляют склонность металла к хрупкому разрушению. Обратите внимание на обозначение и размерность ударной вязкости, а также методам определения порога хладноломкости.*

*В условиях действия циклических напряжений имеет место усталостное разрушение, которое обычно происходит при напряжениях, меньших предела текучести. Надо знать, что такое предел выносливости и пути его повышения.*

*Механические свойства, определенные в лабораториях на специальных образцах, не дают в полной мере представления о прочности материала в реальных изделиях. Для этого надо оценить конструкционную прочность, которая включает в себя критерии прочности, надежности и долговечности.*

*Повышение прочности металлов основано на создании барьеров, затрудняющих движение дислокаций. Основными механизмами упрочнения являются: деформационный, зернограничный, твердорастворный и дисперсионный. Надо четко знать суть и особенности каждого из них.*

## **1.5. Строение сплавов**

Способы получения сплавов. Типы твердых фаз в металлических сплавах: твердые растворы, химические соединения, промежуточные фазы. Диаграммы состояний двойных систем (с полной растворимостью в твердом состоянии, с эвтектическим превращением). Правила рычага и концентраций. Ликвация в сплавах. Закон Н.С. Курнакова о связи вида диаграммы состояний и свойствами сплавов.

### *Методические указания*

*Сплавы имеют более сложное строение, чем чистые металлы. Оно обусловлено тем, в какое взаимодействие вступают между собой образующие сплав элементы при первичной кристаллизации.*

*Необходимо отчетливо уяснить, что собой представляют твердые растворы (замещения и внедрения), химические соединения и промежуточные фазы. Наглядное представление о строении сплавов в зависимости от химического состава и температуры дают диаграммы состояний. Нужно усвоить общую методику разбора диаграмм состояний с применением правил рычага и концентрации. С помощью закона Н.С. Курнакова надо уметь устанавливать связь между составом, строением и свойствами сплавов.*

## 1.6. Железо и его сплавы

Диаграмма состояний железо–цементит. Компоненты, фазы и структурные составляющие сталей и белых чугунов, их характеристики и свойства. Формирование структуры углеродистых сталей и белых чугунов при медленном охлаждении из жидкого состояния.

Влияние углерода и постоянных примесей на свойства сталей. Легирующие элементы (л.э.) в сталях: взаимодействие л.э. с железом и углеродом, влияние л.э. на свойства феррита и аустенита. Структурные классы легированных сталей.

Классификация сталей. Маркировка углеродистых и легированных сталей.

Примеси в чугунах. Классификация чугунов по форме графитных включений и строению металлической основы. Серый, ковкий и высокопрочный чугуны (получение, свойства, маркировка, применение).

### *Методические указания*

*Диаграмма состояний железо-цементит является основой для изучения структуры и свойств железоуглеродистых сплавов. Студент обязан уметь на память вычертить указанную диаграмму и рассмотреть формирование структуры любого сплава при охлаждении из жидкого состояния или нагреве до него с применением правила отрезков и концентраций.*

*Промышленные стали обязательно содержат, кроме железа и углерода, постоянные примеси, которые тоже оказывают влияние на свойства сталей. Необходимо четко уяснить, в чем заключается вредное влияние на сталь серы, фосфора и газов (кислорода, азота и водорода). Маркировку сталей различного класса, а также серых, ковких и высокопрочных чугунов надо помнить всегда.*

*При изучении чугунов необходимо обратить особое внимание на различия в строении белого, серого, ковкого и высокопрочного чугунов и вытекающих из них отличиях в свойствах.*

## 1.7. Термическая обработка стали

Критические точки сталей и влияние на них легирующих элементов. Превращения, происходящие при нагреве стали. Рост зерна аустенита. Перегрев и пережог. Влияние размера зерна на свойства стали.

Превращения при охлаждении стали из аустенитного состояния. Диаграмма изотермического распада переохлажденного аустенита углеродистой эвтектоидной стали. Перлитное превращение. Свойства перлита, сорбита и троостита. Мартенситное превращение, его основные особенности. Строение и свойства мартенсита. Промежуточное превращение. Влияние углерода и легирующих элементов на распад переохлажденного аустенита. Превращения переохлажденного аустенита при непрерывном охлаждении. Критические скорости охлаждения и факторы, влияющие на них.



Превращения при нагреве закаленной стали. Строение и свойства структур отпуска. Влияние легирующих элементов на превращения при отпуске.

Отжиг стали. Виды отжига первого рода (рекристаллизационный, диффузионный, для снятия напряжений). Виды отжига второго рода (полный, изотермический, неполный, сфероидизирующий). Нормализация стали.

Закалка стали. Выбор температуры нагрева и охлаждающих сред для углеродистых и легированных сталей. Закалочные напряжения. Способы закалки. Закаливаемость и прокаливаемость стали; факторы, влияющие на них.

Отпуск стали. Влияние отпуска на механические свойства стали. Обратимая и необратимая отпускная хрупкости стали. Виды отпуска стали.

Термомеханическая обработка стали (ТМО). Основные виды ТМО. Влияние ТМО на свойства стали.

### *Методические указания*

*Термическая обработка является наиболее рациональным способом изменения структуры и, следовательно, свойств сталей в достаточно широком диапазоне. В большинстве видов термической обработки (отжиг второго рода, нормализация, закалка) сталь нагревается до аустенитного состояния. При этом основная цель нагрева стали – получение структуры мелкозернистого аустенита. В связи с этим надо четко представлять, как следует выбирать температуру нагрева в зависимости от химического состава стали и вида термической обработки.*

*Конечная структура и свойства стали формируются при охлаждении из аустенитного состояния, т.е. при превращении переохлажденного аустенита. Следовательно, этим вопросам необходимо уделить особое внимание, т.к. выбор режима охлаждения при термической обработке базируется именно на этом. При изучении превращений переохлажденного аустенита необходимо хорошо усвоить, какое строение и свойства имеют перлит, сорбит, троостит, бейнит и мартенсит, в том числе и различие одноименных структур, получаемых при распаде аустенита и отпуске закаленной стали.*

*Как было сказано выше, технология термической обработки базируется на закономерностях фазовых превращений, происходящих при нагреве и охлаждении стали. При изучении технологических процессов термической обработки особое внимание обратите на разнообразие видов термической обработки и их назначение.*

## **1.8. Поверхностное упрочнение стали**

Поверхностная закалка, ее виды и область применения.

Химико-термическая обработка стали (ХТО). Физические основы ХТО. Назначение и виды цементации. Механизм образования цементированного слоя и его свойства. Цементация в твердом карбюризаторе. Газовая цементация.

Термическая обработка после цементации и свойства цементированных деталей.

Азотирование стали. Стали для азотирования. Свойства азотированных деталей.

Нитроцементация и цианирование стали.

Другие виды ХТО: хромирование, силицирование, алитирование и т.д.

Поверхностное деформационное упрочнение (дробеструйная обработка, накатка роликами). Влияние поверхностного наклепа на усталостную прочность и износостойкость деталей.

### *Методические указания*

*Многие детали машин (валы, шестерни и др.) работают в таких условиях, когда их поверхность подвергается истиранию и одновременно на них действуют значительные динамические нагрузки. Для успешной работы в этих условиях поверхность детали должна иметь высокую твердость, прочность и износостойкость, а сердцевина – быть вязкой и пластичной. Это достигается правильным выбором стали для данной детали и последующим ее поверхностным упрочнением.*

*При изучении ХТО следует исходить из того, что физические основы различных видов ХТО едины. Насыщение деталей может проводиться в твердой, жидкой и газообразной средах, поэтому необходимо знать наиболее оптимальные варианты для каждого вида ХТО и конечные результаты, а также преимущества и недостатки этих методов.*

## **1.9. Конструкционные стали**

Конструкционные стали общего назначения. Требования, предъявляемые к ним. Низкоуглеродистые (цементуемые) стали: состав, термическая обработка, свойства, примеры применения. Среднеуглеродистые (улучшаемые) стали: состав, термическая обработка, свойства, примеры применения. Высокопрочные стали.

Стали с повышенной обрабатываемостью резанием (автоматные стали).

Рессорно-пружинные стали: состав, термическая обработка, свойства, примеры применения.

Стали, устойчивые к коррозии. Виды коррозии. Основные принципы создания коррозионноустойчивых сталей. Хромистые нержавеющие стали. Хромоникелевые аустенитные нержавеющие стали. Жаростойкие (окалиностойкие) стали.

Жаропрочные стали. Характеристики жаропрочности стали. Пути повышения жаропрочности. Классификация жаропрочных сталей: перлитные, мартенситные, аустенитные стали с карбидным и интерметаллидным упрочнением. Жаропрочные сплавы.

## *Методические указания*

*При изучении отдельных классов конструкционных сталей надо знать требования, предъявляемые к ним. Исходя из этого, необходимо обосновать содержание углерода и легирующих элементов в стали, режим ее термической обработки и получаемые структуру и свойства. В качестве примера надо привести две-три марки сталей данной группы. При изучении жаропрочных сталей следует обратить внимание на особенности поведения металла в условиях нагружения при повышенных температурах, уяснить сущность явления ползучести, а также области применения сталей различных структурных классов.*

### **1.10. Инструментальные стали**

Стали для режущего инструмента (углеродистые, низколегированные, быстрорежущие) и их термическая обработка. Твердые сплавы.

Стали для измерительного инструмента и их термическая обработка.

Стали для штампов, деформирующих металл в холодном и горячем состояниях и особенности их термической обработки.

## *Методические указания*

*При рассмотрении сталей для режущего инструмента надо четко уяснить требования, предъявляемые к ним, режимы термической обработки и недостатки отдельных групп сталей. Особое внимание следует уделить быстрорежущим сталям и, в частности, особенностям их термической обработки. При изучении штамповых сталей необходимо различать условия работы штампов для деформирования металла в холодном и горячем состояниях и, в связи с этим, отличия в их термической обработке.*

### **1.11. Цветные металлы и сплавы**

Алюминий и его сплавы. Свойства алюминия. Классификация и термическая обработка алюминиевых сплавов. Деформируемые алюминиевые сплавы, не упрочняемые и упрочняемые термической обработкой. Литейные сплавы алюминия.

Медь и ее сплавы. Свойства меди. Латунни: свойства, маркировка и применение. Бронзы: оловянные, алюминиевые, кремнистые, свинцовые и бериллиевые (состав, свойства, маркировка и области применения).

Титан и его сплавы. Свойства титана. Конструкционные и жаропрочные сплавы титана. Термическая обработка титановых сплавов.

Магний и его сплавы. Свойства магния. Термическая обработка сплавов магния. Литейные и деформируемые магниевые сплавы, области их применения.

Антифрикционные сплавы на оловянной, свинцовой и алюминиевой основах.

## Методические указания

*Из-за низких механических свойств технически чистые цветные металлы в качестве конструкционных материалов не применяются. Однако свойства их значительно улучшаются при легировании.*

*В зависимости от содержания л.э. сплавы цветных металлов классифицируются на одно- и двухфазные; упрочняемые и не упрочняемые термической обработкой (закалкой со старением); литейные и деформируемые.*

*При изучении сплавов цветных металлов обратите внимание на преимущества тех или иных сплавов, их термическую обработку. Надо знать маркировку и области их применения.*

## Раздел 2. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ И КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### Введение

Общая характеристика неметаллических материалов. Классификация, характерные особенности, свойства, преимущества и недостатки перед традиционными металлическими материалами.

### Методические указания

*Понятие «неметаллические материалы» включает большой ассортимент материалов, таких как пластические массы, резиновые материалы, силикатные стекла, керамика, клеи, лакокрасочные покрытия, древесина, композиционные материалы и др.*

*Неметаллические материалы являются не только заменителями металлов, но в ряде случаев имеют перед ними и преимущества. Отдельные материалы обладают высокой механической прочностью, легкостью, термической и химической стойкостью, высокими электроизоляционными характеристиками, оптической прозрачностью и т. п. Особо следует отметить технологичность неметаллических материалов.*

*Применение неметаллических материалов обеспечивает значительную экономическую эффективность.*

### 2.1. Пластические массы

1. Классификация полимерных материалов. Получение полимеров: процессы полимеризации и поликонденсации. Термопластические полимерные материалы (полиэтилен, полиамид, поливинилхлорид и др.): свойства, состав, области применения. Термореактивные полимерные материалы. Поропласты и пенопласты: назначение и области применения. Пластмассы с твердыми,

порошковыми, волокнистыми и листовыми наполнителями. Характерные механические свойства полимеров и способы их определения.

#### *Методические указания*

*В основе пластмасс лежат полимеры, поэтому следует обратить внимание на особенности строения, которые определяют их механические и физико-химические свойства. Рассматривая пластические массы, необходимо понять, что это искусственные материалы, получаемые на основе органических полимерных связующих веществ. Надо уяснить также преимущества и недостатки пластмасс по сравнению с металлическими материалами.*

### **2.2. Резиновые материалы**

Классификация и свойства резин общего и специального назначения. Технология получения изделий из резины. Основные компоненты резин и их влияние на свойства.

#### *Методические указания*

*Резина отличается от других материалов высокими эластичными свойствами, что связано со свойствами основы резины – каучука. Уясните состав резины, способы получения и влияние наполнителей на ее свойства.*

### **2.3. Древесные материалы**

Классификация древесных пород. Основные хвойные, лиственные и экзотические породы деревьев. Макро- и микроскопическое строение древесины. Классификация и виды пороков древесины. Виды грибковых поражений. Дефекты, возникающие в процессе хранения и переработки древесины. Характеристики древесины и критерии оценки ее качества.

Основные свойства древесины: влажность, плотность, прочность, а также электрические, акустические, тепловые и технологические свойства.

#### *Методические указания*

*Натуральная древесина, несмотря на развитие синтетических материалов, является ценным конструкционным материалом по высокой прочности и декоративности, сочетающимся с небольшой плотностью, теплоемкостью, тепло- и электропроводностью. В качестве конструкционного материала используют полноценную часть ствола. Остальная часть дерева применяется в качестве сырья для переработки в древесную массу, целлюлозу и продукты лесохимии.*

## 2.4. Силикатные материалы

Состав, классификация и свойства стекол в зависимости от состава. Стеклокристаллические материалы (ситаллы).

Технические керамические материалы: виды, особенности структуры и свойств, области применения. Технология получения керамических материалов.

### *Методические указания*

*Изучая стекла, уясните сущность стеклообразного состояния как разновидности аморфного состояния вещества, и причины образования кристаллической структуры ситаллов. При изучении керамических материалов обратите внимание на отличие технической керамики от обычной.*

## 2.5. Пленкообразующие материалы (клеи, герметики, лакокрасочные материалы)

Преимущества и недостатки соединения деталей методом склеивания. Классификация и состав клеев. Главные технологические свойства клеев: вязкость, жизнеспособность, адгезия.

Основные требования к герметикам. Их классификация и назначение.

Классификация лакокрасочных материалов по виду, химическому составу и преимущественному назначению. Обозначение лакокрасочных материалов. Характеристики основных видов лакокрасочных материалов: красок, лаков, грунтовок, шпатлевок.

### *Методические указания*

*Пленкообразующие материалы – это растворы или расплавы полимеров, а также неорганические вещества, которые наносятся на какую-либо поверхность и после затвердевания образуют прочные пленки, хорошо прилипающие к различным материалам.*

*Изучая основные виды пленкообразующих материалов, обратите внимание на различия в составе и свойствах веществ, предназначенных для обработки материалов различного типа.*

## 2.6. Композиционные материалы

Принципы создания композиционных материалов. Классификация, свойства, преимущества и недостатки. Влияние матрицы на свойства материала. Способы упрочнения композиционных материалов с разной формой наполнителя.

Композиционные материалы с металлической матрицей на основе алюминия, магния, титана и их сплавов.

Композиционные материалы с керамической и полимерной матрицей.  
Металлокерамические композиционные материалы (керметы).  
Неорганические композиционные материалы: углеграфитовые, углерод-углеродные и металлополимерные каркасные.

#### *Методические указания*

*Принципиальная особенность композиционного материала заключается в сочетании разнородных материалов с четкой границей раздела между ними. Поэтому композит обладает свойствами, которых не имеет ни один из его компонентов в отдельности. Уясните свойства композиционных материалов в зависимости от вида матрицы и формы, размеров и взаимного расположения наполнителя.*

### **2.7. Наноструктурные материалы**

Особенности свойств наноматериалов. Технологии получения наноматериалов. Наноструктурные элементы (фуллерены, фуллериты, углеродные нанотрубки). Основные виды наноматериалов и их применение.

#### *Методические указания*

*К наноструктурным материалам относят объекты с характерным структурным размером менее 100 нм ( $10^{-7}$  м). Необычные свойства наноматериалов обусловлены как особенностями отдельных частиц (кристаллитов), так и их коллективным поведением, зависящим от характера взаимодействия между наночастицами.*

*В настоящее время находят применение наноматериалы на основе новых структурных форм углерода (фуллерены и нанотрубки), наноструктурные твердые сплавы, никелевая наноструктурная фольга, аморфно-кристаллические магнитные сплавы и т.д.*

### **КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1**

Контрольная работа №1 состоит из 5 вопросов. Первые вопросы всех вариантов охватывают три темы: строение металлов и сплавов; кристаллизация металлов; пластическая деформация и влияние нагрева на структуру и свойства деформированного металла. Вторые вопросы задания однотипны и имеют цель – проверить усвоение студентом очень важной для понимания дальнейшего материала диаграммы состояний железо – цементит. Третьи вопросы – из термической обработки стали. Большинство из них имеют практический уклон и требуют для ответа основательной проработки этой темы. Четвертый и пятый вопросы посвящены отдельным группам материалов (металлических,

неметаллических, композиционных), которые находят применение в машиностроении.

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

## **ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ № 1**

### **Вариант 1**

1. Характерные свойства металлов. Чем они обусловлены?
2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 2,8 % С. При температуре 1200 °С определите у этого сплава содержание углерода в фазах и их количество.
3. Конструкционная углеродистая сталь после закалки и отпуска имеет твердость ниже заданной. Назовите возможные причины этого. Какой дополнительной термической обработкой можно устранить этот дефект?
4. Влияние углерода и постоянных примесей на свойства стали.
5. Общая характеристика неметаллических материалов: классификация, характерные особенности, свойства, преимущества и недостатки перед металлическими сплавами.

### **Вариант 2**

1. Какие из распространенных металлов имеют кубическую объемноцентрированную решетку? Нарисуйте ее элементарную ячейку, укажите характеристики данной решетки: период, координационное число, коэффициент компактности и т.д.
2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 5,5 % С. В произвольной точке этого сплава между линиями ликвидус и солидус определите содержание углерода в фазах и их количество.
3. Детали из стали 40 закалены: одна – с температуры 760 °С, другая – с 840 °С. Нанесите выбранные температуры на диаграмму состояний железо–цементит и объясните, какая из этих деталей будет иметь более высокую твердость.
4. Углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества (маркировка, механические свойства, области применения).
5. Получение полимеров: процессы полимеризации и поликонденсации. Естественные и синтетические полимеры, их строение и свойства.



### Вариант 3

1. Какие из распространенных металлов имеют кубическую гранецентрированную кристаллическую решетку? Нарисуйте ее элементарную ячейку, укажите характеристики данной решетки: период, координационное число, коэффициент компактности и т.д.

2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 1,6 % С. При температуре 750 °С определите у этого сплава содержание углерода в фазах и их количество.

3. Что такое закаливаемость стали? У какой из приведенных сталей: 18Х2Н4МА, 40Х, 60 более высокая закаливаемость? Почему?

4. Углеродистые качественные конструкционные стали: химический состав, механические свойства, термическая обработка, маркировка, области применения.

5. Влияние нагрева на свойства полимеров. Термопластичные и термореактивные пластмассы. Их свойства и области применения.

### Вариант 4

1. Какие из распространенных металлов имеют гексагональную кристаллическую решетку? Нарисуйте ее элементарную ячейку, укажите характеристики данной решетки: период, координационное число, коэффициент компактности и т.д.

2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 5,2 % С. В произвольной точке этого сплава между линиями ликвидус и солидус определите содержание углерода в фазах и их количество.

3. Конструкционная углеродистая сталь после закалки и отпуска имеет твердость выше заданной. Назовите возможные причины этого. Какой дополнительной термической обработкой можно устранить этот дефект?

4. Конструкционные низкоуглеродистые (цементуемые) легированные стали: требования, химический состав, термическая обработка, марки сталей.

5. Газонаполненные материалы (пенопласты и поропласты): назначение и способы получения.

### Вариант 5

1. Сущность металлического, ионного и ковалентного типов связи.

2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование

структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 0,8 % С. При температуре 700 °С определите у этого сплава содержание углерода в фазах и их количество.

3. Металлорежущий инструмент (плашки) из стали У11А закалены: одна – с температуры 760 °С, другая – с 850 °С. Нанесите на диаграмму состояний железо – цементит выбранные температуры и объясните, какая из этих плашек будет иметь более высокие режущие свойства.

4. Конструкционные среднеуглеродистые (улучшаемые) легированные стали: требования, химический состав, термическая обработка, марки сталей.

5. Характерные механические свойства полимеров и способы их определения.

### **Вариант 6**

1. Дислокации в кристаллах. Виды дислокаций и влияние их на механические свойства металлов.

2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 4,8 % С. В произвольной точке этого сплава между линиями ликвидус и солидус определите содержание углерода в фазах и их количество.

3. В структуре закаленной стали 30 остаточного аустенита мало (до 5 %), а в структуре стали У12 его может быть до 30 %. Почему? Какой дополнительной обработкой можно уменьшить количество остаточного аустенита в стали У12?

4. Стали с повышенной обрабатываемостью резанием (автоматные стали).

5. Резиновые материалы. Классификация и свойства резин общего и специального назначения.

### **Вариант 7**

1. Точечные дефекты кристаллического строения. Влияние их на свойства металлов.

2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 1,0 % С. При температуре 1400 °С определите у этого сплава содержание углерода в фазах и их количество.

3. Углеродистая сталь после закалки имеет структуру феррит + мартенсит + аустенит остаточный. Проведите на диаграмме состояний железо – цементит ординату, соответствующую этой стали (примерно) и укажите температуру нагрева, с которой была проведена закалка. Опишите превращения, происходящие в стали при закалке с этой температуры.

4. Мартенситно-старяющие высокопрочные стали и их термическая обработка.

5. Основные компоненты резин: натуральный и синтетический каучук и их заменители.

### **Вариант 8**

1. Поверхностные дефекты кристаллического строения. Влияние размера зерна на механические свойства металлов.

2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 4,3 % С. При температуре 1100 °С определите у этого сплава содержание углерода в фазах и их количество.

3. Поковки из стали 40 имеют крупнозернистое строение. Назначьте режим термической обработки, обеспечивающий получение мелкого зерна. Опишите превращения, происходящие в стали при этой обработке.

4. Рессорно-пружинные стали общего назначения и их термическая обработка.

5. Основные компоненты резин: вулканизаторы, противостарители и пластификаторы, наполнители (их функции и влияние, оказываемое на свойства резин).

### **Вариант 9**

1. Что такое ударная вязкость? Методика ее определения.

2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 2,14 % С. В произвольной точке этого сплава между линиями ликвидус и солидус определите содержание углерода в фазах и их количество.

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

4. Шарикоподшипниковые стали и их термическая обработка.

5. Технология получения изделий из резины.

### **Вариант 10**

1. Что такое твердость? Методика ее определения по Бринеллю, Роквеллу и Виккерсу.

2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 3,8 % С.

В произвольной точке этого сплава между линиями ликвидус и солидус определите содержание углерода в фазах и их количество.

3. Назначьте режим обработки шестерни из стали 20, обеспечивающий получение на поверхности зуба твердости HRC 58...60 при сохранении вязкой сердцевины. Опишите происходящие при этом в стали превращения, структуру и свойства поверхности и сердцевины зуба после термической обработки.

4. Жаростойкость (окалиностойкость). Жаростойкие стали.

5. Углеродные волокна: источники сырья, свойства, области применения.

### **Вариант 11**

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

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

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

4. Механизм электрохимической коррозии. Хромистые коррозионностойкие стали.

5. Опишите основные виды синтетических ненасыщенных каучуков и их особенности.

### **Вариант 12**

1. Сущность явления наклепа. Примеры его практического применения.

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

3. Почему эвтектоидные и заэвтектоидные стали должны поставляться потребителям со структурой зернистого перлита? Как она может быть получена? Приведите конкретный режим термической обработки стали У8 для получения такой структуры.

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

5. Органические и неорганические составляющие древесины. Опишите процесс пиролиза древесины и способы применения его продуктов.

### Вариант 13

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

2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 1,3 % С. При температуре 800 °С определите у этого сплава содержание углерода в фазах и их количество.

3. Назначьте режим поверхностного упрочнения гильз цилиндров ДВС, изготовленных из стали 38Х2МЮА. Опишите технологию процесса обработки и структуры поверхности и сердцевины детали.

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

5. Свойства и области применения хвойных пород дерева: ели, сосны, лиственницы, пихты, кедра, тиса, можжевельника.

### Вариант 14

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

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

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

4. Основные классы жаропрочных сталей и области их применения.

5. Свойства и области применения основных лиственных пород дерева: березы, дуба, ясени, клена, липы, ореха, тополя.

### Вариант 15

1. Процессы, происходящие при нагреве деформированного металла.

2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 3,0 % С. В произвольной точке этого сплава между линиями ликвидус и солидус определите содержание углерода в фазах и их количество.

3. Деталь из стали 50 должна иметь высокую износостойкость и воспринимать ударные нагрузки. Назначьте режим обработки, опишите происходящие в стали превращения, структуру и свойства поверхности и сердцевины детали.

4. Углеродистые и низколегированные стали для режущего инструмента и их термическая обработка.

5. Плотность древесины. Классификация древесных пород по плотности. Тепловые свойства древесины (теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность и тепловое расширение).

### **Вариант 16**

1. Различие между холодной и горячей пластической деформацией металлов.

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

3. Начертите диаграмму изотермического превращения переохлажденного аустенита доэвтектоидной углеродистой стали и нанесите на нее режимы изотермического отжига, ступенчатой и изотермической закалок. Опишите превращения, происходящие при этих обработках и конечную структуру стали.

4. Быстрорежущие стали и их термическая обработка.

5. Технические керамические материалы: виды, особенности строения и свойств, области применения.

### **Вариант 17**

1. Механизм пластической деформации в монокристаллах металлов.

2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 0,6 % С. При температуре 730 °С определите у этого сплава содержание углерода в фазах и их количество.

3. Детали из стали 45 необходимо подвергнуть улучшению. Назначьте режим термической обработки, опишите происходящие превращения, структуру и свойства стали после этой обработки.

4. Твердые сплавы для режущего инструмента.

5. Технология получения керамических материалов.

### **Вариант 18**

1. Особенности пластической деформации в поликристаллических металлах.

2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование

структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 2,6 % С. В произвольной точке этого сплава между линиями ликвидус и солидус определите содержание углерода в фазах и их количество.

3. Углеродистая сталь после закалки имеет структуру мартенсит + цементит вторичный + аустенит остаточный. Проведите на диаграмме состояний железо – цементит ординату, соответствующую этой стали (примерно) и укажите температуру нагрева, с которой была проведена закалка. Опишите превращения, происходящие в стали при закалке с этой температуры.

4. Стали для измерительного инструмента и их термическая обработка.

5. Композиционные материалы с металлической, керамической и полимерной (органической и неорганической) матрицей: их сходства и отличия. Влияние матрицы на свойства материала.

### **Вариант 19**

1. Изменение структуры металлов при холодной пластической деформации.

2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 1,4 % С. При температуре 800 °С определите у этого сплава содержание углерода в фазах и их количество.

3. После закалки углеродистая сталь имеет структуру мартенсит + феррит + аустенит остаточный. Проведите на диаграмме состояния железо-цементит ординату, соответствующую этой стали (примерно) и укажите температуру нагрева, с которой была проведена закалка. Опишите превращения, происходящие в стали при закалке с этой температуры.

4. Стали для штампов холодного деформирования металла и их термическая обработка.

5. Композиционные материалы: классификация, принципы и способы упрочнения.

### **Вариант 20**

1. Виды разрушения металлов. Факторы, способствующие хрупкому разрушению.

2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 5,4 % С. В произвольной точке этого сплава между линиями ликвидус и солидус определите содержание углерода в фазах и их количество.

3. Детали из высоколегированной конструкционной стали закалены: одна – в воде, другая – в масле. Какая должна образоваться структура в первом и втором

случаях? Какая из этих закалочных сред является оптимальной для данной стали? Почему?

4. Стали для штампов горячего деформирования металла и их термическая обработка.

5. Металлокерамические композиционные материалы (керметы): состав, свойства и области применения.

### **Вариант 21**

1. Порог хладноломкости металлов и методика его определения.

2. Начертите диаграмму состояний железо–цементит с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 1,8 % С. При температуре 900 °С определите у этого сплава содержание углерода в фазах и их количество.

3. Режущий инструмент из стали У10 был перегрет при закалке. Чем вреден перегрев и как можно устранить этот дефект?

4. Аморфные сплавы (металлические стекла).

5. Композиционные материалы на основе измельченной древесины: виды, способы получения, области применения.

### **Вариант 22**

1. Прочностные свойства металлов, определяемые при испытаниях на одноосное растяжение.

2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 5,6 % С. В произвольной точке этого сплава между линиями ликвидус и солидус определите содержание углерода в фазах и их количество.

3. В чем отличие феррито-карбидной структуры (ФКС), полученной при отпуске, от ФКС, образующейся при распаде переохлажденного аустенита? Отражается ли это на свойствах?

4. Классификация чугунов по форме графитных включений и строению металлической основы.

5. Неорганические композиционные материалы (углеграфитовые, углерод-углеродные, металлополимерные и др.): свойства, способы получения, области применения.

### **Вариант 23**

1. Железо было подвергнуто пластической деформации при температуре 500°С. Какая это деформация (холодная или горячая)? Объясните, как при этом изменятся структура и свойства железа.



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

3. Начертите диаграмму изотермического превращения переохлажденного аустенита конструкционной легированной стали 50Г и нанесите на неё режим изотермического отжига. Опишите происходящие при этом в стали превращения и ее конечную структуру.

4. Серый чугун (получение, химический состав, структура, механические свойства, маркировка, области применения).

5. Виды герметизирующих составов. Их отличительные свойства и области применения.

### **Вариант 24**

1. Влияние нагрева на структуру и свойства наклепанного металла.

2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 4,9 % С. В произвольной точке этого сплава между линиями ликвидус и солидус определите содержание углерода в фазах и их количество.

3. Сталь 40 после закалки содержит небольшое количество остаточного аустенита (до 5 %), а в структуре стали У12 после закалки его может быть до 30 %. Почему? Какой обработкой можно уменьшить количество остаточного аустенита?

4. Ковкий чугун (получение, структура, механические свойства, маркировка, области применения).

5. Стекла (состав, классификация, свойства и области применения).

### **Вариант 25**

1. Факторы, влияющие на размер рекристаллизованного зерна металла.

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

3. Детали из стали 45 закалены: одна – с температуры 750 °С, другая – с 830 °С. Какая из этих температур нагрева является для этой стали оптимальной при закалке? Почему?

4. Высокопрочный чугун (получение, структура, механические свойства, маркировка, области применения).

5. Стеклокристаллические материалы (ситаллы): состав, способы получения, свойства, области применения. Электроизоляционные ситаллы.

### **Вариант 26**

1. Объясните природу изменения свойств металла при холодной пластической деформации.

2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 4,5 % С. В произвольной точке этого сплава между линиями ликвидус и солидус определите содержание углерода в фазах и их количество.

3. Поковки из стали 40 перед механической обработкой подвергнуты: одна – полному отжигу, другая – нормализации. У какой из них будет ниже твердость? Почему?

4. Чистые металлы: алюминий, магний, медь, титан. Их свойства и области применения.

5. Синтетические облицовочные материалы (липкие ленты, ламинаты, искусственная кожа, минерало-акриловые плиты и т.д.)

### **Вариант 27**

1. Какую пластическую деформацию называют холодной? Как она влияет на структуру и свойства металлов?

2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 3,1 % С. В произвольной точке этого сплава между линиями ликвидус и солидус определите содержание углерода в фазах и их количество.

3. При непрерывном охлаждении стали У8 образовалась структура троостит + мартенсит + аустенит остаточный. Нанесите на диаграмму превращения переохлажденного аустенита этой стали кривую охлаждения, обеспечивающую получение данной структуры. Укажите интервалы температур превращений и их суть.

4. В авиастроении широко применяются титановые сплавы ВТ5, ВТ5-1, ВТ6, ВТ8, ВТ14. Укажите химический состав сплавов и возможные способы изготовления деталей из них. Опишите способы упрочнения деталей из этих сплавов, природу упрочнения, приведите механические свойства.

5. Декоративные бумажно-слоистые пластики: классификация, способы изготовления, свойства и области применения.

## Вариант 28

1. Какую пластическую деформацию называют горячей? Как она влияет на структуру и свойства металлов?
2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 4,7 % С. При температуре 800 °С определите у этого сплава содержание углерода в фазах и их количество.
3. Детали из высоколегированной конструкционной стали закалены: одна – в воде, другая – в минеральном машинном масле. Какая должна образоваться структура в первом и втором случаях? Какая из этих закалочных сред является оптимальной для этой стали? Почему?
4. Опишите процессы, происходящие при закалке и последующем старении алюминиевых сплавов на примере сплавов системы алюминий – медь.
5. Состав, классификация и области применения клеев.

## Вариант 29

1. Пластические свойства металлов, определяемые при испытаниях на одноосное растяжение.
2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 3,5 % С. В произвольной точке этого сплава между линиями ликвидус и солидус определите содержание углерода в фазах и их количество.
3. Стали 40 и У10 закалены в воде с температур 750 °С и 850 °С каждая. Какая из этих температур является оптимальной для каждой из названных сталей? Почему?
4. Деформируемые алюминиевые сплавы, не упрочняемые термической обработкой (химический состав, механические свойства в отожженном и полунагартованном состояниях, области применения).
5. Углепластики: основные матрицы, области применения.

## Вариант 30

1. Какой термической обработкой можно устранить наклёп? Обоснуйте на конкретном примере выбор режима и опишите происходящие при этом в металле превращения.
2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех её областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 1,2 % С.

При температуре 750 °С определите у этого сплава содержание углерода в фазах и их количество.

3. Чем отличается феррито-карбидная структура, полученная при отпуске (сорбит отпуска, троостит отпуска), от феррито-карбидной структуры, образующейся при распаде переохлажденного аустенита (сорбит, троостит)? Отражается ли это на свойствах стали?

4. Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой (химический состав, области применения, типичные режимы термической обработки и получаемые механические свойства).

5. Материалы для непрозрачной отделки поверхностей: классификация, способы получения, назначение.

### **Вариант 31**

1. Почему после прокатки при комнатной температуре твердость свинца остаётся неизменной, а алюминия возрастает?

2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех ее областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 3,9 % С. В произвольной точке этого сплава между линиями ликвидус и солидус определите содержание углерода в фазах и их количество.

3. Причины возникновения внутренних напряжений в закалённой стали. Как можно уменьшить их величину?

4. Строительные низколегированные стали (требования, химический состав, маркировка, области применения).

5. Охарактеризуйте терморезактивные пластмассы с порошковым и волокнистыми наполнителями и укажите области их применения.

### **Вариант 32**

1. Усталость металлов. Предел выносливости и методика его определения.

2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех её областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 2,5 % С. При температуре 800 °С определите у этого сплава содержание углерода в фазах и их количество.

3. Назначьте для стали 30ХГС режимы закалки и отпуска, обеспечивающие получение твердости HRC 40. Опишите превращения, происходящие при этом в стали, и получаемую структуру.

4. Литейные алюминиевые сплавы (химический состав, режимы термической обработки, механические свойства, маркировка).

5. Лакокрасочные материалы: классификация, обозначение, области применения.

### Вариант 33

1. Можно ли повысить твердость олова пластической деформацией при комнатной температуре? Ответ обоснуйте.

2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех её областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 1,1 % С. При температуре 750 °С определите у этого сплава содержание углерода в фазах и их количество.

3. Две детали, из которых одна имеет сквозную прокаливаемость, а другая – неполную, подвергнуты отпуску так, что твердость по сечению обеих деталей одинакова. Будут ли и другие механические свойства этих деталей одинаковыми по всему сечению? Почему?

4. Литейные и деформируемые магниевые сплавы (химический состав, возможные варианты термической обработки, механические свойства и область применения изделий из этих сплавов).

5. Фуллерены, нанотрубки, пипоиды: их структура и возможные области применения.

### Вариант 34

1. Можно ли повысить твердость меди пластической деформацией при комнатной температуре? Ответ обоснуйте.

2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех её областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 3,9 % С. В произвольной точке этого сплава между линиями ликвидус и солидус определите содержание углерода в фазах и их количество.

3. Сверла из стали У10А закалены: одна партия – с температуры 760 °С, другая – с 850 °С. Какая из этих температур нагрева является для данной стали оптимальной при закалке? Почему?

4. Латунь (химический состав, структура, механические свойства, маркировка, области применения).

5. Волокнистые композиционные материалы на металлической основе с дискретным и непрерывным наполнителями: получение, свойства, достоинства и недостатки по сравнению с металлическими сплавами, области применения.

### Вариант 35

1. Почему пластическую деформацию свинца при комнатной температуре считают горячей, а вольфрама при температуре 1000 °С - холодной?

2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех её областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 1,5 % С. При температуре 800 °С определите у этого сплава содержание углерода в фазах и их количество.

3. Детали из стали 40ХН требуется подвергнуть улучшению. Назначьте режим термической обработки, опишите происходящие превращения, структуру и свойства стали после этой обработки.

4. Бронзы: оловянные, алюминиевые, кремнистые, бериллиевые и свинцовые (химический состав, термическая обработка, структура, механические свойства, области применения).

5. Дисперсно-упрочненные композиционные материалы на металлической основе: получение, упрочняющие частицы, свойства, области применения.

### **Вариант 36**

1. Твердые растворы, их виды. Приведите примеры.

2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех её областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 4,0 % С. В произвольной точке этого сплава между линиями ликвидус и солидус определите содержание углерода в фазах и их количество.

3. Почему углеродистые инструментальные стали должны поставляться заказчику со структурой зернистого перлита? Какой термической обработкой можно получить такую структуру? Приведите конкретный режим этой обработки для стали У10.

4. Антифрикционные сплавы на оловянной, свинцовой, цинковой и алюминиевой основе (химический состав, маркировка, структура, области применения).

5. Конструкционные порошковые материалы (пористые и компактные): получение, состав, свойства, преимущества и недостатки, области применения.

### **Вариант 37**

1. Ограниченные и неограниченные твердые растворы замещения. Условия образования неограниченных твердых растворов.

2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех её областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 1,9 % С. При температуре 900 °С определите у этого сплава содержание углерода в фазах и их количество.

3. Деталь из стали 40ХН должна иметь высокую износостойкость и воспринимать ударные нагрузки. Назначьте режим обработки, опишите происходящие в стали превращения, структуру и свойства поверхности и сердцевины детали.

4. Хладостойкие стали (критерии хладостойкости, основные группы сталей).

5. Натуральные и синтетические полимерные материалы: классификация по составу, форме макромолекул, фазовому состоянию, полярности и отношению к нагреву.

### **Вариант 38**

1. Основные факторы, влияющие на размер зерна металла при кристаллизации. В чем сущность модифицирования жидкого металла? Приведите примеры этой технологической операции.

2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех её областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 3,6 % С. В произвольной точке этого сплава между линиями ликвидус и солидус определите содержание углерода в фазах и их количество.

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

4. Стали и сплавы для постоянных магнитов (химический состав, термическая обработка, основные марки).

5. Краткая характеристика основных видов термопластических масс: неполярных (полиэтилена, полипропилена, полистирола, фторопласта) и полярных (фторопласта-3, органического стекла, поливинилхлорида и др.).

### **Вариант 39**

1. Механизм процесса кристаллизации металлов.

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

3. Что понимают под прокаливаемостью стали? Какая из приведенных сталей: У7, 40ХН2МА, 20Х имеет более высокую прокаливаемость и почему?

4. Сталь 110Г13Л (химический состав, структура, термическая обработка, области применения).

5. Основные виды термореактивных пластмасс с порошковыми и волокнистыми наполнителями. Слоистые пластмассы.

## Вариант 40

1. Строение металлического слитка. Как можно регулировать протяженность зон слитка?
2. Начертите диаграмму состояний железо – цементит с указанием во всех её областях фаз и структурных составляющих. Рассмотрите формирование структуры при охлаждении из жидкого состояния сплава, содержащего 3,2 % С. При температуре 900 °С определите у этого сплава содержание углерода в фазах и их количество.
3. Начертите диаграмму изотермического превращения переохлажденного аустенита доэвтектоидной углеродистой стали и нанесите на нее кривые режимов непрерывной, ступенчатой и изотермической закалок. Каковы преимущества и недостатки каждого из них?
4. Магниево-алюминиевые сплавы (химический состав, термическая обработка, литейные и деформируемые сплавы).
5. Применение наноматериалов и нанотехнологий в машиностроении.

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2

Контрольная работа № 2 ставит своей целью использовать знания, полученные при изучении курса, для решения задач по выбору материала и упрочняющей обработки деталей машин и инструмента. Работа над этим заданием позволит будущим специалистам лучше ориентироваться в выборе сталей различного назначения и обоснованном определении оптимальных режимов их термической обработки.

Рекомендуется следующий порядок работы над заданием.

1. Провести анализ условий работы детали или инструмента. Исходя из этого сформулировать требования, предъявляемые к материалу.
2. Дать характеристику предложенной стали: химический состав по ГОСТу, критические точки, цель введения легирующих элементов и др.
3. Назначить и обосновать режимы термической обработки изделия для получения требуемых по условиям работы свойств (температуру аустенитизации, охлаждающую среду, температуру отпуска и т.д.).
4. Описать микроструктуру и привести механические свойства стали после окончательной термической обработки.
5. Привести другие марки сталей, из которых может быть изготовлена указанная деталь или инструмент, и кратко описать их термическую обработку.

## Вариант 1

Ходовой винт токарного станка изготовлен из стали 9ХВГ.



## **Вариант 2**

Фрезы для деревообработки изготовлены из стали 9ХФ.

## **Вариант 3**

Длинный стержневой инструмент с поперечным сечением до 35 мм изготовлен из стали ХВГ.

## **Вариант 4**

Отрезные и резьбовые резцы токарного станка и сверла изготовлены из стали Р6М5.

## **Вариант 5**

Резцы обдирочные металлообрабатывающего станка изготовлены из стали Р18.

## **Вариант 6**

Крупные штампы сложной формы для холодной обработки металла давлением изготовлены из стали Х12МВ.

## **Вариант 7**

Молотовые штампы для горячей обработки металла давлением изготовлены из стали 5ХНМ.

## **Вариант 8**

Штампы для горячей высадки металла изготовлены из стали 3Х2В8.

## **Вариант 9**

Прессформы для литья под давлением цветных сплавов изготовлены из стали 4Х5В2ФС.

## **Вариант 10**

Для армирования железобетонных конструкций применены прутки из стали 25ХГФ.

## **Вариант 11**

Валик водяного насоса двигателя внутреннего сгорания изготовлен из стали 12Х13.

### **Вариант 12**

Поршневые пальцы двигателя внутреннего сгорания изготовлены из стали 12ХНЗА.

### **Вариант 13**

Рессоры грузовых автомобилей изготовлены из стали 60С2.

### **Вариант 14**

Крестовина карданного вала автомобиля изготовлена из стали 20Х.

### **Вариант 15**

Шестерни коробки скоростей металлорежущих станков изготовлены из стали 40ХНА.

### **Вариант 16**

Траки гусеничных машин изготовлены из стали 110Г13Л.

### **Вариант 17**

Кольца диаметром 200...250 мм крупногабаритных подшипников изготовлены из стали 25ХНЗМФА.

### **Вариант 18**

Шатуны автомобильного двигателя изготовлены из стали 35ХН2М.

### **Вариант 19**

Кольца шарикоподшипников изготовлены из стали ШХ15СГ.

### **Вариант 20**

Рессоры легкового автомобиля изготовлены из стали 50ХГФА.

### **Вариант 21**

Тяжелонагруженные пружины ответственного назначения изготовлены из стали 70СЗА.

### **Вариант 22**

Червяк рулевого управления автомобиля изготовлен из стали 30ХМ.

### **Вариант 23**

Торсионные валы сечением до 100 мм изготовлены из стали 70С2Х.

### **Вариант 24**

Коленчатые валы двигателей внутреннего сгорания изготовлены из стали 40ХГТ.

### **Вариант 25**

Зубчатые колеса коробки перемены передач автомобилей изготовлены из стали 18ХГТ.

### **Вариант 26**

Гильзы цилиндров двигателей внутреннего сгорания изготовлены из стали 38Х2МЮА.

### **Вариант 27**

Червяк привода спидометра изготовлен из стали 20ХН3А.

### **Вариант 28**

Выпускные клапаны автомобильного двигателя внутреннего сгорания изготовлены из стали 15Х9СМФ.

### **Вариант 29**

Коленчатые валы двигателей внутреннего сгорания изготовлены из стали 18Х2Н4ВА.

### **Вариант 30**

Пружины крупных прессов и станков изготовлены из стали 50ХГФ.

### **Вариант 31**

Шарики, ролики и кольца подшипников изготовлены из стали 12ХН3А.

### **Вариант 32**

Диски плугов, луцильников сельскохозяйственных машин изготовлены из стали У7.

### **Вариант 33**

Зубчатые колеса главной передачи трансмиссии автомобиля ЗИЛ изготовлены из стали 20ХН2МР.

### **Вариант 34**

Крепежные детали (болты, шпильки, гайки) изготовлены из стали 30ХГС.

### **Вариант 35**

Зубчатое колесо включения переднего моста полноприводного автомобиля УАЗ изготовлено из стали 25ХГФ.

### **Вариант 36**

Кулаки шарнира переднего ведущего моста автомобилей ГАЗ изготовлены из стали 30ХГС.

### **Вариант 37**

Карданные валы автомобилей изготовлены из стали 40Г2.

### **Вариант 38**

Рычаг переключения передач автомобиля изготовлен из стали 40ХС.

### **Вариант 39**

Полуоси ведущих мостов автомобилей ЗИЛ изготовлены из стали 40ХГТР.

### **Вариант 40**

Зубчатые колеса коробки перемены передач автомобиля ВАЗ изготовлены из стали 20ХГНР.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### Основной

1. Лахтин, Ю.М. Материаловедение: учеб. для вузов. – изд-е 5-е. стереотип. / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. – М.: Издательский дом Альянс, 2009. – 527 с.
2. Материаловедение: учебник для вузов / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин и др.; под общей редакцией Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. – 5-е изд. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 648 с.
3. Солнцев, Ю.П. Материаловедение: учеб. для вузов по металлург., машиностроит. и общетехн. специальностям / Ю.П. Солнцев, Е.И. Пряхин. – СПб.: Химиздат, 2004. – 734 с.

### Дополнительный

1. Гуляев, А.П. Металловедение: учебник для вузов / А.П. Гуляев – 6-е изд. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.
2. Сильман, Г.И. Материаловедение: учебное пособие / Г.И. Сильман. – М.: Академия, 2008. – 336 с.
3. Солнцев, Ю.П. Специальные материалы в машиностроении / Ю.П. Солнцев, Е.И. Пряхин, В.Ю. Пирайнен. – СПб.: Химиздат, 2004. – 640 с.
4. Бобович, Б.Б. Неметаллические конструкционные материалы: учебное пособие для вузов / Б.Б. Бобович. – М.: МГИУ, 2009. – 383 с.
5. Ржевская, С.В. Материаловедение / С.В. Ржевская – М.: Изд-во МГГУ, 2000. – 303 с.
6. Журавлев, В.Н. Машиностроительные стали: справочник. – 4-е изд., перераб. и доп. / В.Н. Журавлев, О.И. Николаева. – М.: Машиностроение, 1992. – 480 с.
7. Инструментальные стали: справочник / Л.А. Позняк, С.И. Тишев, Ю.М. Скрынченко и др. – М.: Металлургия, 1977. – 168 с.
8. Гуляев, А.П. Инструментальные стали: справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. / А.П. Гуляев, К.А. Малинина, С.М. Саверина. – М.: Машиностроение, 1975. – 272 с.
9. Осепчугов, В.В. Автомобиль. Анализ конструкций, элементы расчета / В.В. Осепчугов, А.К. Фрумкин. – М.: Машиностроение, 1989. – 302 с.
10. Бобров, В.А. Справочник по деревообработке / В.А. Бобров. – Ростов на Дону: Феникс, 2003. – 320 с.
11. Степанов, Б.А. Материаловедение для профессий, связанных с обработкой дерева / Б.А. Степанов – М.: ИРПО; Изд. Центр «Академия», 2000. – 328 с.
12. Пул, Ч. Нанотехнологии: учеб. пособие / Ч. Пул, Ф. Оуэнс; пер. с англ. Ю.И. Головина. – М.: Техносфера, 2009. – 355 с.
13. Дьячков, П.Н. Углеродные нанотрубки: строение, свойства, применения : учеб. пособие / П.Н. Дьячков. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006. – 293 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	3
Программа и методические указания	
Раздел 1. Металловедение	
Введение.....	4
1.1. Кристаллическое строение металлов .....	4
1.2. Кристаллизация металлов .....	5
1.3. Деформация и разрушение металлов .....	5
1.4. Механические свойства металлов .....	6
1.5. Строение сплавов .....	7
1.6. Железо и его сплавы .....	8
1.7. Термическая обработка стали .....	8
1.8. Поверхностное упрочнение стали .....	9
1.9. Конструкционные стали .....	10
1.10. Инструментальные стали .....	11
1.11. Цветные металлы и сплавы .....	11
Раздел 2. Неметаллические и композиционные материалы	
Введение.....	12
2.1. Пластические массы.....	12
2.2. Резиновые материалы .....	13
2.3. Древесные материалы.....	13
2.4. Силикатные материалы .....	14
2.5. Пленкообразующие материалы (клеи, герметики, лакокрасочные материалы) .....	14
2.6. Композиционные материалы .....	14
2.7. Наноструктурные материалы.....	15
Контрольная работа № 1 .....	15
Контрольная работа № 2.....	32
Библиографический список.....	37

# **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

учебное пособие

Составители:

Ханиф Мухаметгарифович Ибрагимов

Владимир Иванович Филатов

Наталия Александровна Шабурова

Редактор

Издательский центр Южно-Уральского государственного  
университета

---

Подписано в печать . Формат 60×84 1/16.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,25. Уч.-изд. л. 1. Тираж 100 экз. Заказ

---

Отпечатано в типографии издательского центра ЮУрГУ. 454080, г. Челябинск,  
пр. им. В.И.Ленина, 76.