

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

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Методические указания

по самостоятельной работе студентов ВлГУ, обучающихся
по направлению 221000 «Мехатроника и робототехника»
(сокращенная форма обучения) по дисциплине
«Материаловедение. Технология конструкционных материалов»

Владимир – 2014 г.

УДК 620.22

Методические указания по самостоятельной работе студентов ВлГУ, обучающихся по направлению 221000 «Мехатроника и робототехника» (сокращенная форма обучения) по дисциплине «Материаловедение. Технология конструкционных материалов»/ Владим. гос. ун-т; Сост.: Л.В.Картонова. Владимир. 2014. - 40 с.

Содержит методические указания по самостоятельной работе по дисциплине «Материаловедение. Технология конструкционных материалов». Разработано для студентов ВлГУ, обучающихся по направлению 221000 «Мехатроника и робототехника» (сокращенная форма обучения). Могут быть использованы студентами технических направлений подготовки очной и заочной формы обучения

Библиогр.: 31 назв.

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов является важнейшим компонентом образовательного процесса, развивающим их способности к самообучению и повышению своего профессионального уровня (ОК-1, 9; ПК-4,5).

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. С целью активизации самостоятельной работы студентов целесообразно использование именно опережающей самостоятельной работы. Студенты самостоятельно изучают отдельные темы, отдельные вопросы, дополнительную литературу до изучения теоретического материала, что позволяет преподавателю опереться на изученный студентами материал. При этом вырабатываются значительный багаж знаний, навыков и умений, способность анализировать, осмысливать и оценивать современные события, решать профессиональные задачи на основе единства теории и практики, что гарантирует успешное освоение профессии.

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.

СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Тема 1.1. Значение, цель и задачи курса «Материаловедение. Технология конструкционных материалов». Классификация материалов.

Тема 1.2. Кристаллическое строение металлов. Кристаллографические индексы. Дефекты кристаллов и их влияние на свойства. Микроструктурный анализ металлов.

Тема 1.3. Методы измерения твердости (методы Бринелля, Роквелла, Виккерса, микротвердость, Польди, Шора, Мооса).

Раздел 2. Пластическая деформация и рекристаллизация металлов.

Тема 2.1. Наклеп и его влияние на свойства металлов. Использование наклепа в промышленности.

Тема 2.2. Рекристаллизационный отжиг. Холодная и горячая обработка металлов давлением. Понятие жаропрочности.

Раздел 3. Основы теории сплавов.

Тема 3.1. Виды сплавов. Правило фаз. Термический анализ. Построение диаграмм состояния.

Тема 3.2. Диаграммы состояния двойных сплавов.

Тема 3.3. Правило Курнакова. Связь между типом диаграммы состояния двойных сплавов и свойствами сплавов.

Раздел 4. Сплавы на основе железа.

Тема 4.1. Железо и его сплавы. Полиморфизм железа. Железо и углерод. Диаграмма состояния сплавов железа с углеродом.

Тема 4.2. Углеродистые стали. Влияние химсостава на структуру и свойства стали. Влияние примесей на свойства сталей. Классификация и маркировка углеродистых сталей.

Тема 4.3. Чугуны. Влияние примесей на свойства чугунов. Белые, серые, высокопрочные и ковкие чугуны. Применение чугунов в машиностроении.

Тема 4.4. Фазовые превращения в сталях при нагреве и охлаждении. Аустенизация, перлитное и мартенситное превращения. Превращение при отпуске. Практика термообработки стали. Технология нагрева. Отжиг стали и его влияние на структуру и свойства. Закалка углеродистых сталей. Отпуск сталей.

Тема 4.5. Химико-термическая обработка стали: основные закономерности, цементация, азотирование, цианирование, нитроцементация, силицирование, борирование. Диффузионная металлизация: хромирование и алитирование.

Тема 4.6. Основы легирования стали. Влияние легирующих элементов на структуру и свойства стали. Классификация легированных сталей.

Раздел 5. Цветные металлы и сплавы.

Тема 5.1. Медь, её свойства и область применения. Сплавы на основе меди. Медно-никелевые сплавы. Бронзы и их термическая обработка. Латунни и их термическая обработка. Применение медных сплавов.

Тема 5.2. Алюминий, его свойства и область применения. Сплавы на основе алюминия. Литейные и деформируемые алюминиевые сплавы. Дюралюмины и их термообработка. Применение алюминиевых сплавов.

Тема 5.3. Титан, его свойства и область применение. Сплавы на основе титана.

Раздел 6. Материалы с особыми физическими свойствами.

Тема 6.1. Материалы с особыми магнитными свойствами. Ферромагнетики. Магнитомягкие материалы. Магнитотвердые материалы.

Тема 6.2. Материалы с особыми тепловыми свойствами: сплавы с заданным температурным коэффициентом линейного расширения и сплавы с заданным коэффициентом модуля упругости.

Тема 6.3. Материалы с высокой электрической проницаемостью, их строение, свойства и область применения. Полупроводниковые материалы, их строение и свойства. Методы получения сверхчистых материалов. Диэлектрики.

Раздел 7. Наноматериалы.

Тема 7.1. Общая характеристика и классификация. Свойства и применение наноматериалов.

Раздел 8. Научные основы выбора материалов.

Тема 8.1. Проблема выбора материала. Эксплуатационная надежность материала. Технологичность материала. Экономичность материала.

Тема 8.2. Общие рекомендации по выбору материалы.

Раздел 9. Основы обработки материалов.

Тема 9.1. Основные технологические методы получения деталей из конструкционных материалов

Тема 9.2. Сущность литейного производства.

Заключение.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ к изучению разделов дисциплины

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 промышленности 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. 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).

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 координацион-

ное число? 5. Основные дефекты кристаллического строения. 6. Каково строение краевых и винтовых дислокаций? 7. Что такое твердость? Какими методами ее измеряют?

Пластическая деформация и рекристаллизация металлов

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 хо-

лодной 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 высокопрочный 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, происходя-

щих 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 нагре-

вающей 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.

нию. 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 предъявляются к высокопрочным сталям?
17. Каковы особенности мартенситностареющих сталей?
18. Каковы особенности высокопрочных сталей с высокой пластичностью (ТРИП- или ПНП-сталей)?
19. Какие тре-

бования 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 нержавеющей сталям? 24. Сущность электрохимической коррозии. 25. Назовите марки хромистых нержавеющей сталей. Укажите их состав, свойства, термическую обработку, назначение. 26. Назовите марки хромоникелевых нержавеющей 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, 12Х189Н9Т. 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 со-

став, 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. При-

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

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 и его 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).

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.

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.

Наноструктурные материалы

К наноструктурным материалам (нанокристаллическим, нанофазным, наноразмерным и т.п.) относятся объекты с характерным структур-

ным 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?

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?

РАЗДЕЛЫ ДИСЦИПЛИНЫ, ВЫНОСИМЫЕ НА ПЕРЕАТТЕСТАЦИЮ

Раздел 1. Механические свойства.

Тема 1.1. Механические свойства. Испытания на растяжение. Диаграммы деформации (σ - ϵ) для пластичных и хрупких материалов.

Тема 1.2. Определение ударной вязкости металлов и сплавов.

Раздел 2. Законы кристаллизации металлов.

Тема 2.1. Законы кристаллизации металлов. Свободная энергия и энтропия. Управление размером зерна. Аморфные металлы.

Раздел 3. Полимерные материалы.

Тема 3.1. Особенности строения и свойства полимерных материалов.

Тема 3.2. Пластмассы, их особенности и области применения в качестве конструкционного материала. Состав пластмасс. Наполнители пластмасс.

Тема 3.3. Классификация пластмасс. Свойства и область применения термопластических и терморезистивных пластмасс.

Раздел 4. Резины.

Тема 4.1. Резины, их особенности и области применения.

Тема 4.2. Вулканизация. Состав резины. Классификация резиновых материалов.

Раздел 5. Основы металлургического производства.

Тема 5.1. Структура металлургического производства и его продукция. Материалы для производства металлов и сплавов. Производство чугуна. Производство стали. Производство цветных металлов: меди и алюминия. Порошковые материалы и изделия.

Раздел 6. Основы обработки металлов давлением.

Тема 6.1. Сущность обработки металлов давлением. Виды обработки металлов давлением.

Тема 6.2. Ковка: сущность, основные операции, применяемый инструмент. Объемная штамповка: сущность, схемы, область применения. Листовая штамповка: сущность, основные операции, оборудование.

Раздел 7. Сварочное производство и пайка материалов.

Тема 7.1. Свариваемость сталей. Сущность сварки. Свойства дуги. Источники сварочного тока и их характеристики. Типы сварных швов и соединений.

Тема 7.2. Ручная дуговая сварка: сущность, схемы, область применения.

Тема 7.3. Сущность, схемы, область применения сварки: под флюсом, в среде защитных газов, плазменной, электрошлаковой, электронно-лучевой, газовой, электроконтактной стыковой, точечной, шовной.

Тема 7.4. Припои. Сущность и схема пайки.

Раздел 8. Основы обработки металлов резанием.

Тема 8.1. Классификация движений в металлорежущих станках. Методы формообразования поверхностей деталей машин. Элементы режима резания.

Тема 8.2. Обработка заготовок на токарных, сверлильных, фрезерных и шлифовальных станках. Схемы, инструмент, оборудование, виды работ.

Тема 8.3. Методы отделочной обработки.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ **к изучению разделов, выносимых на переаттестацию**

Механические свойства

Изучите методы определения механических свойств и физический смысл определяемых при этом характеристик. Обратите внимание на важность испытания образцов с надрезами, позволяющими приблизить условия испытаний к условиям эксплуатации материала.

Вопросы для самопроверки

1. Что понимают под механическими свойствами?
2. Основные методы определения механических свойств.
3. Что такое ударная вязкость?
4. Как определяют ударную вязкость?

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 пере-

охлаждение? 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?

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.

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 об-

работка металла давлением. 6. Дайте определение процессу прокатки. 7. Дайте определение процессу прессования. 8. Дайте определение процессу волочения. 9. Дайте определение процессуковки. 10. Дайте определение процессу штамповки. 11. Назовите термические режимы нагрева различных металлов перед обработкой давлением. 12. Каким образом осуществляется нагрев металла перед обработкой давлением?

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 аккумулированной 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?

Обработка металлов 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 металло-режущих 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.

Приложение 1

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 возможности 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 |
| 26. | Наноструктурированные материалы |
| 27. | Литье древних |
| 28. | "Царь-пушка". История изготовления. |
| 29. | "Царь-колокол". История изготовления. |
| 30. | Особенности художественного литья |
| 31. | Литье монет России |
| 32. | История развития литейного производства |
| 33. | Литье колоколов. История изготовления и современность |
| 34. | Монументальное литье |

Условные обозначения некоторых марок металлических материалов

| Обозначение | Что обозначают | Примеры расшифровок |
|---|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| <i>1. Сталь углеродистая общего назначения (ГОСТ 380-2005)</i> | | |
| Ст0, Ст1, Ст3кп, Ст5пс, Ст6сп | Буквы «Ст» означают сталь; цифры от 0 до 6 – условный номер марки в зависимости от химического состава; буква «Г» – марганец при его массовой доле в стали 0,80 % и более; буквы «кп», «пс», «сп» - степень раскисления стали: «кп» - кипящая, «пс» - полуспокойная, «сп» - спокойная. | Ст3Гсп – углеродистая сталь общего назначения, 3 – условный номер марки, с повышенным содержанием марганца; полуспокойная |
| <i>2. Сталь углеродистая качественная конструкционная (ГОСТ 4543-88)</i> | | |
| 08, 08кп, 08пс, 10, 40, 50, 80 | Цифры означают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Буквы «кп», «пс», «сп» - степень раскисления стали: «кп» - кипящая, «пс» - полуспокойная, «сп» - спокойная. | 08кп – углеродистая качественная конструкционная сталь со средней массовой долей углерода 0,08%, кипящая |
| <i>3. Сталь легированная конструкционная (ГОСТ 4543–71*)</i> | | |
| 40Г, 20Н2М, 30ХГСА, 30ХГС-Ш | Первые две цифры указывают среднюю массовую долю углерода в сотых долях процента, буквы за цифрами означают: Р - бор, Ю - алюминий, С - кремний, Т - титан, Ф - ванадий, Х - хром, Г - марганец, Н - никель, М - молибден, В - вольфрам. Цифры, стоящие после букв, указывают примерную массовую долю легирующего элемента в целых единицах. Отсутствие цифры означает, что в марке содержится до 1,5 % этого легирующего элемента. Буква «А» в конце наименования марки обозначает «высококачественная сталь». Буквой «Ш» через тире в конце наименования марки – «особовысококачественная сталь». | 20Н2М – легированная конструкционная качественная сталь со средней массовой долей углерода 0,2%, никеля 2%, молибдена до 1,5% 30ХГС-Ш – легированная конструкционная особовысококачественная сталь со средней массовой долей углерода 0,3%, хрома до 1,5% марганца до 1,5%, кремния до 1,5% |
| <i>4. Сталь конструкционная высокой обрабатываемости резанием (ГОСТ 1414–75*)</i> | | |
| A12, A20, A30, A40Г, AC35Г2 | В обозначении марок стали буквы означают: А - автоматная сернистая, АС - автоматная свинецсодержащая, Е - указывает на наличие селена. Остальные обозначения - в соответствии с обозначениями, принятыми ГОСТ 4543-88. | АС35Г2 – автоматная свинецсодержащая сталь со средней массовой долей углерода 0,35%, марганца 2% |

| 1 | 2 | 3 |
|--|--|---|
| <i>1. Сталь подшипниковая (ГОСТ 80 I–78*)</i> | | |
| ШХ4, ШХ15, ШХ20СГ | Буква «Ш» в начале марки означает подшипниковая; Х – легированная хромом. Цифры указывают среднюю массовую долю хрома в десятых долях процента. СГ – легированная кремнием и марганцем. | ШХ20СГ – подшипниковая сталь со средней массовой долей хрома 1,5%, кремния до 1,5%, марганца до 1,5% |
| <i>2. Сталь нелегированная инструментальная (ГОСТ 1435–99)</i> | | |
| У7, У8, У8ГА, У10А, У13А | Буквы и цифры означают: У – углеродистую сталь, последующая за ней цифра – средняя массовая доля углерода в десятых долях процента, А в конце наименования марки – высококачественная сталь, Г – повышенная массовая доля марганца | У9А – углеродистая инструментальная высококачественная сталь со средней массовой долей углерода – 0,9% |
| <i>3. Сталь инструментальная легированная (ГОСТ 5950–2000)</i> | | |
| Х, Х12, 5ХНМ, Х12ВМФ | Первые цифры означают массовую долю углерода в десятых долях процента. Если массовая доля углерода близка к единице или больше единицы, то цифры не указываются. Буквы означают: Г – марганец, С – кремний, Х – хром, В – вольфрам, Ф – ванадий, Н – никель, М – молибден, Д – медь, Т – титан. Цифры, стоящие после букв, означают среднюю массовую долю соответствующего легирующего элемента в целых единицах процентов. Отсутствие цифры означает, что массовая доля этого легирующего элемента примерно равна 1 %. В отдельных случаях массовая доля этих легирующих элементов не указывается, если она не превышает 1,8 %. | 5ХНМ – легированная инструментальная сталь со средней массовой долей углерода 0,5%, хрома 1%, никеля 1%, молибдена 1% |
| <i>4. Сталь быстрорежущая (ГОСТ 19265–73*)</i> | | |
| Р18, Р6М5, Р6М5К5, Р2АМ9К5 | Буквы и цифры означают: Р – быстрорежущая; цифра, следующая за буквой, – среднюю массовую долю вольфрама; М – молибден, Ф – ванадий, К – кобальт, А – азот; цифры, следующие за буквами, означают соответственно массовую долю молибдена, ванадия, кобальта; Ш – электрошлаковый переплав. В обозначении марок стали не указывают массовую долю: хрома – при любой массовой доле, молибдена – до 1% включительно, ванадия – в стали марок Р18, Р6М5, Р9К5, Р6М5К5, Р9М4К8 и Р2АМ9К5, азота – в стали марок 11Р3АМ3Ф2 и Р2АМ9К5. | Р6М5К5 – быстрорежущая сталь с массовой долей вольфрама 6%, молибдена 5%, кобальта 5% |

| 1 | 2 | 3 |
|--|--|--|
| <i>5. Сплавы твердые спеченные (ГОСТ 3882–84)</i> | | |
| ВК6, ВК6-М, Т15К6, Т30К4, ТТ7К12, ТТ20К9 | <p>а) <i>сплавы вольфрамовой группы</i>: Буква «В» обозначает группу сплава – вольфрамовая, К – кобальт. Цифры после буквы К – массовая доля кобальта, %. Остальное – карбид вольфрама. Буквы в конце марок обозначают:</p> <p>М – сплавы, изготовленные из мелких порошков карбида вольфрама; ОМ – сплавы, изготовленные из особо мелких порошков карбида вольфрама; В – сплавы, изготовленные из крупнозернистого карбида вольфрама; ВК – сплавы, изготовленные из особо крупного карбида вольфрама; КС – сплавы, изготовленные из карбида вольфрама, полученного при высоких температурах, отличающегося крупной зернистостью, но подвергнутого размолу до средней зернистости.</p> | <p>ВК6 – спеченный твердый сплав вольфрамовой группы с массовой долей кобальта 6%.</p> <p>Остальное – (94%) массовая доля карбида вольфрама.</p> <p>М – мелкозернистая структура сплава в изделиях</p> |
| | <p>б) <i>сплавы титано-вольфрамовой группы</i>: Буква «Т» обозначает группу сплава – титано-вольфрамовая, К – кобальт. Цифры после буквы Т указывают массовую долю карбида титана, %; цифры после К – массовую долю кобальта, %; остальное – карбид вольфрама.</p> | <p>Т30К4 – спеченный твердый сплав титано-вольфрамовой группы с массовой долей карбида титана 30%, кобальта – 4%.</p> <p>Остальное (66%) – карбид вольфрама.</p> |
| | <p>в) <i>сплавы титано-тантало-вольфрамовой группы</i>: Буква «ТТ» обозначает группу сплава – титано-тантало-вольфрамовая группа, К – кобальт. Цифры, стоящие после букв ТТ, указывают суммарную массовую долю карбидов титана и тантала, %, а цифры после буквы К – массовую долю кобальта, %; стальное до 100% – массовая доля карбида вольфрама.</p> | <p>ТТ20К9 – спеченный твердый сплав титано-тантало-вольфрамовой группы с суммарной массовой долей карбидов титана и тантала 20%, массовой долей кобальта – 9%. Остальное (71 %) – карбид вольфрама</p> |
| <i>6. Чугун с пластинчатым графитом для отливок (ГОСТ 1412–85)</i> | | |
| СЧ10, СЧ18, СЧ30 | Буквы «СЧ» обозначают серый чугун. Цифры после букв означают минимальную величину временного сопротивления при растяжении, МПа·10 ⁻¹ . | СЧ18 – отливка из серого чугуна с минимальной величиной временного сопротивления при растяжении 180 МПа. |
| <i>7. Отливки из ковкого чугуна (ГОСТ 1215-79*)</i> | | |
| КЧ30-6, КЧ45-7, КЧ70-2, КЧ80-1,5 | Буквы «КЧ» обозначают ковкий чугун. Первое двузначное число обозначает минимальное значение временного сопротивления при растяжении. МПа·10 ⁻¹ , второе число – относительное удлинение. | КЧ45-7 – отливка из ковкого чугуна с минимальным значением временного сопротивления при растяжении 450 МПа и относительным удлинением 7% |

| 1 | 2 | 3 |
|---|--|--|
| <i>8. Чугун с шаровидным графитом для отливок (ГОСТ 7293–85)</i> | | |
| ВЧ35, ВЧ40, ВЧ100 | Буквы «ВЧ» обозначают высокопрочный чугун. Цифры после букв означают минимальную величину временного сопротивления при растяжении, МПа·10 ⁻¹ . | ВЧ80 – отливка из высокопрочного чугуна с минимальным значением временного сопротивления при растяжении 800 МПа. |
| <i>9. Чугун антифрикционный для отливок (ГОСТ 1585–85*)</i> | | |
| АЧС-1, АЧС-6, АЧК-1, АЧВ-2 | Буквы «АЧ» обозначают антифрикционный чугун; С — серый с пластинчатым графитом; В — высокопрочный с шаровидным графитом; К — ковкий с компактным графитом; цифра — порядковый номер марки. | АЧС-2 – антифрикционный чугун серый (с пластинчатым графитом); 2 – порядковый номер марки |
| <i>10. Алюминий первичный (ГОСТ 11069–2001)</i> | | |
| А995, А99, А7, А5, А0 | Буква «А» обозначает алюминий, последующие цифры указывают массовую долю алюминия (не менее). | А99 – алюминий первичный с массовой долей алюминия 99,99 % (не менее) |
| <i>11. Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые (ГОСТ 4784–97)</i> | | |
| Д1, Д16; АК8, АВ, АМц, АМг3,5 | Буква «Д» в начале марки обозначает сплавы типа дуралюминов; АК – алюминиевый ковочный сплав, АВ – авиационный алюминий (авиаль), АМц – сплав алюминий–марганец, АМг – сплав алюминий–магний. Буква П в конце марки обозначает, что сплав предназначен для изготовления проволоки для холодной высадки. Состояние полуфабрикатов обозначается буквенно-цифровой маркировкой, следующей за условным номером марки: М – мягкий (отожженный), Т – закаленный и естественно состаренный, Т1 – закаленный и искусственно состаренный на максимальную прочность, Н – нагартованный и др. | Д16 – дуралюмин с условным номером 16 АМц – алюминиево-марганцевый сплав со средней массовой долей магния – 1% АМг3,5 – алюминиево-магниевый сплав со средней массовой долей магния – 3,5% |
| <i>12. Сплавы алюминиевые литейные (ГОСТ 1583–93)</i> | | |
| АК5М2 | Буквы: АЛ – алюминиевый литейный, К – кремний, М – медь, Н – никель, Ц – цинк. Цифры после АЛ – номер сплава, цифры после букв К, М, Н, Ц обозначают среднюю массовую долю соответственно кремния, меди, никеля, цинка (%). | АК5М2 – алюминиевый литейный сплав со средней массовой долей кремния – 5%, меди – 2% |
| <i>13. Сплавы магниевые деформируемые (ГОСТ 14957–76*)</i> | | |
| МА1, МА2, МА15 | Буквы «МА» обозначают магниевый деформируемый сплав. Последующие цифры указывают условный (порядковый) номер сплава. | Сплав марки МА15 – магниевый деформируемый сплав с порядковым номером 15 |

| 1 | 2 | 3 |
|---|--|--|
| <i>14. Сплавы магниевые литейные (ГОСТ 2856–79*)</i> | | |
| МЛЗ, МЛ4пч, МЛ5он, | Буквы «МЛ» обозначают магниевый литейный сплав. Последующие цифры указывают условный (порядковый) номер сплава. Индексы: пч – повышенной чистоты, он – общего назначения. | Сплав марки МЛ19 – магниевый литейный сплав с порядковым номером 19 |
| <i>15. Медь (ГОСТ 859– 2001)</i> | | |
| М0б, М1б, М1р | Буквы: М – медь, к – катодная, р – раскисленная, б – бескислородная. Цифры (от 00 до 3) – условный порядковый номер. Чем больше цифра, тем больше в меди примесей. | М00б – медь бескислородная с порядковым номером 00 |
| <i>16. Сплавы медно-цинковые (латуни), обрабатываемые давлением (ГОСТ 15527–2004)</i> | | |
| Л96,Л90, ЛО62-1, ЛС64-2, ЛК80-3, ЛМц58-2 | Буквы: «Л» – латунь, А – алюминий, Ж – железо, Мц – марганец, Н – никель, К – кремний, О – олово, С – свинец, Мш – мышьяк. Первые две цифры – средняя массовая доля меди (%), последующие – средняя массовая доля других элементов (%), в том же порядке, как и буквы. Остальное (до 100 %) – массовая доля цинка | ЛО62-1 – латунь оловянная со средней массовой долей меди 62%, олова – 1%; остальное (37%) – средняя массовая доля цинка |
| <i>17. Сплавы медно-цинковые (латуни) литейные (ГОСТ 17711 – 93)</i> | | |
| ЛЦ40С, ЛЦ40Мц1,5, ЛЦ16К4 | Буквы: «Л» – латунь, Ц – цинк, С – свинец, К – кремний, А – алюминий, Мц – марганец, Ж – железо. Цифры после буквы «Ц» – средняя массовая доля цинка (%), последующие – средняя массовая доля других элементов (%), остальное (до 100 %) – средняя массовая доля меди. | ЛЦ16К4 – латунь кремнистая со средней массовой долей цинка 16%, кремния 4%; остальное (80%) – средняя массовая доля меди |
| <i>18. Бронзы оловянные, обрабатываемые давлением (ГОСТ 5017–2006). Бронзы безоловянные, обрабатываемые давлением (ГОСТ 18175– 78*)</i> | | |
| БрОФ8-0,3, БрА7, БрБ2, БрКд1 | Буквы: Бр – бронза, О – олово, Ц – цинк, С – свинец, Ф – фосфор, Н – никель, А – алюминий, Б – бериллий, Т – титан, Ж – железо, Мц – марганец, Мг – магний, К – кремний, Кд – кадмий, Х – хром, Ср – серебро, Су – сурьма. Цифры - средняя массовая доля элементов сплава (%), в том же порядке, как и буквы; остальное – средняя массовая доля меди | БрБ2 – бронза бериллиевая со средней массовой долей бериллия 2%, остальное (92%) – средняя массовая доля меди |
| <i>19. Бронзы оловянные, литейные (ГОСТ 613–79). Бронзы безоловянные литейные (ГОСТ 493– 79).</i> | | |
| БрО8Ц4, БрО3Ц12С5 | Буквы: Бр – бронза, О – олово, Ц – цинк, С – свинец, Ф – фосфор, Н – никель, А – алюминий, Ж – железо, Мц – марганец, Мг – магний, К – кремний, Ср – серебро, Су – сурьма. Цифры - средняя массовая доля элементов сплава (%), остальное – средняя массовая доля меди. | БрО8Ц4 – бронза оловянная со средней массовой долей олова 8%, цинка 4%; остальное (88%) – средняя массовая доля меди |

| 1 | 2 | 3 |
|--|---|--|
| | Буква Л в конце марки означает, что бронза литейная. | |
| <i>20. Никель, никелевые и медно-никелевые сплавы, обрабатываемые давлением (ГОСТ 492– 2006)</i> | | |
| МН19, МНЦ18-20, МНМц40- 1,5 | Буквы «МН» обозначают медно-никелевый сплав, Ц – цинк, Мц – марганец, Ж – железо. Первые две цифры – средняя массовая доля никеля (%), последующие – средняя массовая доля других элементов (%), в том же порядке, как и буквы. Остальное (до 100 %) – массовая доля меди | МН19 – медно-никелевый сплав со средней массовой долей никеля 19% |
| <i>21. Титан и титановые сплавы, обрабатываемые давлением (ГОСТ 19807–91)</i> | | |
| ОТ4, ВТ22 | Буквы: В – высокопрочный; Т – титановый; О – условное обозначение сплавов на основе системы Ti – Al – Mn (серия ОТ). Последующая цифра указывает условный (порядковый) номер сплава. | Сплав марки ОТ4 – титановый сплав, обрабатываемый давлением, на основе системы Ti – Al – Mn с условным номером 4 |
| <i>22. Баббиты оловянные и свинцовые (ГОСТ 1320–74*)</i> | | |
| Б88, Б83, Б16, БН | Буква «Б» обозначает баббит; Н – никель, С – свинец. Цифра показывает среднюю массовую долю олова (%). | Б88 – оловянный баббит, средняя массовая доля олова составляет 88% |
| <i>23. Припои оловянно-свинцовые (ГОСТ21930–76*)</i> | | |
| ПОС90, ПОС61М, ПОСК50-18 | Буквы «ПОС» обозначают припой оловянно-свинцовый; Су – сурьма, М – медь, К – кадмий. Первая цифра указывает содержание олова, вторая цифра – содержание легирующего элемента. | ПОССу 25-0,5 – оловянно-свинцовый припой, олово 25%, сурьмы 0,5% |

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Адаскин, Анатолий Матвеевич.** Материаловедение в машиностроении: учебник для бакалавров / А.М. Адаскин, Ю.С. Седов, А.К. Онегина, В.Н. Климов. – Москва: Издательство Юрайт, 2013. – 535 с.: ил. – (Серия: Бакалавр. Углубленный курс). – Библиогр.: с. 533-535. – ISBN 978-5-9916-2867-9

2. **Волков, Георгий Михайлович.** Материаловедение: учебник для технических вузов по немашиностроительным направлениям и специальностям / Г. М. Волков, В. М. Зуев. – Москва: Академия, 2008. – 398 с.: ил. – (Высшее профессиональное образование, Технические специальности). – Библиогр.: с. 394.— ISBN 978-5-7695-4248-0.

3. **Гелин, Феликс Давыдович.** Металлические материалы: Справочник. Минск: Высшая школа, 1987. – 368 с. – Библиогр.: с. 361. – Предм. указ.: с. 362-366.

4. **Геллер, Юлий Александрович.** Материаловедение: учебное пособие для вузов/ Ю. А. Геллер, А. Г. Рахштадт; под ред. А. Г. Рахштадта. – Изд. 6-е, перераб. и доп. – Москва : Металлургия, 1989. – 456 с.: ил., табл. – Библиогр.: с. 452. – Предм. указ.: с. 453-455. – ISBN 5-229-00228-X.

5. **Гуляев, Александр Павлович.** Металловедение: учебник для вузов / А. П. Гуляев. – 6-е изд., перераб. и доп. – Москва: Металлургия, 1986. – 542 с.: ил., табл. – Библиогр. в конце гл. – Предм. указ.: с. 538-542.

6. **Дриц, Михаил Ефремович.** Технология конструкционных материалов и материаловедение: учебник для немашиностроительных специальностей вузов/ М. Е. Дриц, М. А. Москалев. – Москва : Высшая школа, 1990. – 447 с. : ил. – Библиогр.: с. 434-435. – Предм. указ.: с. 436-440. – ISBN 5-06-000144-X.

7. **Журавлев, Виталий Никанорович.** Машиностроительные стали: справочник/ В. Н. Журавлев, О. И. Николаева. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1992. – 480 с.: ил., табл. – Библиогр.: с. 470-474. – ISBN 5-217-01306-0.

8. **Золоторевский, Вадим Семенович.** Механические свойства металлов: учебник для вузов по специальности "Металловедение, оборудование и технология термической обработки металлов"/ В. С. Золоторевский. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва: Металлургия, 1983. – 350 с.: ил., табл. – Библиогр.: с. 347. – Предм. указ.: с. 348-350.

9. **Иванов, Генрих Павлович.** Надежность материала в технических расчетах/ Г.П. Иванов, А.А. Худошин, В.С. Котельников, Ю.В. Кадушкин/ Под ред. Д.В. Бушенина. – Владимир: Издательство «Посад», 2002. – 128 с.: ил., табл. – Библиогр.: с. 124-125.

10. **Колачев, Борис Александрович.** Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов : учебное пособие для вузов по специальности " Металловедение и технология термической обработки металлов"/ Б. А. Колачев, В. А. Ливанов, В. И. Елагин. – Изд. 3-е, испр. и доп. – Москва: МИСИС, 2001. – 414 с.: ил., табл. – Библиогр.: с. 412-413. – ISBN 5-8763-027-8

11. Композиционные материалы : справочник/ В. В. Васильев [и др.]; под общ. ред. В. В. Васильева; Ю. М. Тарнопольского. – Москва: Машиностроение, 1990. – 510 с.: ил., табл. – Библиогр. в конце гл. – Предм. указ.: с. 502-510. – ISBN 5-217-01113-0.

12. Конструкционные материалы: справочник/ Б. Н. Арзамасов [и др.]; под ред. Б. Н. Арзамасова.— Москва: Машиностроение, 1990.— 687 с.: ил., табл. — (Основы проектирования машин).— Библиогр. в конце гл. — Предм. указ.: с. 683-687.— ISBN 5-217-01112-2.

13. **Лахтин, Юрий Михайлович.** Материаловедение: учебник для вузов / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1990. – 528 с.: ил. – (Для вузов). – Библиогр.: с. 520. – Предм. указ.: с. 521-523. – ISBN 5-217-00858-X.

14. **Лейкин, Абрам Ефимович.** Материаловедение. Учебник для для машиностроительных специальностей вузов/ А.Е. Лейкин, Б.И.Родин. – М.: Высшая школа, 1971. – 416 с.: ил. – Библиогр.: с.409.

15. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учебное пособие для вузов по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии"/ А. В. Шишкин [и др.]; под ред. В. С. Чердынченко. – 2-е изд., стер. – Москва: Омега-Л, 2006. – 752 с. : ил., табл. – (Высшее техническое образование). – Библиогр.: с. 719-720. – Предм. указ.: с. 721-742. – ISBN 5-365-00041-2.

16. Материаловедение: учебник для вузов/ Б. Н. Арзамасов [и др.]; под ред. Б. Н. Арзамасова. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – Москва: Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (МГТУ), 2001. – 646 с., [1] л. портр.: ил., табл. – (Учебник для технических вузов). – Библиогр.: с. 630-631. – Предм. указ.: с. 632-637. – ISBN 5-7038-1860-5.

17. **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

18. **Материаловедение и технология конструкционных материалов:** учебник для вузов по направлению "Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств" и "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"/ В. Б. Арзамасов [и др.]; под ред. В. Б. Арзамасова, А. А. Черепяхина. – 2-е изд., стер. – Москва: Академия, 2009. – 447 с. : ил., табл. – (Высшее профессиональное образование, Машиностроение). – Библиогр.: с. 442-443. – ISBN 978-5-7695-6499-4.

19. **Материаловедение и технология металлов:** учебник для вузов / Г. П. Фетисов [и др.]; под ред. Г. П. Фетисова. – Изд. 4-е, испр. и доп. – Москва: Высшая школа, 2006. – 862 с. – Авт. указаны на обороте тит. л. – Библиогр.: с. 849-854 . – ISBN 5-06-004418-1.

20. **Материалы в машиностроении: выбор и применение:** справочник в 5 т. / под ред. И. В. Кудрявцева.— Москва: Машиностроение, 1967. – Т. 1: Цветные металлы и сплавы / И. А. Алексахин [и др.]; под ред. Л. П. Лужникова. – 1967. – 304 с. : ил. – Библиогр. в конце гл. – Предм. указ.: с. 292-304.

21. **Мозберг, Рудольф Карлович.** **Материаловедение:** учебное пособие для вузов / Р. К. Мозберг. – Изд. 2-е, перераб. – Москва: Высшая школа, 1991. – 448 с.: ил. – ISBN 5-06-001909-8.

22. **Пикунов, Михаил Владимирович.** **Металловедение/** М.В.Пикунов, А.И. Десипри. – М.: Металлургия, 1980. – 256 с. – Библиогр.: с. 250-251. – Предм. указ.: с. 252-254.

23. **Плошкин, Всеволод Викторович.** **Материаловедение:** учебное пособие/ В.В. Плошкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2011. – 463 с. – Серия: Основы наук. – Библиогр.: с. 496. – ISBN 978-5-9916-1222-7

24. **Ржевская, Светлана Владимировна.** **Материаловедение:** учебник для вузов в области техники и технологии/ С. В. Ржевская. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – Москва: Логос, 2006. – 421 с.: ил. – Библиогр.: с. 414-415. – Алф. указ.: с. 406-413. – ISBN 5-98704-179-Х.

25. **Рогов, Владимир Александрович.** **Современные машиностроительные материалы и заготовки:** учебное пособие для вузов по направлениям "Технология, оборудование и автоматизация машиностро-

тельных производств", "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств"/ В. А. Рогов, Г. Г. Позняк. – Москва: Академия, 2008 . – 330 с.: ил. – (Высшее профессиональное образование, Машиностроение). – Библиогр.: с. 324-325. – ISBN 978-5-7695-4254-1.

26. **Рощин, Василий Ефимович.** Электрометаллургия и металлургия стали: учебник/ В.Е. Рощин, А.В. Рощин.– 4-е изд., перераб. и доп.– Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 572 с. – Библиогр.: с.571-572. – ISBN 978-5-696-04354-8

27. **Рыжонков, Дмитрий Иванович.** Наноматериалы: учебное пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э.Л. Дзидзигури.— Москва : Бинном. Лаборатория знаний, 2008 .— 365 с.: ил. — (Нанотехнология).— Библиогр.: с. 363 .— ISBN 978-5-94774-724-9.

28. **Сильман, Григорий Ильич.** Материаловедение: учеб. пособие для вузов/ Г.И. Сильман. – Москва: Издательский центр «Академия», 2008. – 336 с. – Библиогр.: с. 330-331. – ISBN 978-5-7695-4255-8

29. **Солнцев, Юрий Порфирьевич.** Материаловедение: учебник для вузов по металлургическим, машиностроительным и общетехническим специальностям/ Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин; под ред. Ю. П. Солнцева. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – Санкт-Петербург: Химиздат, 2004. – 735 с.: ил., табл.,схемы. – (Федеральная целевая программа "Культура России") (Учебник для вузов). – Библиогр.: с. 733 -735. – ISBN 5-93808-075-4.

30. **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.

31. **Химико-термическая обработка металлов и сплавов: справочник / Г. В. Борисенок [и др.];** под ред. Л. С. Ляховича. – Москва: Металлургия, 1981. – 424 с : ил. – Библиогр.: с. 404-419. – Предм. указ.: с. 420-422.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 3 |
| Содержание разделов дисциплины | 4 |
| Методические указания к изучению разделов дисциплины | 6 |
| Разделы дисциплины, выносимые на переаттестацию | 21 |
| Методические указания к изучению разделов, выносимых на переаттестацию | 23 |
| Приложение 1. Тематика реферативной работы | 26 |
| Приложение 2. Условные обозначения некоторых марок металлических материалов | 27 |
| Список рекомендованной литературы | 36 |