

Министерство образования и науки  
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет

Автомобильно-дорожный факультет

Кафедра технологии конструкционных материалов  
и метрологии

## **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

Программа, методические указания и задания  
к контрольным работам

Санкт-Петербург  
2010

**Материаловедение:** программа, методические указания и задания к контрольным работам / сост. В. Е. Гордиенко, Е. Г. Гордиенко, А. П. Орлов, С. А. Степанов; СПбГАСУ. – СПб, 2010. – 30 с.

Даны рекомендации по самостоятельному изучению дисциплины «Материаловедение». Рассмотрен ряд разделов металловедения. Приведены сведения об экономической эффективности применения различных материалов и методах повышения надежности изделий. Приведены вопросы для самопроверки и варианты заданий к контрольным работам № 1 и 2.

Предназначено для студентов безотрывной формы обучения специальностей 190601 – автомобили и автомобильное хозяйство, 190205 – подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование

Библиогр.: 5 назв.

## ВВЕДЕНИЕ

Прогресс в области машиностроения тесно связан с созданием и освоением новых, более экономичных материалов, в том числе композиционных, полимерных и особо чистых; созданием и внедрением в производство новейших методов упрочнения металлов, таких как плазменное напыление, лазерная обработка, ионная имплантация; расширением сортамента выпускаемых материалов; снижением удельной материалоемкости производства; повышением ресурса и надежности машин.

Совершенствование производства, выпуск современных конструкций, машин и оборудования невозможны без дальнейшего развития производства металлических сплавов, которые являются основными материалами в машиностроении.

К сплавам в зависимости от их назначения предъявляются различные требования. В одних должна преобладать высокая прочность, в других – пластичность и сопротивляемость хрупкому разрушению, в третьих – высокая электропроводность. Те или иные свойства определяются внутренним строением сплавов. В свою очередь, строение сплава зависит от состава и характера обработки. Следовательно, между всеми этими характеристиками существуют определенные связи, изучение которых и составляет предмет «Материаловедение», который является одним из важнейших, а его справочные данные широко используются при дипломном проектировании, а также в практической деятельности инженеров-механиков.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ КУРСА «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

Программой курса предусмотрено выполнение лабораторных работ. Цель этих работ заключается в закреплении знаний, полученных на лекциях, в освоении методов и приемов проведения наиболее часто применяемых в технике испытаний материалов, а также в приобретении навыков самостоятельной работы со справочной литературой для выбора основных материалов и назначения режимов их обработки в зависимости от характерных условий эксплуатации деталей.

### ***Студент должен знать:***

- строение и физико-химические закономерности формирования свойств металлических и неметаллических материалов;
- современную теорию и практику термической обработки сплавов;
- прогрессивные методы улучшения физико-механических свойств материалов;
- номенклатуру и правила маркировки конструкционных материалов, применяемых в машиностроении;
- теоретические принципы выбора и термообработки конструкционных материалов.

### ***Студент должен уметь:***

- для конкретных условий эксплуатации обосновать выбор: материала детали проектируемой машины; способа его обработки для получения высоких эксплуатационных и технологических свойств; способа определения состава, структуры и физико-механических параметров материала;
- изыскивать пути экономии материалов на производстве;
- производить наладку и пользоваться современным лабораторным оборудованием и приборами для микроанализа структуры металла, определения его механических характеристик, измерения температуры и других физических величин;
- проводить исследования и расчеты по определению зависимости свойств материала от различных факторов с применением современных методов обработки экспериментальных данных.

### ***Студент должен понимать:***

- важность повышения качества материалов, хладостойкости, коррозионной стойкости и снижения материалоемкости производства;
- направления практического применения полученных знаний и навыков для повышения надежности узлов и деталей машин;
- необходимость непрерывного самостоятельного совершенствования знаний для успешной работы на производстве.

Усвоение материала программы по учебнику, учебным пособиям и конспекту лекций является основным видом самостоятельной работы студента. Для более прочного усвоения материала целесообразно конспектировать наиболее сложные для понимания темы, сочетая эту работу с получением письменных, а при возможности – и очных устных консультаций преподавателей кафедры.

Студент выполняет дома две контрольные работы и направляет их на проверку.

### ***Самостоятельное изучение дисциплины «Материаловедение» включает:***

- уяснение требований программы и учебного плана;
- работу с литературой;
- составление и конспектирование ответов на вопросы для самопроверки после изучения литературы по каждой главе программы;
- подготовку ответов на вопросы заданий к контрольным работам № 1 и 2.

### ***Отчетность об усвоении раздела курса заключается:***

- в представлении в срок до начала экзаменационной сессии выполненных контрольных работ № 1 и 2;
- защите отчетов по лабораторным работам;
- сдаче зачета или экзамена по дисциплине «Материаловедение» в период сессии.

## ПРОГРАММА КУРСА «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

### 1. Строение металлов

Рассмотрите типы химических связей в твердых телах, особое внимание обратите на металлическую связь. Этот тип связи обуславливает отличительные свойства металлов: высокую электропроводность и теплопроводность, высокую пластичность и металлический блеск.

Металлические тела характеризуются кристаллическим строением. Это значит, что их атомы (ионы) расположены закономерно в пространстве и образуют кристаллическую решетку. Однако свойства реальных металлов определяются известными несовершенствами строения (дефектами решетки).

Разберитесь в видах несовершенств, и особенно в строении линейных дефектов (дислокаций), в причинах их сравнительно легкого перемещения в кристаллической решетке и влиянии их на механические свойства.

Разберитесь в теоретических основах процесса кристаллизации, состоящего из двух элементарных процессов: зарождения и роста кристаллов, и в определяющем влиянии на эти параметры степени переохлаждения.

#### Вопросы для самопроверки

1. В чем сущность металлического, ионного и ковалентного типов связи?
2. Каковы характерные свойства металлов и чем они определяются?
3. Что такое элементарная ячейка?
4. Что такое полиморфизм?
5. Что такое параметр кристаллической решетки, плотность упаковки и координационное число?
6. Опишите виды дислокаций и их строение.
7. Что такое вектор Бюргерса?
8. Что такое анизотропия свойств кристаллов?
9. В чем физическая сущность процессов кристаллизации и плавления?

10. Каковы параметры кристаллизации?
11. Что такое переохлаждение?
12. Какова связь между величиной зерна, скоростью зарождения, скоростью роста кристаллов и степенью переохлаждения?
13. Опишите формы кристаллов и влияние реальной среды на процесс кристаллизации. Образование дендритной структуры.
14. В чем сущность модифицирования?

### 2. Теория сплавов

Необходимо отчетливо представлять строение металлов и сплавов в твердом состоянии. Уясните, что такое твердый раствор, химическое соединение, механическая смесь, промежуточная фаза. Наглядное (графическое) представление о состоянии любого сплава в зависимости от его состава и температуры дают диаграммы состояния. Нужно усвоить общую методику построения диаграммы состояния двухкомпонентных систем для различных случаев взаимодействия компонентов в твердом состоянии.

При изучении диаграмм состояния нужно уметь применять правило отрезков (для определения концентраций фаз и их количественных соотношений), правило фаз (для построения кривых охлаждения).

#### Вопросы для самопроверки

1. Что такое компонент, фаза, металлический сплав?
2. Объясните понятия «твердый раствор», «механическая смесь», «химическое соединение», «промежуточная фаза».
3. Что представляют собой твердые растворы замещения и внедрения и каковы основные условия их образования?
4. Как строятся диаграммы состояния двухкомпонентных систем?
5. Приведите уравнение правила фаз и объясните физический смысл числа степеней свободы.
6. Объясните принцип построения кривых охлаждения сплавов с помощью правила фаз.
7. Как будет выглядеть участок кривой охлаждения, если число степеней свободы системы равно двум и имеется одна фаза? То же – для числа степеней свободы, равного единице, в случае выпадения твер-

дой фазы из жидкой. То же – для числа степеней свободы, равного нулю.

8. Начертите и проанализируйте диаграмму состояния для случая образования непрерывного ряда твердых растворов.

9. Начертите и проанализируйте диаграмму состояния для случая полной нерастворимости компонентов в твердом состоянии.

10. Начертите и проанализируйте диаграмму состояния для случая образования эвтектики из ограниченных твердых растворов.

11. В чем различие между эвтектическим и эвтектоидным превращениями?

12. Как определяется концентрация фаз и их количественное соотношение?

### **3. Пластическая деформация и механические свойства металлов**

Рассмотрите физическую природу деформации и разрушения. Особое внимание обратите на механизм пластической деформации, ее влияние на микро- и субмикроструктуру сплавов, а также на ведущую роль дислокации в этом процессе. Уясните связь между строением сплавов и их механическими свойствами. Разберитесь в сущности явления наклепа и его практическом использовании.

Изучите основные методы исследования механических свойств металлов. Обратите внимание на то, что свойства, полученные на стандартных образцах, не совпадают со свойствами готового изделия, выполненного из предварительно испытанного материала. Это связано с наличием в реальных деталях отверстий, надрезов и других концентраторов напряжений, а также с различием в характере напряженного состояния образца и детали. Отсюда вытекает важность испытаний образцов с надрезом и заранее выраженной трещиной в статическом и динамическом режимах (испытания на вязкость разрушения). Это позволяет приблизить испытания к условиям эксплуатации материала и получить результаты, характеризующие конструкционную прочность металла.

Необходимо знать сущность рекристаллизационных процессов; возврата, первичной рекристаллизации, собирательной (вторичной) рекристаллизации, протекающих при нагреве деформированного металла; уяснить, как при этом изменяются механические свойства; уметь

назначить режим рекристаллизационного отжига; иметь четкое представление о его практическом значении; уяснить различие между холодной и горячей пластическими деформациями.

### **Вопросы для самопроверки**

1. В чем различие между упругой и пластической деформациями?
2. Как изменяется строение металла в процессе пластического деформирования?
3. Как изменяется плотность дислокаций при пластической деформации?
4. Как влияют дислокации на прочность металла?
5. Чем объясняется большое различие между теоретической и реальной прочностью металлов и сплавов?
6. В чем сущность наклепа и как он практически используется?
7. Какие характеристики механических свойств определяют при испытании на растяжение?
8. Что такое «твердость» и какие методы ее определения Вам известны?
9. Как влияют температура и скорость нагружения на характер разрушения?
10. Что такое «ударная вязкость» и «вязкость разрушения»?
11. Что такое «порог хладноломкости»?
12. Что такое «конструкционная (конструктивная) прочность»?
13. От чего зависит и как определяется конструкционная прочность?
14. Как изменяются свойства деформированного металла при нагреве?
15. В чем сущность процесса возврата?
16. Что такое первичная и вторичная рекристаллизация?
17. Что такое критическая степень деформации?
18. В чем различие между понятиями «холодная пластическая деформация» и «горячая пластическая деформация»?
19. Как изменяются строение и свойства металла при горячей пластической деформации?
20. Каково назначение рекристаллизационного отжига и как он осуществляется?

#### 4. Железо и сплавы на его основе

Подробно изучите диаграмму состояния «железо–цементит». Научитесь вычерчивать ее по памяти, определять все фазы и структурные составляющие этой системы, а также строить с помощью правила фаз кривые охлаждения для любого сплава; постарайтесь четко усвоить классификацию железистых сплавов и понять, что разные классы сплавов принципиально различны по структуре и свойствам. Необходимо знать, что технические железистые сплавы, помимо железа и углерода, содержат постоянные полезные (кремний, марганец) и вредные (сера, фосфор) примеси, попадающие в сплав в результате предыдущих операций при выплавке.

Проанализируйте влияние химического состава на механические свойства углеродистых сталей. Изучите их классификацию по количеству углерода, назначению и качеству. Выучите правила маркировки углеродистых конструкционных и инструментальных сталей. Изучите возможности применения углеродистых сталей в строительных машинах и автомобильном транспорте. Изучите влияние легирующих элементов на критические точки железа и стали и объясните, при каком сочетании углерода и соответствующего легирующего элемента могут быть получены легированные стали ферритного, перлитного, аустенитного и ледебуритного классов.

Разберитесь диаграмму состояния «железо–графит», которая по графическому начертанию почти не отличается от диаграммы «железо–цементит», что облегчает ее запоминание. Изменения в положении линии диаграммы заключаются, главным образом, в смещении эвтектической и эвтектоидной линий. Структурное изменение заключается в замене во всех случаях цемента графитом. Изучите физическую сущность процесса графитизации.

Уясните влияние постоянных примесей (кремния, марганца, фосфора, серы) на строение и свойства чугуна и разберитесь в различии металлической основы серых чугунов разных классов. Обратите внимание на различие свойств серых чугунов с пластинчатым, хлопьевидным и шаровидным графитом, а также на способы их получения. Изучите влияние структуры металлической основы и формы графита на механические свойства чугуна. Выучите маркировку чугунов и рассмотрите их применение в дорожных, строительных машинах и автомобильном транспорте.

#### Вопросы для самопроверки

1. Что такое феррит, аустенит, цементит, перлит и ледебурит?
2. Какие превращения происходят в сплавах железо–цементит при температурах 727 и 1147 °С?
3. Дайте определение линиям диаграммы.
4. Постройте с помощью правила фаз кривую охлаждения стали с содержанием углерода 0,8 % и чугуна с содержанием углерода 4,3 %.
5. Какую структуру имеют техническое железо, доэвтектоидная, эвтектоидная, заэвтектоидная стали и белые чугуны?
6. В каких условиях выделяются первичный, вторичный и третичный цементит?
7. Каково строение ледебурита при температурах выше и ниже 727 °С?
8. Как влияют легирующие элементы на положение критических точек  $A_1$ ,  $A_3$ ,  $A_4$ ,  $A_m$ ?
9. Какие легирующие элементы являются карбидообразующими?
10. Какие легирующие элементы способствуют графитизации?
11. Как влияют легирующие элементы на свойства феррита и аустенита?
12. Как классифицируют стали по химическому составу, назначению, способу раскисления и металлургическому качеству?
13. Как маркируются углеродистые и легированные стали?
14. Как классифицируют легированные стали по структуре в равновесном состоянии?
15. В чем отличие серого чугуна от белого?
16. Классификация и маркировка серых чугунов.
17. Каковы структуры серых чугунов?
18. Как получают ковкий и высокопрочный чугуны и в чем различие их строения?
19. В чем различие между ковким, высокопрочным и серым чугунами?

#### 5. Теория термической обработки стали

Термическая обработка является одним из основных способов воздействия на строение и, следовательно, – на свойства сплавов.

При изучении превращения перлита в аустенит обратите внимание на зависимость скорости превращения от степени перегрева и скорости нагрева. Установите взаимосвязь между температурно-временными факторами превращения и размером зерна образовавшегося аустенита. Познакомьтесь с понятием наследственной зернистости стали и ее влиянием на выбор режима нагрева стали при термической обработке.

При рассмотрении превращений переохлажденного аустенита особое внимание уделите диаграмме изотермического распада, устанавливающей связь между температурными условиями превращения, скоростью распада и строением продуктов превращения. Разберитесь в особенностях перлитного, промежуточного и мартенситного превращений, происходящих соответственно в верхней, средней и нижней температурных областях. Уясните строение перлита, сорбита, троостита, бейнита, мартенсита и особенно – различие и сходство однотипных структур, получаемых при прямом распаде аустенита и отпуске закаленной стали. Обратите внимание на практическое значение термокинетических диаграмм.

Изучите влияние легирующих элементов на кинетику и характер превращения аустенита в перлитной, промежуточной и мартенситной областях. В связи с влиянием легирующих элементов на диаграммы изотермического распада аустенита, рассмотрите причину получения различных по структуре классов сталей (перлитного, мартенситного, аустенитного). Уясните влияние легирующих элементов на превращение при отпуске. При этом следует помнить, что легирующие элементы, как правило, затормаживают диффузионные процессы.

## 6. Практика термической обработки

Уясните влияние параметров режима нагрева и охлаждения на структуру и свойства стали при отжиге, нормализации, закалке, отпуске и обработке холодом. При изучении технологии термообработки обратите особое внимание на разновидности режимов и их назначение. Следует тщательно разобраться в природе термических и структурных напряжений, которые являются одной из главных причин брака при термической обработке.

Разберитесь в сущности понятий «закаливаемость» и «прокаливаемость» стали и в основных факторах, влияющих на эти характеристики.

При изучении способов закалки обратите внимание на поверхностную закалку, позволяющую получить особое сочетание свойств поверхностного слоя и сердцевины, обуславливающих понятие эксплуатационных свойств изделий. При рассмотрении индукционной поверхностной закалки уясните связь между глубиной закаленного слоя и частотой тока. Разберитесь в сущности способов термомеханической обработки, факторах, определяющих ее эффективность. Уясните причины, по которым наибольший эффект достигается при обработке легированных сталей.

При изучении новых высокопроизводительных технологий термообработки обратите внимание на то, что в нашей стране разработаны автоматические и полуавтоматические агрегаты для термической обработки, которые могут быть включены в технологические линии машиностроительных заводов, в связи с чем при массовом производстве отпадает необходимость в специальных термических цехах.

## Вопросы для самопроверки

1. В чем суть процесса образования аустенита при нагреве стали?
2. Каков механизм образования структур перлитного типа (перлит, сорбит, троостит) и бейнита при переохлаждении аустенита? Укажите температурные области превращения.
3. В чем различие между рассмотренными выше структурами?
4. Что такое мартенсит, в чем сущность мартенситного превращения?
5. Что такое критическая скорость охлаждения?
6. От чего зависит количество остаточного аустенита?
7. В чем сущность превращений, происходящих при отпуске?
8. Чем отличаются структуры перлитного типа, образованные при отпуске, от одноименных структур, образующихся при распаде переохлажденного аустенита?
9. Каково практическое значение термокинетических диаграмм?
10. Как влияют легирующие элементы на кинетику перлитного превращения?
11. Как влияют легирующие элементы на мартенситное превращение?

12. Как протекает промежуточное (бейнитное) превращение в легированных сталях?
13. Как влияют легирующие элементы на превращения при отпуске?
14. Как влияют легирующие элементы на размеры зерна?
15. В чем сущность явления отпускной хрупкости и как можно устранить отпускную хрупкость второго рода?
16. Приведите определения основных способов термической обработки; отжига, нормализации, закалки и отпуска.
17. Какие разновидности отжига Вам известны и для чего они применяются?
18. Какова природа структурных и термических напряжений?
19. Какие способы закалки Вы знаете?
20. Каковы виды и причины брака при закалке?
21. От чего зависит прокаливаемость стали и в чем ее технологическое значение?
22. Для чего и как производится обработка холодом?
23. В чем различие режимов (скорость, температура) нагрева изделий из легированных и углеродистых сталей?
24. В чем сущность и особенности термомеханической обработки?
25. Как влияет поверхностная закалка на эксплуатационные характеристики изделий?

### **7. Химико-термическая обработка стали и поверхностное упрочнение наклепом**

При изучении химико-термической обработки следует уяснить, что механизм всех ее видов, в принципе, одинаков. Процесс состоит из выделения насыщающего элемента в атомарном состоянии (диссоциации), захвата (адсорбции) этих атомов поверхностью насыщаемого металла и их проникновения вглубь поверхности (диффузии). Поэтому для усвоения этого раздела необходимо рассмотреть реакции в газовой среде, вызывающие при цементации или азотировании выделение насыщающего элемента в атомарном состоянии, и изучить современные представления о диффузии в металлах. Нужно подробно познакомиться с современными технологическими схемами химико-термической обработки и результатами их применения (поверхностное упрочнение, изменение физико-химических свойств поверхности).

Уясните преимущества и области применения цементации, азотирования, нитроцементации и диффузионной металлизации. Нужно уметь объяснить влияние легирования на механизм формирования структуры поверхностного слоя.

Рассмотрите сущность и назначение процессов обкатки поверхности роликом и дробеструйного поверхностного наклепа, их влияние на эксплуатационные свойства деталей машин.

### **Вопросы для самопроверки**

1. В чем заключаются физические основы химико-термической обработки?
2. В чем сущность процесса цементации?
3. Опишите назначение и режим термообработки после цементации.
4. Рассмотрите этапы процесса азотирования.
5. В чем преимущества прочностного азотирования перед цементацией?
6. Опишите технологию процесса нитроцементации.
7. В чем различие между диффузионным и гальваническим хромированием?
8. Для каких целей и как производится нитроцементация?
9. Как изменяются свойства изделий при дробеструйной обработке и какова природа этих изменений?
10. Как влияет поверхностное упрочнение на эксплуатационные характеристики изделий?

### **8. Конструкционные легированные стали**

Изучите требования, предъявляемые к конструкционным сталям, и принцип их легирования. Рассмотрите классификацию сталей по количеству легирующих элементов, качеству и назначению. Проанализируйте преимущества легированных конструкционных сталей перед углеродистыми. Уясните принцип выбора сталей различного назначения: цементуемых, улучшаемых, рессорно-пружинных, шарикоподшипниковых, мартенситностареющих, износостойких, нержавеющей, жаропрочных и пр. Особое внимание уделите технологическим особен-

ностям термической обработки легированных сталей различных групп.

При изучении нержавеющей и окалиностойких (жаростойких) сталей обратите внимание на принцип их легирования с целью получения заданных свойств. При рассмотрении жаропрочных сталей изучите особенности поведения металла в условиях нагружения при повышенных температурах. Уясните сущность явления ползучести и основные характеристики жаропрочности.

Основываясь на знаниях свойств сталей различных групп, попытайтесь проанализировать возможность их применения в конструкциях строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин. Досконально изучите правила маркировки конструкционных легированных сталей.

### Вопросы для самопроверки

1. Какими элементами легируют конструкционные стали?
2. Какие преимущества дает легирование?
3. Как классифицируют стали по количеству легирующих элементов, качеству и назначению?
4. Какие требования предъявляются к цементуемым сталям?
5. Какие варианты термообработки возможны при цементации и от чего зависит их выбор?
6. Какие требования предъявляют к улучшаемым сталям?
7. Приведите примеры улучшаемых сталей, применяемых в строительном машиностроении, и расшифруйте их.
8. Какие требования предъявляют к рессорно-пружинным сталям?
9. Укажите особенности термообработки рессорно-пружинных сталей.
10. Приведите примеры марок рессорно-пружинных сталей, укажите конкретное назначение и расшифруйте их.
11. В чем основной принцип упрочнения высокопрочных мартенситостареющих сталей?
12. В чем сущность химической и электрохимической коррозии?
13. Что такое окалиностойкость?
14. В чем сущность явления ползучести?

## 9. Инструментальные легированные стали и твердые металлокерамические сплавы

Изучите принцип легирования сталей данной группы, классификацию их по назначению и рассмотрите основные эксплуатационные свойства инструментов различного назначения. Особое внимание уделите структуре и термообработке быстрорежущих сталей. Уясните причины их высокой теплостойкости.

При изучении штамповых сталей необходимо различать условия работы штампов для деформирования в холодном и горячем состояниях.

Нужно научиться выбирать марку стали для инструмента в соответствии с его назначением, назначать режим термообработки и объяснять сущность происходящих при этом превращений.

Подробно познакомьтесь с составом, свойствами и технологией производства твердых металлокерамических сплавов. Обратите внимание на влияние фазового состава сплавов на показатели прочности, твердости и теплостойкости.

### Вопросы для самопроверки

1. Как классифицируют инструментальные стали?
2. Каков принцип легирования инструментальных сталей в зависимости от предъявляемых к ним требований?
3. Приведите марки углеродистых и легированных инструментальных сталей с одинаковым содержанием углерода и укажите преимущества легированных.
4. Приведите марки быстрорежущих сталей и укажите особенности их структуры.
5. Приведите графики упрочняющей термической обработки быстрорежущих сталей и объясните выбор температуры и скорости нагрева при закалке и режимы отпуска.
6. Как подразделяют штамповые стали?
7. Перечислите требования, предъявляемые к сталям для холодного и горячего деформирования.
8. Приведите примеры штамповых сталей, расшифруйте их марки и укажите режимы термообработки.

9. Что представляют собой твердые металлокерамические сплавы?

10. Укажите марки твердых сплавов, их состав, свойства и назначение.

### **10. Алюминий, магний и сплавы на их основе**

Изучите принцип легирования, структуру и свойства алюминиевых и магниевых сплавов. Обратите внимание на основные преимущества этих сплавов, связанные с их высокой удельной прочностью. Рассмотрите классификацию алюминиевых сплавов по технологическому принципу. Разберитесь в основах теории упрочнения их с помощью термической обработки (закалки и старения). Обоснуйте выбор способа упрочнения деформируемых и литейных алюминиевых сплавов.

Рассмотрите классификацию магниевых сплавов и особенности их термической обработки. Выучите правила маркировки и обозначения режимов термообработки магниевых сплавов. Уясните возможности их применения в машиностроении.

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Каковы свойства и области применения алюминия?
2. Какими элементами легируют алюминий и с какой целью?
3. Укажите принцип упрочнения алюминиевых сплавов с помощью термической и термомеханической обработок.
4. В чем сущность процессов закалки и старения?
5. Приведите и расшифруйте марки алюминиевых деформируемых и литейных сплавов.
6. Как и для чего осуществляют модифицирование алюминиевых литейных сплавов?
7. Каковы свойства магния и принципы его легирования?
8. Как классифицируют магниевые сплавы по технологическому принципу?
9. Укажите и расшифруйте марки магниевых литейных и деформируемых сплавов, их свойства и назначение, опишите виды и режимы их термообработки.

### **11. Медь и сплавы на ее основе**

Изучите свойства и принципы легирования меди. Уясните классификацию медных сплавов по химическому составу. Рассмотрите характерные структуры латуней и бронз. Опишите влияние структуры на механические свойства. Усвойте правила маркировки латуней и бронз, возможности их термоупрочнения и области применения.

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Как примеси изменяют свойства чистой меди?
2. Какими элементами легируют медь и с какой целью?
3. Как классифицируют медные сплавы по химическому составу?
4. Приведите и расшифруйте марки латуней, проанализируйте их структуру и ее связь со свойствами.
5. Приведите примеры бронз с указанием их составов, структуры, свойств и назначения.

### **12. Антифрикционные сплавы на основе цинка, олова и свинца**

Основное внимание обратите на требования, предъявляемые к этим сплавам, принципы легирования, структуры и области применения. Усвойте правила их маркировки.

#### **Вопросы для самопроверки**

1. Перечислите основные требования, которые предъявляют к антифрикционным сплавам.
2. Укажите состав, марки и свойства сплавов на основе олова.
3. Какова микроструктура оловянных баббитов?
4. Приведите марки баббитов на основе свинца, расшифруйте их и укажите структуру.
5. Приведите примеры применения баббитов в технике.

### 13. Порошковые материалы

При изучении раздела следует прежде всего понять, какие преимущества порошковых материалов привлекают к ним внимание ученых и производителей. При этом нужно иметь в виду, что порошковая металлургия позволяет получать композиции, которые невозможно синтезировать сплавлением и которые обладают часто новыми уникальными свойствами. Уясните химический состав, структуру и области применения спрессованных и спеченных порошковых материалов. Обратите внимание на то, что наиболее распространенным видом продукции порошковой металлургии общемашиностроительного назначения являются спеченные конструкционные изделия на основе порошков железа с добавками углерода (графита), меди, никеля, молибдена, а также на основа бронз, алюминиевых сплавов, быстрорежущих сталей и др. Отметьте возможность повышения механических свойств порошковых сплавов с помощью термической, химико-термической и других видов обработки.

Необходимо понять, что, несмотря на более высокую стоимость металлических порошков по сравнению с литыми металлами, экономический эффект от их применения достигается за счет резкого сокращения или полного исключения механической обработки, повышения производительности труда, а главное – за счет обеспечения лучших эксплуатационных показателей.

#### Вопросы для самопроверки

1. Какие металлы и сплавы являются основой для производства изделий методом порошковой металлургии?
2. Каковы физико-механические свойства спеченных порошковых материалов?
3. Какова структура порошковых материалов?
4. В каких областях техники применяют изделия из порошков и какой при этом достигается эффект?

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В контрольной работе № 1 основное внимание уделено теоретическим вопросам дисциплины «Материаловедение». Контрольная работа № 2 посвящена выбору материалов и режимов термической обработки. В соответствии с этим при выполнении контрольных работ студенты должны изучить методику выбора сталей для изготовления конкретных деталей машин и различных инструментов. Кроме того, студент должен научиться пользоваться рекомендуемой справочной, учебной и научной литературой, чтобы в дальнейшем правильно выбирать материал при дипломном проектировании.

#### ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ № 1

##### Вариант 1

1. Вычертите диаграмму состояния алюминий–кремний. Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состояниях, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы и значения линий.
2. Объясните различие между холодной и горячей пластической деформациями. Укажите факторы, влияющие на свойства деформированного металла.

##### Вариант 2

1. Вычертите диаграмму состояния алюминий–медь (до 60 % меди). Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состояниях, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы и значения линий.
2. Опишите механизм процесса кристаллизации и условия получения мелкозернистой структуры.

##### Вариант 3

1. Опишите влияние степени переохлаждения на структуру кристаллизующегося металла и укажите условия получения крупнозернистой структуры.

2. Объясните сущность процесса рекристаллизации и его влияние на свойства металлов.

#### Вариант 4

1. Опишите точечные дефекты в кристаллах, их происхождение и влияние на свойства. Изобразите эскизы этих дефектов.

2. Опишите механизм пластической деформации и характер изменения структуры и свойств металла при этом.

#### Вариант 5

1. Вычертите диаграмму состояния железо–цементит, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы. Постройте кривую охлаждения для сплава, содержащего 0,8 % углерода, в интервале температур 1600...0 °С (с применением правила фаз) и опишите происходящие в нем превращения.

2. Укажите особенности мартенситного превращения.

#### Вариант 6

1. Опишите механизм превращения перлита в аустенит при нагреве и объясните понятие наследственной зернистости стали. Укажите факторы, влияющие на наследственную зернистость.

2. Опишите сущность явлений, происходящих в металле при холодной пластической деформации.

#### Вариант 7

1. Вычертите диаграмму состояния железо–цементит, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы. Постройте кривую охлаждения для сплава, содержащего 4,3 % углерода, и с помощью правила отрезков (правило рычага) определите концентрации и количественные соотношения фаз при температуре 1000 °С.

2. Опишите механизм изотермического распада аустенита на примере образования игольчатого троостита (бейнита). Изобразите эскиз изотермической диаграммы.

#### Вариант 8

1. Вычертите диаграмму состояния железо–цементит, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы и значения линий. Постройте кривую охлаждения для сплава, содержащего 2,0 % углерода, в интервале температур 1600...0 °С с помощью правил фаз.

2. Вычертите диаграмму изотермического распада аустенита и опишите механизм превращения на примере образования перлита.

#### Вариант 9

1. Вычертите диаграмму состояния медь–цинк (до 50 % цинка). Опишите взаимодействие компонентов в жидком и твердом состояниях, укажите структурные составляющие, их определения и значения линий.

2. Опишите механизм превращений мартенсита закалки и остаточного аустенита при нагреве. Укажите отличия образующихся при этом структур от соответствующих структур прямого распада аустенита.

#### Вариант 10

1. Вычертите диаграмму состояния железо–цементит, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы. Опишите превращения и построьте кривую охлаждения для сплава, содержащего 1,5 % углерода, в интервале температур 1600...0 °С (с применением правила фаз). Для заданного сплава определите процентное содержание углерода в фазах при температуре 750 °С.

2. Опишите фазы, встречающиеся в металлических сплавах (твердые растворы, промежуточные фазы).

### ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ № 2

#### Вариант 1

1. Опишите преимущества и недостатки поверхностного упрочнения стальных изделий с помощью поверхностной закалки током

высокой частоты (ТВЧ) по сравнению с цементацией. Назовите марки стали, применяемые для этих видов обработки.

2. Для изготовления шаберов выбрана сталь 9ХФ:

- расшифруйте состав и определите группу стали по назначению;
- назначьте и обоснуйте режим термической обработки;
- опишите структуру и свойства стали после термической обработки.

### Вариант 2

1. Назначьте режим термической обработки рессор из стали 65 и обоснуйте его. Опишите сущность происходящих при обработке превращений, микроструктуру и свойства стали после термообработки.

2. Для деталей, работающих в слабых коррозионных средах, используется сталь 12Х13:

- расшифруйте состав и определите группу стали по назначению;
- объясните причину введения хрома в эту сталь;
- назначьте и обоснуйте режим термической обработки и опишите микроструктуру после обработки.

### Вариант 3

1. Выберите марку чугуна для изготовления ответственных деталей машин (коленчатые валы, шатуны и др.). Укажите состав, режим термообработки, структуру и основные механические свойства деталей из этого чугуна.

2. Копиры металлорежущих станков должны обладать высокой износостойкостью поверхностного слоя и иметь минимальную деформацию. Для их изготовления выбрана сталь 38ХВФЮА:

- расшифруйте состав и определите, к какой группе относится данная сталь по назначению;
- назначьте и обоснуйте режим термической и химико-термической обработок, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах обработки;
- опишите структуру и свойства стали после обработки.

### Вариант 4

1. Изделия из стали 40Х должны обладать высокой вязкостью и необходимым уровнем прочности. Назначьте режим термической обработки, опишите сущность происходящих превращений, структуру и свойства стали.

2. Напильник из стали У10А требуется обработать для достижения максимальной твердости. Назначьте режим термической обработки, опишите сущность происходящих превращений, структуру и свойства данной стали.

### Вариант 5

1. Для изготовления деталей подшипника качения выбрана сталь ШХ15СГ:

- расшифруйте состав и определите сталь по назначению;
- назначьте и обоснуйте упрочняющий режим термической обработки, объяснив влияние легирующих элементов на превращения, происходящие в стали на всех этапах термической обработки;
- укажите структуру и свойства стали после термической обработки.

2. Назначьте режим термической обработки слабонагруженных деталей из стали 45. Приведите его обоснование, опишите структуру и свойства стали. Объясните невозможность получения удовлетворительных свойств изделий из данной стали в сечениях, превышающих 15×15 мм.

### Вариант 6

1. В результате термической обработки шестерни необходимо получить износостойкий поверхностный слой при вязкой сердцеvine. Для изготовления выбрана сталь 12Х2Н4А:

- расшифруйте состав и определите группу стали по назначению;
- назначьте и обоснуйте упрочняющий режим термической обработки;
- укажите структуру и свойства стали после термической обработки.

2. Выберите углеродистую сталь для изготовления ножовочных полотен для обработки металлов. Назначьте режим упрочняющей термической обработки, опишите сущность происходящих превращений, структуру и свойства инструмента.

### Вариант 7

1. Для изготовления деталей высокой прочности используется мартенситостареющая сталь H18K9M5T:

- расшифруйте состав и определите группу стали по назначению;
- назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирующих элементов на превращения в стали;
- охарактеризуйте структуру и основные свойства стали.

2. Опишите сущность процессов, происходящих в сталях при термомеханической обработке. Укажите разновидности термомеханической обработки и ее возможности по повышению механических свойств стали.

### Вариант 8

1. Для стрелы автокрана применена сталь 16Г2АФ:

- расшифруйте состав и определите группу стали по назначению;
- опишите структуру и принцип упрочнения стали;
- приведите основные характеристики механических свойств стали.

2. Матрицы штампов для холодной штамповки изготавливают из стали X12Ф:

- расшифруйте состав и укажите влияние легирования на эксплуатационные свойства стали;
- назначьте и обоснуйте режим термической обработки, опишите превращения, происходящие в стали на всех этапах термической обработки;
- укажите структуру и свойства стали после термической обработки.

### Вариант 9

1. Для изготовления резцов выбрана сталь P18K5Ф2:

- расшифруйте состав и определите группу стали по назначению;
- назначьте и обоснуйте режим окончательной термической обработки, объяснив влияние легирующих элементов на всех этапах обработки;
- опишите микроструктуру и свойства стали после термообработки.

2. Назначьте режим термической обработки шпилек из стали Ст5, которая должна иметь твердость HB207...230. Опишите микроструктуру и свойства стали после термической обработки.

### Вариант 10

1. Назначьте режим термической обработки для зубил из стали У7. Опишите сущность происходящих в стали превращений, микроструктуру и твердость инструмента после термической обработки.

2. Опишите достоинства и недостатки прочностного азотирования по сравнению с цементацией с учетом технологических факторов и условий эксплуатации деталей.

## ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Диаграмма состояния «железо–цементит».
2. Микроструктурный анализ строения углеродистых сталей в равновесном состоянии.
3. Микроструктурный анализ строения чугунов.
4. Испытание металлов на твердость.
5. Закалка стали.
6. Отпуск стали.

## Рекомендуемая литература

1. *Лахтин Ю. М.* Материаловедение / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – 3-е изд. – М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.
2. *Материаловедение* и технология металлов: учебник / под ред. Г. П. Фетисова. – М.: Высшая школа, 2001.
3. *Материаловедение* / Ю. П. Солнцев и др. – М.: Металлургия, 1999.
4. *Журавлев В. Н.* Машиностроительные стали / В. Н. Журавлев, О. И. Николаева. – М.: Машиностроение, 1992.
5. *Гордиенко В. Е.* Материаловедение: лабораторный практикум для студентов механических специальностей: учеб. пособие / В. Е. Гордиенко, Е. Г. Гордиенко, С. А. Степанов, Ю. В. Кнышев. – СПб.: СПбГАСУ, 2009. – 91 с.

## Оглавление

Введение .....	3
<b>Методические указания по изучению курса</b>	
<b>«Материаловедение» .....</b>	<b>4</b>
<b>Программа курса «Материаловедение» .....</b>	<b>6</b>
1. Строение металлов .....	6
2. Теория сплавов .....	7
3. Пластическая деформация и механические свойства металлов .....	8
4. Железо и сплавы на его основе .....	10
5. Теория термической обработки стали .....	11
6. Практика термической обработки .....	12
7. Химико-термическая обработка стали и поверхностное упрочнение наклепом .....	14
8. Конструкционные легированные стали .....	15
9. Инструментальные легированные стали и твердые металлокерамические сплавы .....	17
10. Алюминий, магний и сплавы на их основе .....	18
11. Медь и сплавы на ее основе .....	19
12. Антифрикционные сплавы на основе цинка, олова и свинца .....	19
13. Порошковые материалы .....	20
<b>Методические указания по выполнению контрольных работ .....</b>	<b>21</b>
<b>Задания к контрольной работе № 1 .....</b>	<b>21</b>
<b>Задания к контрольной работе № 2 .....</b>	<b>23</b>
<b>Перечень лабораторных работ .....</b>	<b>27</b>
Рекомендуемая литература .....	28

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

Программа, методические указания и задания  
к контрольным работам

Составители: **Гордиенко** Валерий Евгеньевич  
**Гордиенко** Евгений Григорьевич  
**Орлов** Аркадий Парфентьевич  
**Степанов** Сергей Александрович

Редактор В. А. Басова  
Корректор А. Г. Лавров  
Компьютерная верстка И. А. Яблоковой

Подписано к печати 28.12.10. Формат 60×84 1/16. Бум. офсетная.

Усл. печ. л. 1,9. Тираж 200 экз. Заказ 169. «С» 142.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.  
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул. д. 4.

Отпечатано на ризографе. 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 5.

ДЛЯ ЗАПИСЕЙ