

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**
(ВлГУ)

Институт инновационных технологий
Механико-технологический факультет
Кафедра литейных процессов и конструкционных материалов

Картонова Любовь Владимировна

ХИМИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
(часть II. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ)

Методические указания
по самостоятельной работе студентов ВлГУ,
обучающихся по направлению 222000 «Инноватика» по дисциплине
«Химия и материаловедение (часть II. Материаловедение)»

Владимир – 2013 г.

Методические указания по самостоятельной работе студентов ВлГУ, обучающихся по направлению 222000 «Инноватика» по дисциплине «Химия и материаловедение (часть II. Материаловедение)»/ Владим. гос. ун-т; Сост.: Л.В.Картонова. Владимир. 2013. - 28 с.

Содержит методические указания по самостоятельной работе по дисциплине ««Химия и материаловедение (часть II. Материаловедение)». Разработано для студентов ВлГУ, обучающихся по направлению 222000 «Инноватика». Могут быть использованы студентами технических направлений подготовки очной и заочной формы обучения

Библиогр.: 21 назв.

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов является важнейшим компонентом образовательного процесса, развивающим их способности к самообучению и повышению своего профессионального уровня (ОК-4, 7, 8, 13, 16; ПК-14).

Цель самостоятельной работы - самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные технологии, обобщать, оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы, а также критически анализировать полученные знания и аргументировано отстаивать свои предложения.

Самостоятельная работа направлена на закрепление и углубление освоения учебного материала, она включает в себя следующие виды работы студентов: работа с лекционным материалом, опережающая самостоятельная работа, подготовка к зачету.

Опережающая самостоятельная работа заключается в изучении отдельных тем курса по заданию преподавателя.

Не смотря на то, что учебным планом не предусмотрено написание рефератов, с целью активизации самостоятельной работы студентов преподаватель предлагает студенту выполнить реферативную работу. При этом студентом может быть предложена и своя тематика. Возможная тематика самостоятельной реферативной работы приведена в приложении 1.

СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. Введение. Классификация материалов. Кристаллическое строение металлов.

Тема 1.1. Значение, цель и задачи курса. Классификация материалов.

Тема 1.2. Кристаллическое строение металлов. Дефекты кристаллов и их влияние на свойства. Теоретическая и реальная прочность.

Раздел 2. Критерии оценки материалов.

Тема 2.1. Структура. Микроструктурный анализ. Макроструктурный анализ. Методы обнаружения поверхностных и внутренних дефектов.

Тема 2.2. Механические свойства. Испытания на растяжение. Методы измерения твердости (методы Бринелля, Роквелла, Виккерса, микротвердость, Польша, Шора, Мооса). Определение ударной вязкости металлов и сплавов.

Тема 2.3. Рентгеноструктурное исследование металлов.

Раздел 3. Пластическая деформация и рекристаллизация металлов.

Тема 3.1. Влияние наклепа на свойства металлов. Использование наклепа в машиностроении.

Тема 3.2. Рекристаллизационный отжиг. Холодная и горячая обработка металлов давлением.

Раздел 4. Законы кристаллизации металлов.

Тема 4.1. Законы кристаллизации металлов. Свободная энергия и энтропия.

Тема 4.2. Управление размером зерна. Строение кристаллического слитка.

Раздел 5. Основы теории сплавов.

Тема 5.1. Виды сплавов. Правило фаз. Построение диаграмм состояния.

Тема 5.2. Диаграммы состояния двойных сплавов. Правило отрезков.

Тема 5.3. Правило Курнакова. Связь между типом диаграммы состояния двойных сплавов и свойствами сплавов.

Раздел 6. Сплавы на основе железа.

Тема 6.1. Железо и его сплавы. Полиморфизм железа. Железо и углерод. Диаграмма состояния сплавов железа с углеродом.

Тема 6.2. Углеродистые стали. Влияние химсостава на структуру и свойства стали. Влияние примесей на свойства сталей. Классификация и маркировка углеродистых сталей.

Тема 6.3. Чугуны. Процесс графитизации цементита. Белые, серые, высокопрочные и ковкие чугуны. Получение ковкого чугуна. Влияние примесей на свойства чугунов. Применение чугунов в машиностроении.

Тема 6.4. Фазовые превращения в сталях при нагреве и охлаждении. Аустенизация, перлитное и мартенситное превращения. Превращение при отпуске.

Тема 6.5. Практика термообработки стали. Технология нагрева. Отжиг стали и его влияние на структуру и свойства. Закалка углеродистых сталей. Отпуск сталей.

Тема 6.6. Химико-термическая обработка стали: основные закономерности, цементация, азотирование, цианирование, нитроцементация, силицирование, борирование. Диффузионная металлизация: хромирование и алитирование.

Тема 6.7. Основы легирования стали. Влияние легирующих элементов на структуру и свойства стали. Классификация легированных сталей.

Тема 6.8. Конструкционные легированные стали. Инструментальные легированные стали. Стали и сплавы с особыми свойствами.

Раздел 7. Цветные металлы и сплавы.

Тема 7.1. Сплавы на основе меди. Свойства и применение меди. Медно-никелевые сплавы. Бронзы и их термическая обработка. Латунь и их термическая обработка. Применение медных сплавов.

Тема 7.2. Сплавы на основе алюминия и магния. Свойства алюминия. Литейные и деформируемые алюминиевые сплавы. Дюралюмины и их термообработка. Применение алюминиевых сплавов.

Тема 7.3. Титан и его сплавы. Свойства титана. Классификация титановых сплавов и их применение.

Тема 7.4. Магний и его сплавы.

Тема 7.5. Антифрикционные сплавы, припой, легкоплавкие сплавы. Маркировка цветных металлов и сплавов.

Раздел 8. Композиционные материалы.

Тема 8.1. Общая характеристика и классификация. Строение, свойства и применение композиционных материалов. Технологии получения композиционных материалов.

Раздел 9. Неметаллические материалы. Наноструктурные материалы.

Тема 9.1. Особенности строения и свойства полимерных материалов. Пластмассы, их особенности и области применения в качестве конструкционного материала. Наполнители пластмасс. Свойства и область применения термопластических и термореактивных пластмасс.

Тема 9.2. Резины. Стекло. Древесина. Керамика.

Тема 9.3. Особенности свойств наноматериалов. Наноструктурные элементы.

Раздел 10. Научные основы выбора материалов.

Тема 10.1. Проблема выбора материала. Эксплуатационная надежность материала. Технологичность материала. Экономичность материала.

Раздел 11. Способы получения заготовок.

Тема 11.1. Сущность литейного производства. Литейные свойства. Дефекты. Сущность обработки металлов давлением. Виды обработки металлов давлением. Свариваемость сталей. Сущность сварки. Физико-механические основы обработки материалов резанием.

Закключение.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Необходимо иметь четкое представление, что все материалы обычно делят на металлические и неметаллические. В химии под металлами понимают определенную группу элементов, расположенную в левой части Периодической таблицы Д.И. Менделеева. Все элементы, расположенные левее галлия, индия и таллия – металлы, а правее мышьяка, сурьмы и висмута – неметаллами.

Несмотря на то, что в машиностроении используются различные материалы, основными конструкционными материалами являются металлы и металлические сплавы.

Кристаллическое строение и свойства металлов

Необходимо отчетливо представлять, что металлы имеют кристаллическое строение. Рассмотрите основные типы кристаллических решеток. Обратите внимание на то, что свойства реальных кристаллов определяются известными несовершенствами кристаллического строения. В связи с этим необходимо разобраться в видах несовершенств, и особенно в строении дислокаций (линейных несовершенств), причинах их легкого перемещения в кристаллической решетке и влиянии на механические свойства.

Основное назначение конструкционного материала – обеспечение работоспособности технического устройства, в котором он применяется. Соответствие свойств материала условиям эксплуатации конкретной детали в реальных производственных условиях оценивается путем определения его механических, физических, химических, технологических и эксплуатационных свойств. Изучите методы определения механических свойств и физический смысл определяемых при этом характеристик. Обратите внимание на методы определения твердости металлов: методы вдавливания (Бринелля, Роквелла, Виккерса, микротвердости), методы царапания (метод Мооса), методы определения твердости по отскоку наконечника (метод Шора). Обратите внимание на важность испытания образцов с надрезами, позволяющими приблизить условия испытаний к условиям эксплуатации материала.

Вопросы для самопроверки

1. Каковы характерные свойства металлов? 2. Что такое элементарная ячейка? 3. Основные кристаллические решетки металлов. 4. Что такое параметры кристаллической решетки, плотность упаковки и координационное число? 5. Основные дефекты кристаллического строения. 6. Каково строение краевых и винтовых дислокаций? 7. Что понимают под меха-

ническими свойствами? 8. Основные методы определения механических свойств. 9. Что такое твердость? Какими методами ее измеряют? 10. Что такое ударная вязкость? 11. Какие свойства относятся к литейным свойствам? 12. Что такое жидкотекучесть? Как ее определяют? 13. Что понимают под физическими свойствами? 14. Что такое удельный вес? 15. Что понимают под коэрцитивной силой? 16. Что такое коррозионная стойкость? 17. Какие свойства относятся к эксплуатационным свойствам?

Кристаллизация

Термодинамические причины фазовых превращений являются одним из частных случаев общего закона природы: стремление любой системы занять более устойчивое положение, то есть к состоянию с наименьшим запасом свободной энергии. Разберитесь в теоретических основах процесса кристаллизации, который может быть рассмотрен как протекание двух элементарных процессов: зарождения и роста кристаллов. Обратите внимание на определяющее влияние степени переохлаждения. Установите взаимосвязь между величиной зерна, скоростью зарождения, скоростью роста кристаллов и степенью переохлаждения.

При изучении процесса кристаллизации необходимо иметь в виду решающее значение реальной среды в формировании структуры литого металла, а так же на возможность искусственного воздействия на строение металлов (модифицированием).

Вопросы для самопроверки

1. Агрегатные состояния веществ. 2. Термодинамические условия фазового превращения. 3. В чем физическая сущность процесса кристаллизации? 4. Каковы параметры процесса кристаллизации? 5. Что такое переохлаждение? 6. Что такое кривая охлаждения? 7. Почему на кривой охлаждения наблюдается горизонтальный участок? 8. Как влияет степень переохлаждения на число центров кристаллизации, скорость роста кристаллов и размер зерна? 9. Образование дендритной структуры. 10. Влияние реальной среды на процесс кристаллизации. 11. Строение кристаллического слитка. 12. Полиморфизм. 13. В чем сущность модифицирования?

Пластическая деформация и влияние нагрева на строение и свойства деформированного металла (рекристаллизационные процессы)

Рассмотрите виды напряжений, а также физическую природу деформации. Особое внимание уделите механизму пластической деформации, ее влиянию на плотность дислокаций, на субмикро- и микроструктуру, на свойства. Изучите физическую природу разрушения, рассмотрите сущность наклепа и его использование на практике. Рассмотрите сущность и назначение дробеструйного и центробежно-шарикового поверхностного наклепа и его влияния на эксплуатационные свойства деталей машин.

Изучите сущность рекристаллизационных процессов: возврата, полигонизации, первичной рекристаллизации, собирательной рекристаллизации, протекающих при нагреве деформированного металла. Необходимо знать, как изменяются при этом структура, а так же физические и механические свойства. Уметь назначить режим рекристаллизационного отжига. Иметь четкое представление об его практическом использовании.

Вопросы для самопроверки

1. Виды напряжений.
2. Сущность упругой и пластической деформаций.
3. Влияние степени деформации на свойства материалов.
4. Как изменяется плотность дислокаций при пластической деформации?
5. Сущность наклепа.
6. Практическое использование наклепа.
7. Как изменяются свойства изделий при дробеструйной обработке?
8. Как изменяются свойства изделий при центробежно-шариковом наклепе?
9. Какова природа этих изменений?
10. Как влияет поверхностное упрочнение на эксплуатационные характеристики изделий?
11. Как изменяются физические и механические свойства при нагреве деформированного тела?
12. Сущность процесса возврата.
13. Что такое полигонизация?
14. В чем сущность процессов первичной и собирательной рекристаллизации?
15. Механизмы роста зерна.
16. От чего зависит температура рекристаллизации?
17. Как влияет состав сплава на температуру рекристаллизации?
18. Что такое критическая степень деформации?
19. Как осуществляется рекристаллический отжиг?
20. Назначение рекристаллизационного отжига.
21. В чем различие между холодной и горячей пластической деформациями?
22. Что такое холодная обработка давлением?
23. Что такое горячая обработка давлением?

Теория сплавов

Необходимо иметь четкое представление о строении сплавов в твердом состоянии. Уяснить, что такое механическая смесь, твердый раствор (внедрения и замещения), химическое соединение. Наглядное представление о состоянии сплава в зависимости от его состава (концентрации) и температуре дают диаграммы состояния. Уметь определять число степеней свободы по правилу фаз (закон Гиббса). Необходимо усвоить методику построения диаграмм состояния.

Изучить основные виды диаграмм состояния. Уметь применять правило отрезков (для определения доли каждой фазы в сплаве). С помощью правила Курнакова уметь устанавливать связь между составом, строением и свойствами сплава.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое компонент, число степеней свободы, фаза, физико-химическая система? 2. Параметры системы. 3. Правило фаз. 4. Что такое диаграмма состояния? 5. Построение диаграмм состояния. 6. Что такое механическая смесь? 7. Что представляют собой твердые растворы внедрения и замещения? 8. Что такое химическое соединение? 9. Что представляют собой электронные соединения? 10. Как определяется электронная концентрация? 11. Начертите и проанализируйте диаграмму состояния для случая полной нерастворимости компонентов в твердом состоянии. 12. Начертите и проанализируйте диаграмму для случая полной растворимости. 13. Начертите и проанализируйте диаграмму состояния для случая с ограниченной растворимостью. 14. Как определяются концентрация фаз и их количественное соотношение? 15. В чем различие между эвтектическим и эвтектоидным превращениями? 16. Особенности перитектического превращения. 17. Правило Курнакова.

Железо и его сплавы

Рассмотрите полиморфизм железа. Рассмотрите диаграмму железо-цементит, изучив все фазы и структурные составляющие этой системы. Необходимо уяснить, что такое феррит, аустенит, перлит, цементит и ледебурит, и изучить основные превращения, происходящие в сплавах при температурах A_1 , A_3 и $A_{ст}$, уметь построить с помощью правила фаз кривые охлаждения (или нагрева) для любого сплава; четко разбираться в классификации железоуглеродистых сплавов и уяснить, что различие между тремя классами (техническое железо, сталь, чугун) не является формальным (по содержанию углерода). Разные классы сплавов

принципиально различны по структуре и свойствам. Необходимо знать, что технические железоуглеродистые сплавы состоят не только из железа и углерода, но обязательно содержат постоянные примеси, попадающие в сплав в результате предыдущих операций при выплавке.

Разберите диаграмму железо - графит, которая по графическому начертанию почти не отличается от диаграммы железо-цементит, что облегчает запоминание. Количественные изменения в положении линий диаграммы касаются смещения эвтектической и эвтектоидной линий. Качественное изменение заключается в замене в структуре во всех случаях цементита графитом.

Уясните влияние углерода на свойства стали, обратите внимание на то, что не производят стали с содержанием углерода более 1,3%, в виду их высокой хрупкости. Изучите влияние постоянных примесей на свойства стали. Рассмотрите классификацию углеродистых сталей, обратите внимание на содержание серы и фосфора (0,08-0,3%) в автоматных сталях (для улучшения обрабатываемости стали).

Уясните влияние постоянных примесей на строение чугуна. Обратите внимание на то, что углерод в чугунах может быть расположен в связанном виде - в виде цементита (белый чугун) и в свободном состоянии - в виде графита (серый, ковкий и высокопрочный чугуны), а свойства чугунов находятся в прямой зависимости от формы графитовых включений. Разберитесь в различии металлической основы серых чугунов разных классов. Запомните основные механические свойства и назначение чугунов разных классов, и их маркировку. Обратите внимание на способы получения ковких и высокопрочных чугунов. Изучите физическую сущность графитизации.

Вопросы для самопроверки

1. Поясните явление полиморфизма применительно к железу. 2. Что такое феррит, аустенит, перлит, цементит и ледебурит? 3. Назовите их механические характеристики. 4. Объясните различие между техническим железом и чугуном. 5. Какие превращения происходят в сплавах при температурах A_1 , A_3 , и $A_{ст}$? 6. Постройте с помощью правила фаз кривую охлаждения для стали с 0,8 % С и для чугуна с 4,3 % С. 7. Каковы структуры и свойства технического железа, стали и белого чугуна? 8. Как классифицируют по структуре стали и белые чугуны? 9. В каких условиях выделяется первичный, вторичный и третичный цементит? 10. Что такое ледебурит? 11. Чем отличается строение ледебурита при комнатной температуре и при температуре 750°C ? 12. Какие легирующие элементы способствуют графитизации? 13. Какие легирующие элементы препятствуют графитизации? 14. В чем отличие белого чугуна от серого чугуна? 15. Сравните по структуре и механическим свойствам серый, ковкий и вы-

сокопрочный чугуны. Как влияет форма графита на свойства чугуна? 16. Классификация и маркировка серых чугунов. 17. Как маркируется ковкий чугун? 18. Как получают ковкий чугун? Строение, свойства и назначение ковкого чугуна. 19. Как получают высокопрочный чугун? Строение, свойства и назначение высокопрочного чугуна.

Теория термической обработки стали

Теория и практика термической обработки стали - главные вопросы металловедения. Термическая обработка - это один из главных способов влияния на строение, а, следовательно, и на свойства сплавов.

Рассмотрите классификацию видов термической обработки. Особое внимание уделите четырем основным превращениям: перлита в аустенит, аустенита в перлит, аустенита в мартенсит, мартенсита в феррито-карбидную смесь (превращение при отпуске). Изучите превращения переохлажденного аустенита, разберите диаграмму изотермического распада, устанавливающую связь между температурными условиями превращения, интенсивностью распада и строением продуктов распада. Обратите внимание на то, что перлит, сорбит, троостит имеют одну природу (это феррито-цементитная смесь). Разберитесь в механике и особенностях перлитного, промежуточного (бейнитного) и мартенситного превращений, происходящих соответственно в верхней, средней и нижней температурных областях. Уясните строение и свойства перлита, сорбита, троостита, бейнита, мартенсита, разберитесь в различиях и сходстве одноименных структур, получаемых при распаде аустенита и отпуске закаленной стали.

Изучите влияние легирующих элементов на кинематику и характер превращения аустенита в перлитной, промежуточной и мартенситной областях, а также влияние легирующих элементов на превращение при отпуске.

Вопросы для самопроверки

1. Поясните механизм образования аустенита. 2. Что такое: начальное зерно, наследственное зерно и действительное зерно? 3. Сравните наследственно мелкозернистую и наследственно крупнозернистую структуры.

4. Какие факторы сдерживают рост зерна аустенита? 5. Каковы механизмы и температурные области образования структур перлитного типа (перлита, сорбита, троостита)? 6. Чем отличаются перлит, сорбит, троостит? 7. Поясните механизм промежуточного (бейнитного) превращения. 8. Сравните верхний и нижний бейнит. 9. Что такое мартенсит? 10. Сущность

и особенности мартенситного превращения. 11. Сущность превращений при отпуске. 12. Как изменяются структура и свойства стали в связи с коагуляцией карбидной фазы при отпуске? 13. Чем отличаются отпускные структуры от одноименных структур, образующихся при распаде переохлажденного аустенита? 14. Как влияют легирующие элементы на перлитное превращение? 15. Как протекает промежуточное превращение в легированных сталях? 16. Как влияют легирующие элементы на мартенситное превращение? 17. Как влияют легирующие элементы на превращения при отпуске? 18. Сущность явления отпускной хрупкости. Устранение отпускной хрупкости второго рода.

Практика термической обработки

Изучите влияние скорости охлаждения на свойства стали, уясните сущность процессов отжига, нормализации, закалки, обработки холодом, отпуска. Обратите особое внимание на разновидности режимов термической обработки и их назначения, а также на химическое действие нагревающей среды. Рассмотрите различные закалочные среды и их характеристики.

Уясните различие между закаливаемостью и прокаливаемостью стали, а также факторы, влияющие на эти характеристики. Обратите внимание, что главное назначение легирования является в увеличении прокаливаемости (критического диаметра прокаливаемости).

Различные виды поверхностной закалки позволяют получить особое сочетание свойств поверхностного слоя и сердцевины, что приводит к повышению эксплуатационных характеристик деталей. При рассмотрении индукционной закалки уясните связь между глубиной проникновения и частотой тока. Изучите поверхностную закалку с газопламенным нагревом и при нагреве лазером, рассмотрите недостатки и преимущества лазерного нагрева.

Уясните сущность способа получения высокопрочных деталей - термомеханической обработке.

Изучите дефекты, возникающие при закалке, и причины их возникновения.

Вопросы для самопроверки

1. Виды основных процессов термической обработки. 2. Какие разновидности процессов отжига вы знаете, их назначение? 3. Какие разновидности закалки вы знаете, их назначение. 4. Обработка холодом. 5. Виды отпусков, их назначение. 6. Дайте определение закаливаемости. 7. Дайте определение прокаливаемости. Какие факторы влияют на прокаливаемость? 8. Какие охлаждающие среды вы знаете? 9. Сущность и особенности поверхностной

закалки. 10. Как влияет поверхностная закалка на эксплуатационные характеристики изделия? 11. Каким образом регулируется глубина закаленного слоя при нагреве токами высокой частоты? 12. Каковы преимущества поверхностной индукционной закалки? 13. Как проводят поверхностную закалку крупных изделий? 14. Охарактеризуйте недостатки и преимущества поверхностной закалки при нагреве лазером. 15. Сущность и особенности термомеханической обработки. 16. Сравните низкотемпературную и высокотемпературную термомеханические обработки. 17. Какие дефекты возникают при термической обработке стали? 18. Приведите примеры технологических приемов уменьшения деформации при термической обработке.

Химико-термическая обработка стали

Процесс химико-термической обработки состоит из выделения атомарного насыщающего вещества внешней средой, адсорбции этих атомов поверхностью металла и диффузии их внутрь металла. В большинстве случаев насыщение может происходить из твердой, жидкой и газообразной сред. Следовательно, нужно знать наиболее удачные варианты насыщения для каждого метода химико-термической обработки и конечные результаты (поверхностное упрочнение и изменение физико-химических свойств).

Разберитесь в технологии проведения отдельных видов химико-термической обработки. Уясните преимущества и области использования цементации, нитроцементации, азотирования, цианирования, борирования, силицирования и различных видов диффузионной металлизации (алитирования, хромирования).

Вопросы для самопроверки

1. В чем заключаются физические основы химико-термической обработки? 2. Сущность процесса цементации. 3. Цементация в твердом карбюризаторе. 4. Газовая цементация. 5. Назначение и режим термической обработки после цементации. 6. Сущность процесса нитроцементации. 7. Сущность процесса азотирования. 8. Каковы свойства цементованных, нитроцементованных и азотированных изделий? 9. Сущность и назначение процесса цианирования. 10. Сущность и назначение борирования. 11. Сущность и назначения процесса силицирования. 12. Для каких целей проводят диффузионное насыщение металлами? 13. Сущность и назначение процесса алитирования. 14. Сущность и назначение процесса хромирования.

Конструкционные стали и сплавы

Рассмотрите углеродистые конструкционные стали (обыкновенного качества, качественные, высококачественные и автоматные). Уясните способы классификации (по структуре в нормализованном состоянии и по назначению).

Разберитесь во влиянии легирующих элементов на изменение структуры и свойства стали и классификации легированных сталей по назначению. Уясните основные принципы выбора для различного назначения цементируемых, улучшаемых, высокопрочных, шарикоподшипниковых, рессорно-пружинных, износостойких, нержавеющей, жаропрочных и других сталей. При изучении конструкционных легированных сталей обратите особое внимание на технологические особенности термической обработки легированных сталей различных групп.

При изучении жаропрочных сталей особое внимание уделите на особенности поведения металла в условиях нагружения при повышенных температурах. Изучите сущность явления ползучести и основные характеристики жаропрочности (предел длительной прочности, предел ползучести).

Уясните принципы маркировки стали, научитесь по маркировке определять состав и особенности данной стали. В качестве примера возьмите две-три марки стали каждой группы, расшифруйте состав, назначьте режим термической обработки, опишите структуру, свойства и область применения.

Вопросы для самопроверки

1. Как классифицируются углеродистые стали по структуре в равновесном состоянии?
2. Какие требования предъявляются к сталям обыкновенного качества?
3. Какие требования предъявляются к качественным сталям?
4. Какие требования предъявляются к высококачественным сталям?
5. Какие требования предъявляются к автоматным сталям?
6. Как влияют легирующие элементы на свойства сталей?
7. Как классифицируются легированные стали по назначению?
8. Как классифицируются конструкционные стали по технологии термической обработки?
9. Какие требования предъявляются к цементируемым сталям?
10. Чем определяется выбор марки цементируемой стали для изделий различного назначения?
11. Какова термическая обработка цементируемых деталей?
12. Какие требования предъявляются к улучшаемым сталям?
13. Как влияет степень легирования на механические свойства улучшаемых сталей?
14. Какова термическая обработка улучшаемых сталей?
15. Чем определяется выбор марки улучшаемой стали для изделий различного назначения?
16. Какие требования предъ-

являются к высокопрочным сталям? 17. Каковы особенности мартенситностареющих сталей? 18. Каковы особенности высокопрочных сталей с высокой пластичностью (ТРИП- или ПНП-сталей)? 19. Какие требования предъявляются к шарикоподшипниковым сталям? 20. Термическая обработка шарикоподшипниковых сталей? 21. Какие требования предъявляются к рессорно-пружинным сталям? Приведите примеры марок стали для изготовления рессор и пружин, работающих в различных условиях. 22. Какие требования предъявляются к износостойким сталям? Термическая обработка износостойких сталей. 23. Какие требования предъявляются к нержавеющим сталям? 24. Сущность электрохимической коррозии. 25. Назовите марки хромистых нержавеющих сталей. Укажите их состав, свойства, термическую обработку, назначение. 26. Назовите марки хромоникелевых нержавеющих сталей. Укажите их состав, свойства, термическую обработку, назначение. 27. Какие требования предъявляют к жаропрочным сталям? 28. Что такое окалиностойкость? 29. В чем сущность явления ползучести? 30. Объясните физический смысл предела ползучести и предела длительной прочности. 31. Какими способами можно повысить жаропрочность стали? 32. Приведите примеры жаропрочных сталей перлитного, аустенитного и мартенситного классов. Укажите их состав, свойства и термическую обработку, и назначение. 33. Перечислите дефекты легированных сталей. 34. Расшифруйте химический состав стали марок: 60, 18ХГТ, 60С2, ШХ9, Г13, 12Х2Н4А, 5ХНМ, 40ХНМ, 12Х18Н9Т. Какие требования предъявляются к строительным сталям? 36. Что такое арматурные стали?

Инструментальные стали

Изучите классификацию инструментальных сталей в зависимости от применения инструмента, рассмотрите основные эксплуатационные свойства инструмента каждой группы. Особое внимание уделите быстрорежущим сталям и особенности их термической обработки. Уясните, что для устранения остаточного аустенита после закалки проводят трехкратный высокий отпуск или обработку холодом. Рассмотрите твердые сплавы и их особенности.

Обратите внимание на условия работы штампов для деформирования металла в холодном и горячем состояниях, так как от этого зависит выбор марки стали и последующей термической обработки.

Усвойте принципы маркировки инструментальных сталей, научитесь по маркировке определять состав и особенности данной стали. В качестве примера возьмите две-три марки стали каждой группы, расшифруйте состав, назначьте режим термической обработки, опишите структуру, свойства и область применения.

Вопросы для самопроверки

1. Как классифицируются инструментальные стали? 2. Какие требования предъявляются для режущего инструмента? Приведите примеры углеродистых и легированных сталей, используемых для режущего инструмента. 3. Какие требования предъявляются к быстрорежущим сталям? 4. В чем сущность красностойкости? 5. Термическая обработка быстрорежущих сталей. 6. Какие требования предъявляются к штамповым сталям для деформирования металла в холодном состоянии? 7. Какие требования предъявляются к штамповым сталям для деформирования металла в горячем состоянии? 8. Что такое твердые сплавы? 9. Приведите примеры вольфрамовых, титановольфрамовых и титанотанталовольфрамовых твердых сплавов. 10. Какие требования предъявляются к сталям для измерительного инструмента? Укажите их состав, структуру, свойства, термическую обработку.

Специальные сплавы

В данном разделе изучают стали, обладающие особыми физическими свойствами: с особыми магнитными свойствами, с особыми электрическими свойствами, с особенностями теплового расширения, а так же тугоплавкие металлы и их сплавы.

Рассмотрите требования, предъявляемые к каждой группе сплавов, и их назначение. Укажите две-три марки стали каждой группы, опишите состав, рассмотрите возможную упрочняющую обработку, изучите происходящие при этом структурные превращения, охарактеризуйте получаемую структуру и свойства.

Вопросы для самопроверки

1. Как классифицируются магнитные стали и сплавы? 2. Какие требования предъявляются к магнитотвердым материалам? Укажите их состав, свойства и назначение. 3. Какие требования предъявляются к магнитомягким материалам? Укажите их состав, свойства и назначение. 4. Приведите примеры немагнитных материалов. Укажите их состав, свойства и назначение. 5. Какие требования предъявляются к электротехническим сталям и сплавам? Укажите их состав, свойства и назначение. 6. Приведите примеры сплавов с особыми тепловыми свойствами. Укажите их состав, свойства и назначение. 7. Приведите примеры сплавов с особыми упругими свойствами. Укажите их состав, свойства и назначение. 8. Приведите примеры тугоплавких металлов и сплавов. Укажите их состав, структуру, возможную терми-

ческую обработку, свойства и назначение. 9. Что представляют собой металлические стекла, аморфные тела? 10. Получение аморфных сплавов.

Титан и его сплавы

Обратите внимание на основные преимущества титановых сплавов, связанные с их высокой прочностью. Рассмотрите влияние легирования на полиморфные превращения. Уясните термическую обработку титановых сплавов.

Рассмотрите классификацию титановых сплавов.

Вопросы для самопроверки

1. Свойства и применение титана. 2. Как влияют легирующие элементы на полиморфные превращения титана? 3. Какие легирующие элементы являются α - стабилизаторами? 4. Какие легирующие элементы являются β -стабилизаторами? 5. Назовите нейтральные для полиморфного превращения элементы. 6. Упрочнение титановых сплавов в результате термической обработки.

Медь и ее сплавы

Изучите классификацию медных сплавов и уясните маркировку, состав, структуру, свойства и область применения разных групп медных сплавов.

Вопросы для самопроверки

1. Влияние примесей на свойства чистой меди. 2. Как классифицируются медные сплавы? 3. Какие сплавы относятся к латуням? Их маркировка и состав. 4. Область применения латуней. 5. Назовите структуру, состав, свойства и область применения свинцовистой, бериллиевой, кадмиевой, алюминиевой бронз. 6. Приведите примеры медно-никелевых сплавов. Их состав и область применения. 7. Объясните механизм упрочнения бериллиевой бронзы в результате термической обработки.

Алюминий, магний и их сплавы

Обратите внимание на основные преимущества алюминиевых и магниевых сплавов, связанных с их высокой удельной прочностью. Рассмотрите классификацию алюминиевых сплавов и обоснуйте технологический способ изготовления изделий из сплавов каждой группы. Разберитесь в основах теории термической обработки алюминиевых деформируемых сплавов. Уясните, что дуралюмин после закалки становится мягким и пластичным (разупрочняется), а упрочнение дуралюмина достигается старением (естественным и искусственным).

Рассмотрите классификацию магниевых сплавов. Разберитесь с их возможной термической обработкой.

Обоснуйте выбор способа упрочнения деформируемых и литейных сплавов.

Вопросы для самопроверки

1. Свойства и область применения алюминия. 2. Как классифицируются алюминиевые сплавы? 3. Назовите литейные алюминиевые сплавы. Приведите примеры их марки, состав, обработку, свойства. 4. Назначение модифицирования силуминов. 5. Сравните структуру и свойства сплава АЛ2 до и после модифицирования. 6. Какие алюминиевые сплавы относятся к деформируемым? 7. Какие сплавы упрочняются путем термической обработки? 8. В чем сущность старения? 9. Сравните результаты естественного и искусственного старения дуралюмина. 10. Назовите жаропрочные алюминиевые сплавы. Укажите предельные рабочие температуры, их использование. 11. Свойства и применение магния. 12. Как классифицируются магниевые сплавы? 13. Назовите марки, состав, обработку, свойства и назначение различных сплавов на основе магния.

Полимерные материалы

При изучении неметаллических материалов необходимо прежде всего усвоить, что в основе неметаллических материалов лежат полимеры. Обратите внимание на особенности строения полимеров, которые определяют их механические и физико-механические свойства. Рассмотрите классификацию полимеров с учетом особенностей их состава и области применения.

Рассматривая пластические массы, необходимо понять, что это искусственные материалы, получаемые на основе органических полимерных связывающих веществ, которые являются обязательными компонентами пластмасс.

Вопросы для самопроверки

1. Что лежит в основе классификации полимеров? 2. Особенности свойств полимеров. 3. Какие вы знаете наполнители пластмасс? 4. С какой целью вводят отвердители пластмассы? 5. В чем преимущества пластмасс по сравнению с металлическими материалами? 6. Перечислите недостатки пластмасс. 7. Охарактеризуйте свойства и область применения термопластических пластмасс. 8. Охарактеризуйте свойства и область применения термореактивных пластмасс.

Резиновые материалы

Необходимо представлять, что технический материал резина отличается от других материалов высокими эластичными свойствами, что связано со свойствами самой резины - каучука. Изучите состав, способы получения резины и влияния различных добавок на ее свойства. Рассмотрите влияние порошковых и органических наполнителей на свойства резины, изучите физико-механические свойства и область применения резин различных марок.

Вопросы для самопроверки

1. Что представляет собой резина? 2. Состав и классификация резин. 3. Назначение отдельных компонентов (ингредиентов). 4. В чем сущность процесса вулканизации; как изменяются свойства резины после вулканизации? 5. Опишите состав, свойства и применение резин общего назначения. 6. Опишите состав, свойства и применение резин специального назначения. 7. Как изменяются свойства резин под действием температуры? 8. В чем сущность процессов старения резины? 9. Какими способами защищают резину и резиновые изделия от старения? 10. Укажите эксплуатационную стойкость резин.

Неорганические материалы

К неорганическим полимерным материалам относятся минеральное стекло, ситаллы, керамика и другие. Поскольку большинство неорганических материалов содержит различ-

ные соединения кремния с другими элементами, эти материалы получили общее название силикатных материалов. Обратите внимание на внутреннее строение неорганического стекла. Уясните сущность стеклообразного состояния, как разновидности аморфного состояния вещества. Изучите изменение свойств стекла в зависимости от состава. Рассмотрите стеклокристаллические материалы (ситаллы) и их отличие от стекла минерального, изучите причины образования кристаллической структуры ситаллов.

Изучите химический и фазовый состав технической керамики, ее свойства и области применения.

Вопросы для самопроверки

1. Опишите неорганическое техническое стекло, назовите его состав, разновидности, свойства и применение. 2. Какими способами повышают качество стекла? 3. Что такое ситаллы, укажите способы их получения, разновидности, свойства и применение? 4. Что представляет собой техническая керамика, ее разновидности? 5. Назовите представителей керамики на основе чистых оксидов. Дайте сравнительную оценку свойств.

Композиционные материалы

При изучении композиционного материала обратите внимание на принципиальное отличие композиционного материала, заключающееся в сочетании разнородных материалов с четкой границей раздела между ними. В связи с тем, что композит обладает свойствами, которыми не может обладать ни один из его компонентов по отдельности, такие материалы становятся весьма перспективными в различных областях техники. Изучите свойства композитов в зависимости от вида матрицы и формы, размеров и взаимного расположения наполнителя. Уясните возможность применения композитов в качестве жаропрочных материалов и способы повышения их жаропрочности.

Вопросы для самопроверки

1. Что представляет собой композиционный материал? 2. Классификация композитов в зависимости от формы и размеров матрицы. 3. Классификация композитов по виду матрицы. 4. От чего зависят механические свойства композитов? 5. Дисперсно-упрочненные композиционные материалы. 6. Волокнистые композиционные материалы. 7. Композиционные материалы на неметаллической основе. 8. Композиционные материалы на металлической ос-

нове. 9. Гибридные композиционные материалы. 10. Какие композиционные материалы используются для работы при высоких температурах?

Наноструктурные материалы

К наноструктурным материалам (нанокристаллическим, нанофазным, наноразмерным и т.п.) относятся объекты с характерным структурным размером менее 100 нм. Нанокристаллические материалы и нанотехнологии – одни из самых модных быстроразвивающихся направлений современной науки.

Малый размер зерна приводит к появлению уникальных физических, химических, механических и других свойств. Формирование нанокристаллической структуры позволяет существенно изменить физические свойства материала: повысить предел текучести и прочности, теплоемкость, электросопротивление, диффузионную способность материала, понизить его упругость, температуру магнитных переходов и т.п. Изменяются и свойства других структурных уровней: атомного, электронного (снижается работа выхода электронов) и ядерного.

Вопросы для самопроверки

1. Что представляют собой наноструктурные материалы? Каковы их особенности?
2. Что такое фуллерены и фуллериты?
3. Что представляют собой нанотрубки и нанокластеры?

Обработка металлов давлением

Теоретические основы обработки металлов давлением.

Изучите физико-механические основы обработки металлов давлением. Уясните сущность упругой и пластической деформации, а также влияние обработки давлением на структуру и свойства металлов.

Необходимо отчетливо представлять, что холодная обработка металла давлением проводится при температурах ниже температуры рекристаллизации и сопровождается наклепом (упрочнением металла), а горячая обработка - при температурах выше температуры рекристаллизации и без следов упрочнения, так как рекристаллизация успевает произойти во всем объеме заготовки. Изучите схемы основных видов обработки металлов давлением.

Рассмотрите режимы нагрева металлов перед обработкой давлением и оборудование, которое при этом используется.

Вопросы для самопроверки

1. Что представляет собой упругая деформация? 2. Что представляет собой пластическая деформация? 3. Сущность явления наклепа. 4. Влияние температуры на свойства наклепанного металла. 5. Холодная и горячая обработка металла давлением. 6. Дайте определение процессу прокатки. 7. Дайте определение процессу прессования. 8. Дайте определение процессу волочения. 9. Дайте определение процессуковки. 10. Дайте определение процессуштамповки. 11. Назовите термические режимы нагрева различных металлов перед обработкой давлением. 12. Каким образом осуществляется нагрев металла перед обработкой давлением?

Литейное производство

Уясните сущность литейного производства, необходимо отчетливо представлять элементы литейной формы. Изучите теоретические основы производства отливок. Наиболее важные литейные свойства - жидкотекучесть, усадка (литейная и объемная), склонность к образованию трещин, склонность к поглощению газов и образованию газовых раковин, пористость в отливках. Уясните схему технологического процесса изготовления отливок в песчаных формах. Изучите составы формовочных и стержневых смесей, а также способы изготовления форм и стержней при литье в разовые формы.

Обратите внимание на механизацию и автоматизацию изготовления литейных форм.

При изучении специальных способов литья: в оболочковые формы, по выплавляемым моделям, в кокиль, под давлением, центробежное литье обратите внимание на то, что данные способы литья позволяют получить отливки повышенной точности, с малой шероховатостью поверхности, минимальными припусками на механическую обработку, а иногда полностью исключают ее.

Вопросы для самопроверки

1. Сущность литейного производства. 2. Литейные сплавы. 3. Что такое жидкотекучесть? 4. Что такое линейная усадка? 5. Что такое объемная усадка? 6. Как проявляется усадка в отливках? 7. Литейная форма и ее элементы. 8. Что такое модель, ее назначение? 9. Что

такое литниковая система, из каких элементов она состоит, их назначение? 10. Какова последовательность изготовления песчано-глинистой формы? 11. Какие виды брака характерны для литых деталей и причины их возникновения? 12. Что представляет собой литье в оболочковые формы? 13. Что представляет собой литье по выплавляемым моделям? 14. Что представляет собой литье под давлением? 15. Какие преимущества и недостатки имеет литье под давлением? 16. Литье под регулируемым давлением. 17. Что представляет собой центробежное литье? 18. Что представляет собой литье в кокиль?

Сварочное производство

Изучите физические основы получения сварного соединения. Уясните, что в зависимости от формы энергии, используемой для образования сварного соединения, все виды сварки разделяют на три класса: термический, термомеханический и механический.

К термическому классу относятся виды сварки, осуществляемые плавлением с использованием тепловой энергии: дуговая, плазменная, электрошлаковая, электронно-лучевая, лазерная, газовая и др.

При изучении дуговой сварки уясните сущность процесса, необходимо иметь понятие об электрической дуге и ее свойствах, знать источники тока. Рассмотрите автоматическую сварку под флюсом, дуговую сварку в защитном газе (аргонодуговую сварку, сварку в углекислом газе).

Хорошо разберитесь в сущности плазменной, электрошлаковой, электронно-лучевой, газовой сварки, их области применения; изучите схемы этих видов сварки.

К термомеханическому классу относятся виды сварки, осуществляемые с использованием тепловой энергии и давления (контактная, диффузионная и др.)

К механическому классу относятся виды сварки, осуществляемые с использованием механической энергии и давления (ультразвуковая, взрывом, трением, холодная и др.).

Уясните сущность контактной сварки, необходимо иметь в виду, что по типу сварного соединения различают сварку стыковую, точечную и шовную. Изучите схемы обработки стыковой, точечной и шовной сварки, их область применения. Рассмотрите сварку аккумулятивной энергией, ее разновидности: конденсаторную, электромагнитную, инерционную и аккумуляторную.

Изучите сущность процесса и материалы для пайки, её способы. Особое внимание уделите контролю качества сварных и паяных соединений.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое сварка? 2. Как классифицируются виды сварки в зависимости от формы энергии? 3. Какие виды сварки относятся к термическому классу? 4. Сущность дуговой сварки, схемы дуговой сварки. 5. Что представляет собой электрическая дуга? 6. Свойства электрической дуги. 7. Источники тока. 8. Сущность ручной дуговой сварки. 9. Электроды для ручной дуговой сварки. 10. С какой целью в электродные покрытия вводят стабилизирующие, шлакообразующие, раскисляющие, легирующие и связующие добавки? 11. Какие вещества можно отнести к стабилизирующим, шлакообразующим, раскисляющим, легирующим и связующим? 12. Чем объясняется, что электрод без покрытия горит хуже, чем с покрытием? 13. Сущность автоматической дуговой сварки под флюсом. 14. С какой целью применяют флюсы? 15. Сущность аргонодуговой сварки. 16. Сущность сварки в среде углекислого газа. 17. Назначение защитного газа. 18. Сущность электрошлаковой сварки. 19. Какие преимущества и недостатки имеет электрошлаковая сварка? 20. Сущность электронно-лучевой сварки. 21. Сущность газовой сварки. 22. Сущность контактной сварки. 23. Сущность процесса пайки. 24. Какие материалы используются при пайке? 24. Как осуществляется контроль сварных и паяных соединений?

Формообразование поверхностей деталей резанием

Необходимо отчетливо представлять, что обработка металла резанием – это процесс срезания режущим инструментом с поверхности заготовки слоя металла в виде стружки для получения необходимой геометрической формы, точности размеров, взаиморасположения и шероховатости поверхностей детали. Разберитесь в классификации движений в металлорежущих станках. Рассмотрите условную классификацию технологических методов обработки заготовок деталей машин; усвойте методы формообразования поверхностей машин. Особое внимание обратите на геометрию инструмента.

Рассмотрите сущность метода точения: токарные резцы, приспособления для закрепления заготовок на токарных станках.

Изучите сущность сверления, фрезерования и шлифования: схемы обработки, инструмент.

При изучении методов обработки заготовок без снятия стружки рассмотрите чистовую обработку пластическим деформированием, обкатывание и раскатывание поверхностей, алмазное выглаживание.

Вопросы для самопроверки

1. Какие методы обработки относятся к механической обработке резанием? 2. Элементы проходного резца. 3. Что такое основная плоскость. плоскость резания, главная и вспомогательная секущие плоскости? 4. Что такое главный передний угол, главный задний угол, вспомогательный задний угол? 5. Углы в плане. 6. Что такое угол наклона главной режущей кромки? 6. Физическая сущность процесса резания? 7. Как классифицируют токарные резцы по технологическому назначению? 8. Схемы обработки и виды работ, выполняемые на токарно-винторезных станках. 9. Характеристика сверления. 10. Какой инструмент применяют для обработки заготовок на сверлильных станках? 11. Схема обработки заготовок и виды работ на вертикально-сверлильных станках. 12. Характеристика метода фрезерования. 13. Характеристика метода шлифования. 14. Характеристика методов отделочной обработки.

Тематика реферативной работы

№	Возможная тематика самостоятельной реферативной работы
1.	О проблеме повышения надежности конструкционного материала
2.	Металлы с памятью формы
3.	Влияние внутренних напряжений на свойства стальных деталей машин
4.	Пути упрочнения сталей и сплавов
5.	Влияние различных факторов на пластическую деформацию и их деформационное упрочнение
6.	Особенности испытаний механических свойств при низких температурах
7.	Закономерности изнашивания деталей, образующих пары трения, и пути уменьшения их износа
8.	Повышение износостойкости деталей виброобкатыванием
9.	Способы повышения износостойкости
10.	Влияние различных факторов на характеристики выносливости
11.	Использование металлокерамических твердых сплавов в качестве инструментального материала
12.	О возможность управления строением кристаллического слитка
13.	Хладостойкость сталей климатического холода
14.	Стали криогенной техники
15.	Регулирование размеров зерна термоциклированием
16.	Перспективы космического материаловедения
17.	Свойства и применение сплавов цветных металлов при низких температурах
18.	Способы предотвращения дефектов и брака, возникающих при термической обработке
19.	Пути повышения жаропрочности
20.	Перспективы развития химико-термической обработки
21.	Неразрушающие методы контроля
22.	Методы защиты от коррозии металлов и сплавов
23.	Органические полимерные покрытия и способы их нанесения
24.	Влияние облучения на структуру и свойства материалов
25.	Перспективные материалы

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков Г.М., Зуев В.М. Материаловедение: учебник для вузов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 440 с. – ISBN 978-5-7695-4248-0
2. Гелин Ф.Д. Металлические материалы: Справочник. Минск: Высшая школа, 1987. – 368 с.
3. Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г. Материаловедение. Методы анализа, лабораторные работы и задачи. Учеб. пособие для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1989. – 456 с. – ISBN 5-229-00228-X
4. Гуляев А.П. Металловедение. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.
5. Дриц М.Е., Москалев М.А. Технология конструкционных материалов и материаловедение: учебник для вузов. М.: Высш. шк., 1990. – 447 с. – ISBN 5-06-000144-X
6. Журавлев В.Н., Николаева О.И. Машиностроительные стали: Справочник. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 480 с. – ISBN 5-217-01306-0
7. Золоторевский В.С. Механические свойства металлов. – 2-е изд. - М.: Металлургия, 1983. – 352 с.
8. Композиционные материалы: Справочник/ В.В. Васильев, В.Д. Протасов, В.В. Болотин и др.; Под общ. ред. В.В. Васильева, Ю.М. Тарнопольского. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
9. Конструкционные материалы: Справочник/ Б.Н. Арзамасов, В.А. Брострем, Н.А. Буше и др.; Под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. – М.: Машиностроение, 1990. – 688 с. – ISBN 5-217-01112-2
10. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение: учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 528 с. – ISBN 5-217-00858-X
11. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учеб. пособие для вузов / Под ред. В.С. Чередниченко. – 2-е изд., перераб. – М.: Омега-Л, 2006. – 752 с. – ISBN 5-365-00041-2
12. Материаловедение: учебник для вузов / В.Б. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин и др.; Под ред. В.Б. Арзамасова, Г.Г. Мухина. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 648 с. – ISBN 5-7038-1860-5
13. Материаловедение: учебник для вузов / В.Б. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин и др.; Под ред. В.Б. Арзамасова, Г.Г. Мухина. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 648 с. – ISBN 5-7038-1860-5

14. Материаловедение и технология металлов: учебник для вузов / Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман, В.М. Матюнин и др.; Под ред. Г.П. Фетисова. – 4-е изд., испр. – М.: Высшая школа, 2006. – 862 с. – ISBN 5-06-004418-1
15. Мозберг Р.К. Материаловедение. – 2-е изд., перераб. – М.: Высшая школа, 1991. – 448 с.
16. Моряков О.С. Материаловедение: учеб. для студ. учрежд. сред. проф. образования. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 240 с. – ISBN 978-5-7695-4253-4
17. Рогов В.А., Позняк Г.Г. Современные машиностроительные материалы и заготовки: учеб. пособие для вузов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 336 с. – ISBN 978-5-7695-4254-1
18. Сильман Г.И. Материаловедение. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 336 с.
19. Сильман Г.И. Материаловедение: учеб. пособие для вузов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 336 с. – ISBN 978-5-7695-4255-8
20. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И. Материаловедение: учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2004. – 736 с. – ISBN 5-93808-075-4
21. Технология конструкционных материалов/ А.М. Дальский, И.А. Арутюнова, Т.М. Барсукова и др.; Под общ. ред. А.М. Дальского.- 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1985. – 448 с.
22. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: Справочник/ Под ред. Л.С. Ляховича. – М.: Металлургия, 1981. – 424 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ	3
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	6
Приложение 1	26
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	27