

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

Кафедра технологии функциональных и конструкционных материалов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
и контрольные задания
по дисциплине "Материаловедение"
для бакалавров технических направлений подготовки

Составитель:
Л.В. Картонова

Владимир 2018

УДК 620.22

Рецензент:

Кандидат технических наук,
доцент кафедры «Технология машиностроения»
Жданов Алексей Валерьевич

Методические указания и контрольные задания по дисциплине «Материаловедение»: для бакалавров технических направлений подготовки/ Сост.: Л.В.Картонова. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир, 2018. – 75 с.

Содержат методическое изложение разделов дисциплины «Материаловедение», подлежащих изучению бакалаврами технических направлений подготовки, контрольные вопросы для самопроверки. Приведены варианты заданий для выполнения контрольной работы, включающие вопросы и задачи по основным разделам курса. Предназначены для бакалавров технических направлений подготовки (12.03.05, 13.03.03, 15.03.04, 15.03.05, 22.03.01, 23.03.01, 23.03.03, 27.03.01, 27.03.02, 27.03.05, 28.03.02, 29.03.04).

Табл. 2. Ил. 10. Библиогр.: 25 назв.

ВВЕДЕНИЕ

Материаловедение – это наука, изучающая и устанавливающая взаимосвязь между составом, строением и свойствами металлов и сплавов и разрабатывающая пути изменения этих свойств.

На протяжении всей истории своего развития материаловедение являлось прикладной наукой, теоретические основы которой связаны с физикой и химией твердого тела. Современное состояние различных отраслей промышленности предъявляет повышенные требования к материалам и технологиям. Материаловедение – непрерывно развивающаяся наука, постоянно обогащающаяся за счет создания и использования эффективных и ресурсосберегающих материалов.

Целью дисциплины «Материаловедение» является обучение студентов научным основам выбора материала с учетом его состава, структуры, методов его упрочнения при одновременном достижении наиболее высокой технико-экономической эффективности.

В результате освоения данной дисциплины у студентов формируются основные общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции, отвечающие требованиям ФГОС ВО, и обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать: основные группы и классы современных материалов, их свойства и области применения; физическую сущность явлений, происходящих в материалах в условиях производства и эксплуатации изделий из них под воздействием внешних факторов (нагрева, охлаждения и др.), их влияния на структуру, а структуры – на свойства современных металлических и неметаллических материалов;

уметь: анализировать фазовые превращения при нагревании и охлаждении сплавов, пользуясь диаграммами состояния двойных систем; работать на световом микроскопе; выявлять на шлифах типичные структурные составляющие; проводить металлографический анализ промышленных сталей и чугунов, цветных металлов и сплавов;

определять твердость и механические свойства при статических и динамических испытаниях; анализировать результаты этих испытаний для сравнительной оценки сплавов и неметаллических материалов; принимать технически обоснованные решения по выбору материалов; оценивать и прогнозировать поведение материала и причин отказов продукции под воздействием на них различных факторов; назначать соответствующую обработку для получения заданных структур и свойств, обеспечивающих надежность продукции;

владеть: практическими навыками исследования материалов; навыками выбора материала и назначения его обработки.

Методические указания предназначены для бакалавров технических направлений подготовки:

13.03.03 «Энергетическое машиностроение»;

15.03.04 «Автоматизация производственных процессов и производств»;

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»;

22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»;

27.03.05 «Инноватика»;

28.03.02 «Наноинженерия»;

29.03.04 «Технология художественной обработки материалов»;

могут быть использованы при изучении дисциплин «Материаловедение и технология материалов», «Материаловедение и технология конструкционных материалов» бакалаврами следующих направлений подготовки:

12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии»;

23.03.01 «Технология транспортных процессов»;

23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»;

27.03.01 «Стандартизация и метрология»;

27.03.02 «Управление качеством» и др.

Формируемые компетенции указаны в рабочих программах.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Для успешного освоения дисциплины «Материаловедение» необходимо изучить разделы курса, научиться пользоваться рекомендуемой литературой и различными справочными изданиями.

Данное издание разработано таким образом, что им могли пользоваться бакалавры различных направлений подготовки, поэтому отсутствует нумерация тем и разделов. Название тем, подлежащих самостоятельному изучению, указывается в п. 6 рабочей программы дисциплины.

Необходимо иметь четкое представление, что все материалы обычно делят на металлические и неметаллические. Несмотря на то, что в промышленности используются различные материалы, основными конструкционными материалами являются металлические сплавы.

ЧАСТЬ I. МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

КЛАССИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ. КРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ

Все конструкционные материалы, как правило, подразделяют на металлические и неметаллические. На ряду с ними широко применяются материалы нового поколения, такие как композиционные и порошковые материалы, а также разрабатываются и внедряются наноструктурные и интеллектуальные материалы.

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 – неметаллы.

Необходимо отчетливо представлять, что металлы имеют кристаллическое строение, характеризующееся определенным законо-

мерным расположением атомов в пространстве. Изучите семь простых типов кристаллических решеток, а также три типа элементарных ячеек кристаллических решеток, наиболее характерных для металлов.

Уясните, что свойства реальных кристаллов определяются известными несовершенствами кристаллического строения. Рассмотрите дефекты кристаллического строения: точечные (нульмерные), линейные (одномерные) и поверхностные (двумерные). При этом необходимо разобраться в линейных несовершенствах (дислокациях), причинах их легкого перемещения в кристаллической решетке и влиянии на механические свойства. Следует иметь в виду, что помимо вышеперечисленных дефектов в металле имеются объемные дефекты (макродефекты), снижающие прочность, например, газовые пузыри, поры, неметаллические включения и т.п.

Вопросы для самопроверки

1. Какова классификация материалов?
2. Что такое элементарная ячейка?
3. Основные типы кристаллических решеток, их характеристика.
4. Перечислите основные типы элементарных ячеек, наиболее характерные для металлов.
5. Определите координационное число для ОЦК, ГЦК и ГПУ решеток.
6. Как определяется коэффициент компактности? Каковы значения коэффициента компактности для ОЦК, ГЦК и ГПУ решеток?
7. Каковы основные дефекты кристаллического строения? Опишите их влияние на прочность металла.
8. Что такое дислокация? Каково строение краевых и винтовых дислокаций?

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ МАТЕРИАЛОВ

Современная промышленность предъявляет к материалам самые разнообразные требования, зависящие от условий эксплуатации. В связи с этим требуется детальное изучение структуры и свойств материала, а также методов определения дефектов структуры и свойств материала в процессе его получения, обработки и эксплуатации.

Необходимо четкое представление о том, что именно структура в конечном итоге определяет свойства готовых изделий, их надежность и работоспособность. Ведущую роль при этом играет непосредственное изучение структуры, и именно структурный анализ лежит в основе оценки качества.

Исследование структуры металлических материалов ведется на макро- и микроуровнях. Кроме этого выделяют *мезоструктуру* и *наноструктуру*. Мезоструктура изучает особенности строения на пределе возможностей человеческого глаза. Введение этого уровня позволяет определять качество адгезионной связи в композиционных материалах.

Следует иметь в виду, что это достигается применением различных методов исследования свойств и структуры, дающих качественные и количественные оценки строения и поведения материалов в процессе производства, и эксплуатации. Данные методы дополняют и уточняют друг друга.

Изучение строения металлов невооруженным глазом или через лупу при небольших увеличениях (до 30 раз) называется *макроскопическим анализом (макроанализом)*.

Как указывалось выше в металлах могут образовываться опасные различные объемные дефекты, такие как трещины, раковины, посторонние включения, рыхлости и др. Это связано с технологическими процессами получения и обработкой металлов.

С целью выявления дефектов без разрушения целостности изделия разработаны различные методы дефектоскопии:

- для обнаружения поверхностных дефектов – магнитный, электромагнитный, капиллярный, люминесцентный;

- для обнаружения внутренних дефектов – ультразвуковой, радиационный (гамма – дефектоскопия), рентгеновский методы, которые позволяют не только обнаружить наличие дефектов, но и установить их форму и размеры.

Исследование макроструктуры дает общее представление о строении металлов и сплавов, однако позволяет выбрать характерные участки для более детального изучения.

Изучение внутреннего строения (структуры) металлов и сплавов начинается с помощью наиболее простого и широко распространенного метода – световой микроскопии.

Микроскопический анализ (микроанализ) заключается в определении строения металла и сплавов с помощью металлографического микроскопа (при увеличении в 50 – 2000 раз).

Необходимо отчетливо представлять, что оптический микроскоп не позволяет обнаружить кристаллы мельче 0,2 мкм. Это объясняется величиной разрешающей способности оптических микроскопов, определяемой волновой природой света. Поэтому применение увеличений более 2000 раз на таких микроскопах бесполезно, оно лишь приведет к изменению масштаба увеличения, а более мелкие объекты структуры так и останутся невидимыми.

Для исследования более тонких деталей структуры применяют *методы электронной микроскопии*, основанные на взаимодействии электронов с твердым телом. С этой целью используются просвечивающие электронные микроскопы и растровые (сканирующие) микроскопы. Разрешающая способность таких микроскопов значительно выше оптических, поэтому дает возможность детального изучения объектов размером до 0,1-0,5 нм.

Один из наиболее распространенных методов изучения атомно-кристаллической структуры металлов – *рентгеноструктурный анализ*. Наибольшую информацию рентгеноструктурный анализ дает при исследовании кристаллов. Он основан на отражении рентгеновских лучей от атомов кристаллической решетки и интерференции рентгеновских лучей, т. е. их способности усиливать или ослаблять (гасить) друг друга.

С целью обеспечения рационального выбора материала для изготовления деталей необходимо учитывать физические, химические, механические, технологические и эксплуатационные свойства.

Поведение металлов и сплавов под действием приложенных внешних сил определяет их механические свойства, которые позволяют для конкретного материала получить значение предельной нагрузки. Именно механические свойства определяют конструкционную прочность материала. Обратите внимание на то, что в зависимости от скорости приложения нагрузки различают статические и динамические методы определения данных свойств. Металлы и сплавы могут испытываться при пониженной, комнатной (нормальной) и повышенной температурах.

Изучите методы определения механических свойств и физический смысл определяемых при этом характеристик. Обратите внимание на методы определения твердости металлов, так как это самый распространенный и доступный вид механических испытаний. К тому знанию твердости дает представление о других механических и технологических свойствах. Методы измерения твердости можно классифицировать на: методы вдавливания (Бринелля, Роквелла, Виккерса, микротвердости, Полюди), 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 задачи и область применения макроструктурного анализа?
2. Перечислите макроскопические дефекты. Опишите их влияние на свойства металла.
3. Охарактеризуйте различные виды изломов. Опишите особенности усталостного излома.
4. Каким методами можно выявить поверхностные дефекты?

5. Каким образом можно определить наличие в металле глубоко залегающей раковины?
6. С какой целью применяется микроструктурный анализ?
7. На каком физическом явлении основан рентгеноструктурный анализ?
8. Что понимают под механическими свойствами?
9. Как определяется предел прочности?
10. Что такое твердость? В чем заключается различие методов определения твердости?
11. Что такое ударная вязкость? Каким способом ее определить?
12. Какие свойства относятся к физическим свойствам?
13. Что понимают под химическими свойствами?
14. Какие свойства относятся к технологическим и эксплуатационным свойствам?

Пластическая деформация и влияние нагрева на строение и свойства деформированного металла

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

Рассмотрите сущность рекристаллизационных процессов протекающих при нагреве деформированного металла. Необходимо отчетливо представлять, как изменяются при этом структура и свойства металлов и сплавов. Рассмотрите как определяется температурный порог рекристаллизации. При этом необходимо понимать практическое значение температуры рекристаллизации.

Вопросы для самопроверки

1. Что представляют собой напряжения? Виды напряжений.
2. Что такое деформация? Виды деформации.
3. Как происходит пластическая деформация?
4. Каково влияние степени деформации на свойства материалов?
5. Как происходит разрушение? Чем отличается вязкое и хрупкое разрушение?
6. Как изменяется плотность дислокаций при пластической деформации?
7. Чем объясняется деформационное упрочнение (наклеп)?
8. Как влияет наклеп на механические и технологические свойства?
9. Как влияет температура на свойства деформированного тела?
10. Что представляют собой процессы возврата? Как они влияют на свойства деформированного металла?
11. Что происходит при полигонизации?
12. В чем сущность процессов первичной и собирательной рекристаллизации? Механизмы роста зерна.
13. Как рассчитывают температуру рекристаллизации?
14. Каким образом влияет состав металлического материала на температуру рекристаллизации?
15. Как влияет степень деформации на размеры рекристаллизованного зерна?
16. Что понимают под критической степенью деформации?
17. Какого назначения рекристаллизационного отжига?
18. В чем различие между холодной и горячей пластической деформациями? Приведите примеры.

Кристаллизация

Как известно, любое вещество может находиться четырех агрегатных состояниях: твердом, жидком, газообразном и плазменном. Следует понимать, что агрегатное состояние определяется энергией взаимодействия атомов. Стабильным состоянием является состояние, при котором оно обладает минимальной свободной энергией.

Изучите теоретические основы кристаллизации. Обратите внимание на то, что кристаллизацию можно рассматривать, как протекание двух элементарных процессов: зарождения и роста кристаллов. Изучите взаимосвязь между величиной зерна, скоростью зарождения, скоростью роста кристаллов и степенью переохлаждения. При этом следует отчетливо представлять, что при большом количестве центров кристаллизации наблюдается малая скорость роста, поэтому образуется мелкозернистая структура. И наоборот, при малом количестве центров кристаллизации – большая скорость роста, следовательно образуется крупнозернистая структура.

Уясните, что решающее значение в формировании структуры литого металла принадлежит реальной среде. Однако процессом кристаллизации можно управлять, регулируя число центров кристаллизации и скорость охлаждения.

Вопросы для самопроверки

1. В каких агрегатных состояниях находятся вещества?
2. Что такое кристаллизация? Почему на кривой охлаждения наблюдается горизонтальный участок?
3. Что понимают под степенью переохлаждения?
4. Опишите влияние степени переохлаждения на число центров кристаллизации, скорость роста кристаллов и размер зерна.
5. Что такое дендрит? Почему происходит образование дендритной структуры?
6. Как влияет реальная среда на процесс кристаллизации?
7. Опишите строение кристаллического слитка.

8. В чем сущность модифицирования?
9. Как получить отливку с мелкозернистой структурой?

Теория сплавов

С целью обеспечения необходимых механических и эксплуатационных свойств в качестве конструкционных и инструментальных материалов широко применяются металлические сплавы, так как чистые металлы имеют низкую прочность и невысокие технологические свойства.

Изучите строение сплавов в твердом состоянии. При этом рассмотрите типы сплавов: механические смеси, твердые растворы (внедрения и замещения), химические соединения. Необходимо отчетливо представлять, что в условиях равновесия закономерности существования устойчивых фаз определяются по правилу фаз (закон Гиббса), которое устанавливает количественную зависимость между числом степеней свободы, количеством компонентов, числом факторов и числом фаз. Следует иметь в виду, что для металлических сплавов при работе в атмосферных условиях давление постоянно, поэтому при определении числа степеней свободы учитываем только один фактор – температуру.

Особое внимание уделите основным видам диаграмм состояния. Следует иметь в виду, что между типом диаграмм состояния и свойствами существует определенная зависимость, установленная Курнаковым.

Вопросы для самопроверки

1. Что представляет собой металлический сплав?
2. Что представляют собой механические смеси? Дайте характеристику.
3. Что такое твердый раствор внедрения? Каковы особенности таких растворов?

4. Что представляет собой твердый раствор замещения? Каковы условия образования таких растворов?
5. Что такое химическое соединение?
6. Что такое электронные соединения? Как определяется электронная концентрация?
7. Что представляет собой правило фаз? Дайте определение фазы.
8. Постройте кривую охлаждения для чистого металла с помощью правила фаз.
9. Что такое диаграмма состояния? Каким образом строят диаграммы состояния?
10. Типы диаграммы состояния.
11. Начертите диаграмму состояния сплава, образующего механическую смесь из чистых компонентов. Постройте кривую охлаждения для эвтектического сплава с помощью правила фаз.
12. Что такое эвтектика? Каковы особенности эвтектического превращения?
13. Начертите диаграмму состояния сплавов с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии. Постройте кривую охлаждения для любого сплава с помощью правила фаз.
14. Начертите и проанализируйте диаграмму состояния для случая с ограниченной растворимостью.
15. Что представляет собой эвтектоидное превращение? В чем заключается различие между эвтектоидным и эвтектическим превращениями?
16. Что представляет собой перитектическое превращение? Каковы его особенности?
17. Что характеризует правило Курнакова?

Железо и его сплавы

Рассмотрите компоненты и фазы в системе железо-углерод. При этом обратите внимание на полиморфизм железа. Изучите диаграмму железо-цементит, все фазы и структурные составляющие этой систе-

мы. Необходимо отчетливо представлять, что феррит и аустенит являются твердыми растворами, перлит и ледебурит – механические смеси, цементит – химическое соединение. Рассмотреть основные превращения, протекающие в сплавах при температурах A_1 , A_3 и $A_{ст}$. С этой целью постройте кривые охлаждения (или нагревания) для любого сплава с помощью правила фаз. Необходимо четко разбираться в классификации железоуглеродистых сплавов. При этом следует понимать, что различие (по содержанию углерода) между техническим железом, сталью и чугуном не является формальным. 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.

Изучите диаграмму железо – графит, а так же физическую сущность графитизации. Следует иметь в виду, что эта диаграмма по графическому начертанию близка к диаграмме железо – цементит. При этом необходимо знать, что 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. Рассмотрите влияние постоянных примесей на свойства стали. Изучите классификацию углеродистых сталей.

Рассмотрите классификацию чугунов. При этом следует понимать, что углерод, находящийся 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). Также необходимо знать, что свойства чугунов находятся в прямой зависимости от формы графитовых включений. Разберитесь в различии металлической основы серых чугунов разных классов. Изучите основные механические свойства (прочность, пластичность) и назна-

чение чугунов разных классов, и их маркировку. Обратите внимание на способы получения ковких и высокопрочных чугунов. Рассмотрите влияние постоянных примесей на строение чугуна.

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите в каких аллотропных формах может существовать железо в сплавах системы железо – углерод?
2. Как называется линия *ABCD*?
3. Как называется линия *АНЖЕСF*?
4. Что представляет собой феррит, аустенит, перлит, цементит и ледебурит?
5. Чем отличается строение ледебурита при комнатной температуре и при температуре 800⁰С?
6. Объясните различие между сталью и чугуном.
7. Что происходит в железоуглеродистых сплавах при температурах A_1 , A_3 , и $A_{ст}$?
8. Постройте кривые охлаждения для стали с 0,8 % углерода и для чугуна с 4,3 % углерода с помощью правила фаз.
9. Каковы структуры и свойства технического железа?
10. Какова классификация углеродистых сталей в равновесном состоянии?
11. Какова классификация белых чугунов?
12. Какие легирующие элементы способствуют графитизации, а какие – препятствуют графитизации?
13. Сравните по структуре и механическим свойствам белые и серые чугуны. Чем объясняется различие структуры и свойств этих чугунов?
14. Чем отличается структура и свойства серого чугуна в сравнении с белым чугуном?
15. Как влияет форма графита на свойства чугуна? Сравните по структуре и механическим свойствам серый, ковкий и высокопрочный чугуны.

16. Как можно классифицировать серые чугуны? Маркировка серых чугунов.
17. Каким образом получают ковкие чугуны?
18. Каковы строение, свойства и назначение ковкого чугуна? Маркировка ковких чугунов.
19. Каким образом получают высокопрочные чугуны?
20. Каковы строение, свойства и назначение высокопрочных чугунов. Маркировка высокопрочных чугунов.

Теория термической обработки стали

Как известно, в технологии металлов выделяют три основных вида: металлургию (получение металла заданного состава), механическую технологию (получение из металла деталей с заданными размерами и формой) и термическую обработку (получение требуемых свойств). Следует понимать, что основная цель термической обработки (ТО) заключается в изменении структуры, что ведет к изменению свойств.

Рассмотрите классификацию видов термической обработки. Изучите основные превращения, протекающие в сталях при термической обработке: перлита в аустенит, аустенита в перлит, аустенита в мартенсит, мартенсита в феррито-карбидную смесь (превращение при отпуске). Разберите диаграмму изотермического распада, устанавливающую связь между температурными условиями превращения, интенсивностью распада и строением продуктов распада. Разберитесь в механике и особенностях перлитного, промежуточного (бейнитного) и мартенситного превращений. При этом изучите строение и свойства перлита, сорбита, троостита, верхнего и нижнего бейнита, мартенсита, отпускных структур (мартенсита отпуска, троостита отпуска, сорбита отпуска). Следует уяснить, что перлит, сорбит, троостит имеют одну природу – это феррито-цементитная смесь). Обратите внимание на различия и сходства 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. Что такое термическая обработка? Основные виды термической обработки.
2. Какие превращения протекают в сталях при нагреве? Поясните механизм образования аустенита.
3. Что понимают под начальным зерном, наследственным зерном и действительным зерном?
4. Как влияет размер зерна аустенита на свойства стали? Каким образом можно сдержать рост зерна аустенита?
5. Какое основное превращение протекает в сталях при медленном охлаждении?
6. Нарисуйте диаграмму изотермического распада аустенита. Укажите на ней температурные области образования структур перлитного типа (перлита, сорбита, троостита).
7. Каковы механизмы образования структур перлитного типа? Чем отличаются они друг от друга?
8. Что такое промежуточное превращение? Поясните механизм этого превращения. Сравните структуру и свойства верхнего и нижнего бейнита.
9. Опишите сущность и особенности мартенситного превращения. Что такое мартенсит? Какие строение и свойства он имеет?
10. Что такое остаточный аустенит? Почему он сохраняется в структуре некоторых сталей при закалке? Опишите влияние остаточного аустенита на свойства сталей.
11. Какие превращения протекают при отпуске закаленной стали? Опишите сущность этих превращений. Как при этом изменяются структура и свойства стали?

12. В чем заключаются различия и сходства одноименных структур, получаемых при распаде аустенита и отпуске закаленной стали?
13. Как влияют легирующие элементы на изотермический распад аустенита?
14. Как влияют легирующие элементы на мартенситное превращение?
15. Как влияют легирующие элементы на превращения при отпуске?
16. Как влияет температура отпуска на ударную вязкость?
17. Что представляет собой отпускная хрупкость? В каких сталях она проявляется особенно сильно? Как устранить отпускную хрупкость второго рода?

Практика термической обработки

Рассмотрите виды отжига. Обратите внимание, что на практике используются два принципиально отличающихся друг от друга вида отжига – отжиг I рода и отжиг II рода. Следует иметь в виду, что особенностью всех разновидностей отжига I рода является то, что они протекают независимо от того, идут ли при этом фазовые превращения или нет. К ним относятся, диффузионный (гомогенизация), рекристаллизационный (низкий), отжиг для снятия внутренних напряжений. Отжиг II рода основан на фазовом превращении: полный, неполный, изотермический и нормализационный (нормализация) отжи-ги. Необходимо понимать, что отжиг выполняется для уменьшения внутренних напряжений, устранения химической и структурной неоднородности, получения мелкозернистой структуры, а также для понижения твердости для облегчения механической обработки.

Изучите химическое действие нагревающей среды и охлаждающие среды.

Разберите различие между закаливаемостью и прокаливаемостью стали, а также изучите факторы, влияющие на эти характеристики. Обратите внимание, что увеличение прокаливаемости достигается

легированием стали. Количественной характеристикой прокаливаемости является критический диаметр.

Уясните, что быстрое охлаждение стали при закалке предотвращает превращение из аустенита в перлит. Упрочнение достигается в результате образования неравновесных структур. Изучите виды закалки. Следует отчетливо понимать, что доэвтектоидные стали следует подвергать полной закалке для того, чтобы предотвратить сохранение ферритной составляющей. Для заэвтектоидных сталей выполняют неполную закалку, в результате которой образуется мартенсит, обеспечивающий твердость, и цементитная составляющая, сохранение которой придаст стали износостойкость.

Изучите различные способы закалки.

С целью получения особого сочетания свойств поверхностного слоя и сердцевины на практике выполняют поверхностную закалку, что приводит к повышению эксплуатационных характеристик деталей. При этом закалку могут производить с индукционного нагрева, а также с газопламенным нагревом и при нагреве лазером.

Изучите термомеханическую обработку, рассмотрите ее виды.

Следует понимать, что сталь после закалки находится в структурно напряженном состоянии. Для того чтобы уменьшить остаточные напряжения выполняют отпуск. Уясните, что чем выше температура отпуска и чем больше его продолжительность, тем в большей степени снимаются внутренние напряжения.

Рассмотрите обработку холодом. При этом обратите внимание, что ей подвергают высокоуглеродистые стали с целью уменьшения количества остаточного аустенита. Следует иметь в виду, что данной обработке подвергают стали сразу после закалки, а также необходимо учитывать, что происходит увеличение объема стали.

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

Вопросы для самопроверки

1. Что такое отжиг I рода? Его разновидности и назначение.

2. Чем отличается отжиг II рода от отжига I рода?
3. Какие разновидности отжига II рода вы знаете? Их назначение.
4. Какое химическое действие оказывает нагревающая среда на сталь?
5. Какие виды закалки вы знаете?
6. Как устанавливают температуру закалки? Какую закалку рекомендуют проводить для стали 40?
7. Почему для заэвтектодных сталей выполняют неполную закалку?
8. Что такое закаливаемость?
9. Что понимают под прокаливаемостью? Как увеличить прокаливаемость?
10. Какие охлаждающие среды вы знаете?
11. Способы закалки.
12. Какова сущность поверхностной закалки? Какое влияние она оказывает на эксплуатационные свойства стальных деталей?
13. Сущность термомеханической обработки.
14. Почему низкотемпературная термомеханическая обработка не получила широкого распространения?
15. Какие виды отпусков вы знаете? Их назначение
16. Что такое обработка холодом?
17. Какими технологическими приемами можно уменьшить деформацию, возникающую при термической обработке?

Химико-термическая обработка стали

Как известно, процесс химико-термической обработки (ХТО) состоит из выделения атомарного насыщающего вещества внешней средой (диссоциации среды), адсорбции этих атомов поверхностью металла и диффузии их внутрь металла. Как правило, насыщение может происходить из твердой, жидкой и газообразной сред.

Изучите технологии проведения отдельных видов химико-термической обработки: цементацию, азотирование, нитроцементация

цию, цианирование, борирование, силицирование и различных видов диффузионной металлизации (алитирование, хромирование). Уясните преимущества и области использования данных видов химико-термической обработки.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое химико-термическая обработка? Виды ХТО.
2. Что такое цементация? Виды цементации.
3. Какие стали подвергают цементации?
4. Сравните цементацию в твердом карбюризаторе с газовой цементацией?
5. Каким образом и с какой целью назначают термическую обработку после цементации?
6. Что такое азотирование? Какие стали подвергаются азотированию?
7. Что такое нитроцементация и цианирование? С какой целью они выполняются? Чем заключается различие между нитроцементацией и цианированием?
8. Каковы свойства цементованных, азотированных, нитроцементованных и цианированных стальных деталей?
9. В чем сущность процесса борирования? Каковы его назначение и свойства борированных стальных деталей?
10. В чем заключается сущность силицирования? Какого назначения данного процесса?
11. С какой целью проводят диффузионное насыщение металлами?
12. В чем заключается сущность процесса алитирования?
13. В чем заключается сущность процесса хромирования?

Конструкционные стали и сплавы

Изучите классификацию сталей по структуре в равновесном состоянии и по назначению. При этом рассмотрите углеродистые кон-

структурные стали: автоматные, обыкновенного качества, качественные, высококачественные.

Уясните влияние легирующих элементов на структуру и свойства стали. Рассмотрите классификацию легированных сталей по назначению. При этом изучите стали общего (цементируемые, улучшаемые, высокопрочные) и специализированного (шарикоподшипниковые, рессорно-пружинные, износостойкие) назначения, а также стали с особыми свойствами (нержавеющие, жаропрочные и др). При этом обратите особое внимание на технологические особенности термической обработки легированных сталей различных групп.

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

Уясните принципы маркировки стали, научитесь по марке определять группу, состав и особенности данной стали. Для этого возьмите одну-две марки стали из каждой группы, расшифруйте их состав, назначьте режим термической обработки, опишите структуру стали до и после термической обработки, свойства и область применения.

Вопросы для самопроверки

1. Какова классификация углеродистых сталей по структуре в равновесном состоянии?
2. С какой целью применяют автоматные стали? Как маркируются данные стали?
3. Какие требования предъявляются к сталям обыкновенного качества?
4. Расшифруйте следующие марки сталей: Ст3, Ст3кп, Ст4пс.
5. Какие требования предъявляются к качественным сталям и высококачественным сталям? Напишите по две марки этих сталей.
6. Какие требования предъявляются к автоматным сталям?

7. Какие элементы Периодической системы Д.И. Менделеева могут использоваться в качестве легирующих элементов в сталях?
8. Опишите влияние легирующих элементов на свойства сталей.
9. Какова классификация легированных сталей по назначению?
10. Каким образом выбираются марки цементируемых сталей?
11. Что такое улучшение? Какие стали подвергаются улучшению?
12. Как определяются режимы термической обработки улучшаемых сталей? Как изменяется структура и свойства улучшаемых сталей после улучшающей термической обработки?
13. Какие стали относятся к высокопрочным сталям?
14. Каковы особенности мартенситностареющих сталей?
15. Какие требования предъявляются к высокопрочным сталям с высокой пластичностью (ТРИП- или ПНП-сталей)?
16. Каковы особенности шарикоподшипниковых сталей? Назовите состав и режимы термической обработки стали ШХ9.
17. Каковы особенности рессорно-пружинных сталей?
18. Приведите пример марки стали для изготовления рессор и пружин, назовите ее состав и назначьте режимы термической обработки.
19. Каковы особенности износостойких сталей? Какой термической обработке они подвергаются? Опишите структуру, получаемую в результате такой обработки.
20. Какие требования предъявляются к нержавеющей сталям? Чем объясняется их высокая коррозионная стойкость?
21. Какова классификация жаропрочных сталей? Опишите состав и свойства жаропрочных сталей.
22. Что понимается под окалиностойкостью?
23. В чем сущность явления ползучести? Объясните физический смысл предела ползучести и предела длительной прочности.
24. Какие дефекты свойственны легированным сталям? Каковы причины их возникновения?

25. Расшифруйте химический состав стали марок: 45, 20ХН3А, 50ХФА, ШХ15, Г13, 15Х25Т, Н18К9М5Т, 30Х9Н8М4Г2С2, 40ХФА, 18Х12ВМБФР.

26. Какие требования предъявляются к строительным сталям?

Инструментальные стали

Рассмотрите классификацию инструментальных сталей, а также требования, предъявляемые к инструменту каждой группы, и их основные эксплуатационные свойства. Уделите внимание термической обработке инструментальных сталей. При изучении быстрорежущих сталей и особенностей их термической обработки, имейте в виду, что после закалки в структуре остается большое количество остаточного аустенита, что снижает эксплуатационные свойства. Для его устранения после закалки проводят трехкратный высокий отпуск или обработку холодом.

Обратите внимание на условия работы штампов для деформирования металла. Для штамповки в холодном состоянии сталь, из которой изготавливают штамп, должна иметь высокую твердость и износостойкость, что обеспечивается высоким содержанием углерода. Следует иметь в виду, что в современных условиях производства углеродистые стали мало применимы для изготовления штампов, так как требуется высокая интенсивность штамповки. Стали для штампов горячего деформирования должны быть теплостойкими, а также обеспечивать для лучшего отвода теплоты высокую теплопроводность.

Рассмотрите твердые сплавы и их особенности.

Усвойте принципы маркировки инструментальных сталей, научитесь по марке определять состав и особенности данной стали. Для этого возьмите одну-две марки стали из каждой группы, расшифруйте их состав, назначьте режим термической обработки, опишите структуру стали до и после термической обработки, свойства.

Рассмотрите материалы для контрольно-измерительного инструмента.

Вопросы для самопроверки

1. Классификация инструментальных сталей.
2. Какие требования предъявляются к инструментальным материалам? Какие стали используются для изготовления режущего инструмента?
3. Почему углеродистые стали имеют ограниченное применение в качестве инструментальных материалов?
4. Каковы особенности термической обработки быстрорежущих сталей? С какой целью проводят трехкратный высокий отпуск этих сталей?
5. Приведите марки быстрорежущих сталей.
6. Какие стали используются для штампов холодного и горячего деформирования? Какой термической обработке подвергаются данные стали?
7. Приведите марки сталей для штампов холодного и горячего деформирования?
8. Что такое твердые сплавы? Классификация, получение и применение твердых сплавов?
9. Приведите марки титановольфрамовых и титанотанталовольфрамовых твердых сплавов.
10. Какие требования предъявляются к сталям для измерительного инструмента? Какие марки сталей применяются для его изготовления?

Специальные сплавы с особыми физическими свойствами

В данном разделе изучают стали и сплавы, обладающие особыми физическими свойствами: с особыми магнитными свойствами, с особыми электрическими свойствами, с заданным коэффициентом линейного расширения и модулем упругости. Уясните требования, предъявляемые к каждой группе сплавов, и их назначение.

Рассмотрите аморфные сплавы.

Вопросы для самопроверки

1. Классификация магнитных сталей и сплавов.
2. Где применяются магнитотвердые материалы? Опишите их свойства и свойства.
3. Приведите примеры магнитомягких материалов. Опишите требования, предъявляемые к магнитомягким сталям.
4. Какие стали являются парамагнитными? Чем объясняется отсутствие магнитных свойств? Каким образом можно повысить прочность таких сталей?
5. Какова классификация материалов с особыми электрическими свойствами? Укажите требования, предъявляемые к этим материалам.
6. Приведите примеры сплавов с особыми тепловыми свойствами. Опишите состав, свойства и область применения этих материалов.
7. Приведите примеры сплавов с особыми упругими свойствами. Опишите состав, свойства и область применения этих материалов.
8. Какие сплавы являются аморфными? Что представляют собой металлические стекла? Опишите получение металлических стекол.

Медь и ее сплавы

Изучите строение, свойства и область применения меди. Обратите внимание, что в качестве конструкционного материала из-за низкого значения предела текучести и высокой стоимости чистая медь находит ограниченное применение.

Рассмотрите классификацию медных сплавов.

Уясните принципы маркировки медных сплавов, научитесь по марке определять группу, состав и особенности сплава. Для этого возьмите одну-две марки сплава из каждой группы, расшифруйте их состав, опишите структуру, способ упрочнения, свойства и область применения, назначьте возможную термическую обработку.

Вопросы для самопроверки

1. Как влияют примеси на свойства чистой меди?
2. Как классифицируются медные сплавы по способу производства и по химическому составу?
3. Что такое латунь? Какую структуру имеет латунь, содержащая 10% цинка и 40% цинка?
4. Укажите марки деформируемых и литейных латуней.
5. Какова область применения латуней?
6. Чем бронзы отличаются от латуней? Как влияет олово на свойства бронз?
7. Область применения безоловянистых бронз, их свойства.
8. Какой термической обработке подвергают бериллиевые бронзы? Объясните механизм упрочнения.
9. Приведите примеры медно-никелевых сплавов. Укажите их состав и область применения.

Алюминий и его сплавы

Изучите строение, свойства и область применения алюминия.

Рассмотрите классификацию алюминиевых сплавов. Уясните, что сплавы на основе алюминия отличаются высокими механическими свойствами при малой плотности, что позволяет получить значительную удельную прочность. Сочетание легирующих элементов и их количество определяется назначением сплава.

Уясните технологический способ изготовления изделий из сплавов каждой группы. Изучите основы теории термической обработки алюминиевых деформируемых сплавов. Следует отчетливо понимать, что сразу после закалки происходит разупрочнение дуралюмина, упрочнение достигается последующим старением (естественным или искусственным).

Изучите принципы маркировки алюминиевых сплавов, научитесь по марке определять группу, состав и особенности сплава. Для этого возьмите одну-две марки сплава из каждой группы, расшифруй-

те их состав, опишите структуру, способ упрочнения, свойства и область применения, назначьте возможную термическую обработку.

Вопросы для самопроверки

1. Назовите отличительные свойства алюминия и его сплавов.
2. Как классифицируются алюминиевые сплавы по технологии изготовления и способности упрочнения термической обработкой?
3. Приведите примеры литейных алюминиевых сплавов. Приведите примеры их марки, состав, обработку, свойства.
4. С какой целью проводят модифицирование силуминов? Сравните структуру и свойства сплава АК12 (АЛ2) до и после модифицирования.
5. Приведите примеры алюминиевых деформируемых сплавов.
6. Какие алюминиевые сплавы упрочняются термической обработкой?
7. В чем сущность старения? Сравните результаты естественного и искусственного старения дуралюмина.
8. Назовите жаропрочные алюминиевые сплавы. При каких температурах они могут работать?

Титан и его сплавы

Изучите строение, свойства и область применения титана.

Следует иметь в виду, что титан и его сплавы имеют высокую удельную прочность и хорошую коррозионную стойкость, однако сплавы на основе титана получили значительно большее применение, чем технический титан.

Изучите классификацию титановых сплавов.

Рассмотрите влияние легирования на полиморфные превращения. Уясните термическую обработку титановых сплавов.

Изучите принципы маркировки титановых сплавов.

Вопросы для самопроверки

1. Какими характерными свойствами обладает титан и сплавы на его основе? Их свойства и область применения.
2. Как влияют легирующие элементы на полиморфные превращения титана?
3. Назовите легирующие элементы, являющиеся α - стабилизаторами? Что такое псевдо- α -сплавы?
4. Назовите β -стабилизаторы. Что такое псевдо- β -сплавы?
5. Какие легирующие элементы не влияют на полиморфные превращения титана?
6. Какую термическую обработку применяют для титановых сплавов?

Магний и его сплавы

Изучите строение, свойства и область применения магния. Обратите внимание на то, что чистый магний не применяется в качестве конструкционного материала.

Рассмотрите классификацию магниевых сплавов, изучите влияние легирующих элементов на их свойства. Обратите внимание, что деформируемые сплавы подразделяются так же, как и алюминиевые сплавы, на упрочняемые и неупрочняемые термической обработкой. Изучите возможную термическую обработку этих сплавов.

Уясните принципы маркировки магниевых сплавов.

Вопросы для самопроверки

1. Какими характерными свойствами обладает магний и сплавы на его основе? Их свойства и область применения.
2. Классификация магниевых сплавов.
3. Какие требования предъявляются к магниевым сплавам?
4. Приведите примеры магниевых деформируемых сплавов. Почему возможна упрочняющая обработка этих сплавов?

5. Приведите примеры литейных магниевых сплавов. Дайте им характеристику.

ЧАСТЬ II. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

К неметаллическим материалам относятся полимерные материалы и материалы на их основе: различные виды пластических масс, каучуки и резины, пленкообразующие материалы (клеи, герметики, лакокрасочные покрытия), а также стекло и ситаллы, керамические материалы, графит.

Полимерные материалы

При изучении полимерных пластических материалов следует иметь в виду, что к ним относятся вещества, получаемые на основе природных или синтетических высокомолекулярных полимеров с очень большой молекулярной массой. В инженерной практике их называют пластмассами.

Рассмотрите особенности строения полимеров, которые определяют их физико-механические свойства. Изучите классификацию полимеров: по способу синтеза, виду наполнителя, отношению к нагреву, структуре, применению.

Следует иметь в виду, что основу термопластичных полимеров (термопластов) составляют полимеры с линейной или разветвленной структурой, в состав которых могут вводить пластификаторы. Основой терморезистивных полимеров (реактопластов) является химически затвердевающая терморезистивная смола, которая является связующим веществом. Такие полимеры при нагреве не плавятся, не взаимодействуют с топливом и со смазочными материалами, устойчивы против старения.

Вопросы для самопроверки

1. Какую структуру имеют полимеры?
2. Как классифицируют полимеры?
3. Какой состав имеют полимеры? С какой целью вводятся наполнители в пластмассы?
4. Какими свойствами обладают пластмассы? Назовите их область применения.
5. Каковы преимущества пластмасс по сравнению с металлическими материалами?
6. Какими недостатками обладают пластмассы?
7. Что такое термопласты? Их свойства и область применения.
8. Что представляют собой реактопласты? Назовите их свойства и область применения.
9. Охарактеризуйте свойства и область применения пластмасс с волокнистыми наполнителями.

Резиновые материалы

Следует отчетливо представлять, что резина является искусственным материалом, получаемым специальной обработкой (вулканизацией) смеси каучука с различными ингредиентами. Она имеет высокие эластичные свойства.

В процессе вулканизации линейные молекулы каучука соединяются поперечными химическими связями. Молекулярная структура резины представляет собой объемную сетку, способную к высокоэластичным деформациям благодаря невысокой плотности поперечных связей.

Изучите состав резиновых материалов способы получения и влияние различных добавок на их свойства.

Рассмотрите классификацию резиновых материалов. Ознакомьтесь со свойствами резины различных типов.

Вопросы для самопроверки

1. Как получают резиновые материалы? В чем сущность вулканизации?
2. Охарактеризуйте строение, состав и области применения резиновых материалов.
3. Назначение отдельных компонентов (ингредиентов).
4. Какова классификация резин?
5. Охарактеризуйте состав, свойства и применение резин общего назначения.
6. Охарактеризуйте состав, свойства и применение резин специального назначения.

Керамические материалы

При изучении керамических материалов следует понимать, что керамика – это большая группа неорганических поликристаллических материалов, получаемых в процессе высокотемпературного обжига из сформированных минеральных масс. Данные материалы могут отличаться по химическому составу, однако их объединяет технология получения.

Рассмотрите технологию получения керамики. Изучите химический и фазовый состав, свойства и области применения керамических материалов разных типов.

Вопросы для самопроверки

1. Как получают керамические материалы?
2. Как классифицируют керамические материалы?
3. Назовите основные соединения входящие в состав оптокерамики.
4. Какими характерными свойствами обладает хемокерамика?
5. Укажите недостатки керамических материалов.

ЧАСТЬ III. КОМПОЗИЦИОННЫЕ И НАНОСТРУКТУРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Композиционные материалы

Следует понимать, что композиционные материалы или композиты являются сложными материалами, состоящие из сильно отличающихся по свойствам нерастворимых или малорастворимых друг в друге компонентов, разделенных в материале ярко выраженной границей. Композит обладает свойствами, которыми не может обладать ни один из исходных компонентов.

Изучите свойства композиционных материалов в зависимости от вида матрицы и формы, размеров и взаимного расположения наполнителя. Ознакомьтесь с областью применения композитов.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое композит?
2. Как классифицируют композиционные материалы.
3. Каким образом изготавливают дисперсно-упрочненные композиционные материалы?
4. От чего зависят механические свойства композитов?
5. Охарактеризуйте волокнистые композиционные материалы.
6. Охарактеризуйте композиционные материалы на неметаллической основе.
7. Назовите характерные особенности естественных композиционных материалов.

Наноструктурные материалы

Наноструктурные материалы (наноматериалы) – материалы с характерным структурным размером менее 100 нм. Малый размер

элементов структуры определяет уникальные физические, химические, механические и другие свойства.

Следует понимать, что 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. Какие материалы относятся к наноструктурным? Какими особенностями они обладают?
2. Каковы основные способы получения наноструктурных материалов?
3. Что такое фуллерены?
4. Что представляют собой нанотрубки и нанокластеры?
5. Область применения наноматериалов.

ЧАСТЬ IV. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ВЫБОРА МАТЕРИАЛА

Как отмечалось выше, цель дисциплины «Материаловедение» состоит в обучении студентов научным основам выбора материала с учетом его состава, структуры, термической обработки и достигающихся при этом эксплуатационных и технологических свойств, необходимых в промышленности. В настоящее время существуют лишь разрозненные рекомендации для подбора оптимального материала, базирующихся на использовании традиционных материалов.

Следует иметь в виду, что при выборе материала можно сформулировать некоторые общие положения – материал можно считать выбранным правильно, если он наилучшим образом отвечает трем основным требованиям:

- эксплуатационная надежность,
- технологичность,
- экономичность.

Для выборе оптимального материала рекомендуется следующая последовательность:

- проанализировать условия работы детали:
 - определение характера и условия нагружения,
 - определение возможных видов разрушения и иных причин выхода из строя;
- сформулировать по степени важности требования к свойствам материала в качественном и по возможности в количественном виде;
- определить группу сплавов, которые обладают свойствами близкими к требуемым свойствам;
- в выбранной группе сплавов необходимо остановиться на одной марке, которая после соответствующей термообработки может наиболее полно удовлетворять всем ранее сформулированным требованиям и заданным свойствам;
- установить оптимальный вид упрочняющей термической и химико-термической обработки на заданный уровень свойств.

Вопросы для самопроверки

1. Что понимают под эксплуатационной надежностью?
2. Сформулируйте общие требования к выбору материала.
3. Что такое эксплуатационная надежность?
4. Какую роль играет технологичность материала?
5. Какую роль играют экономические характеристики при выборе материалов?

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Учебным планом может предусматриваться выполнение контрольной работы. При этом каждому студенту выдается индивидуальное задание.

ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Задание включает вопросы и задачи по основным разделам курса. В зависимости от направления подготовки и формы обучения задание выполняется либо в полном объеме, или лишь частично (по указанию преподавателя). В приложении приведен пример выполненной контрольной работы.

Вариант № 1

1. Начертите объемно центрированную кубическую решетку, определите координационное число и число атомов, принадлежащих одной кристаллической ячейке (базис).
2. Объясните сущность процесса полигонизации. Рассчитайте температуру рекристаллизации для меди технической чистоты.
3. Метчики из стали У10А закалены: одни – с температуры 760 °С, другие – с температуры 840 °С. Используя диаграмму железо-углерод, опишите сущность происходящих при этом явлений и укажите правильный режим закалки. Какой из этих инструментов будет иметь более высокую твердость и износостойкость, а соответственно лучшие эксплуатационные характеристики, предложите вид отпуска для данной стали.
4. Для изготовления ряда деталей самолета выбран сплав Д16. Определите группу, к которой относит сплав, опишите его химический состав, режим упрочняющей термической обработки, получаемые механические свойства. Опишите процессы, протекающие при термообработке, и изменения микроструктуры.
5. Опишите структуру полимерных материалов.

Вариант № 2

1. Опишите условия получения мелкозернистой структуры при самопроизвольно развивающейся кристаллизации.
2. Сущность наклепа, его практическое использование.
3. При проведении термической обработки вала, изготовленного из стали 45, была выполнена закалка с $760\text{ }^{\circ}\text{C}$. Опишите сущность происходящих при этом явлений. Сделайте вывод о правильности указанного режима, обоснуйте свое решение.
4. Назначьте марку алюминиевого сплава для изготовления деталей, получаемых литьем. Определите группу, в которую входит выбранный сплав, его химический состав, опишите структуру сплава, способ упрочнения, возможную термическую обработку и укажите механические свойства сплава.
5. Опишите химический и фазовый состав, свойства и области применения керамических материалов разных типов.

Вариант № 3

1. Нарисуйте строение литого кристаллического слитка. Опишите влияние реальной среды на форму кристаллов.
2. Опишите точечные несовершенства кристаллического строения. Что такое дислокации и к какому виду несовершенств они относятся? Объясните их влияние на свойства металла.
3. Детали машин из стали 40 закалены: одни – с температуры $760\text{ }^{\circ}\text{C}$, другие – с температуры $840\text{ }^{\circ}\text{C}$. Используя диаграмму железо-углерод, опишите сущность происходящих при этом явлений и укажите правильный режим закалки. Какие из данных деталей имеют более высокую твердость и лучшие эксплуатационные характеристики. Предложите вид отпуска применимый для данной стали.
4. Для обшивки самолетов используется сплав ВТ6. Определите группу, в которую входит данный сплав, укажите его химический состав, опишите влияние легирующих элементов, режим упрочняющей термической обработки и получаемую при этом структуру и ме-

ханические свойства. Опишите процессы, протекающие при термической обработке.

5. Сравните состав, строение и свойства полифторэтиленов и древесно-слоистых пластиков.

Вариант № 4

1. Постройте кривую нагрева для меди (с применением правила фаз).

2. Как влияет степень деформации на рекристаллизацию? Что такое критическая степень деформации?

3. Опишите механизмы бейнитного превращения. Укажите отличительные особенности верхнего и нижнего бейнитов.

4. Для изготовления деталей химической аппаратуры выбран сплав БрАЖН10-4-4. Определите группу, в которую входит данный сплав, укажите его химический состав, опишите влияние легирующих элементов, режим упрочняющей термической обработки и получаемую при этом структуру и механические и технологические свойства.

5. Дайте общую характеристику композиционных материалов. Приведите схемы армирования этих материалов.

Вариант № 5

1. Опишите кристаллическое строение алюминия. Укажите параметры решетки, определите координационное число и число атомов, принадлежащих одной кристаллической ячейке (базис).

2. Опишите механизмы упругой и пластической деформации.

3. В процессе горячейковки стальная деталь хрупко разрушилась. В чем возможная причина разрушения? Как предотвратить этот вид брака?

4. Для токовыводящих пружинистых элементов выбран сплав БрОЦ4-3. Определите группу, в которую входит данный сплав, укажите его химический состав, опишите влияние легирующих элементов, режим возможной термической обработки, свойства.

5. Что представляют собой терморезистивные материалы? Их состав, свойства и область применения.

Вариант № 6

1. Что такое степень переохлаждения? Как влияет степень переохлаждения на число центров кристаллизации, скорость роста кристаллов и размеры зерна?

2. Явление сверхпластичности металлов и сплавов.

3. Опишите дефекты, которые могут возникнуть при закалке сталей. Объясните причины их возникновения. Каким образом можно предотвратить образование закалочных трещин?

4. Для изготовления тормозных барабанов применяется сплав МЛ5. Определите группу сплава, укажите его химический состав, опишите влияние легирующих элементов, режим возможной термической обработки, механические и технологические свойства.

5. Опишите резиновые материалы специализированного назначения: состав, особенности строения, свойства. Приведите примеры таких материалов.

Вариант № 7

1. Опишите явление полиморфизма в приложении к железу, а также кристаллическое строение для гранцентрированной кубической ориентации. Укажите основные характеристики данной кристаллической решетки: параметры, координационное число, базис (число атомов, принадлежащих одной кристаллической ячейке).

2. Что такое твердость? Какие методы измерения твердости основаны на вдавливании индентора в испытуемый образец? Кратко опишите их.

3. Стальной рычаг у экскаватора сломался в морозную погоду. В чем может быть причина поломки?

4. Для изготовления деталей, получаемых глубокой штамповкой, выбран сплав Л90. Определите группу сплава, укажите его хими-

ческий состав. Опишите влияние цинка на свойства сплава. Используя диаграмму состояния медь-цинк, определите структуру и возможную термическую обработку. Приведите значения механических свойств.

5. Слоистые пластики: состав, особенности строения, свойства. Приведите примеры таких материалов.

Вариант № 8

1. Опишите кристаллическое строение никеля. Укажите параметры решетки, определите координационное число и число атомов, принадлежащих одной кристаллической ячейке (базис).

2. Что такое температура порога рекристаллизации? Как она определяется? Определите температуру рекристаллизации для чистой меди.

3. Сталь 60 подвергалась закалке с температуры 740°C и 780°C. Опишите превращения, происходящие при данных режимах закалки. Используя диаграмму железо-углерод, опишите сущность происходящих при этом явлений и укажите правильный режим закалки? Какой вид отпуска следует рекомендовать для получения высоких упругих характеристик?

4. Кратко изложите основы термической обработки алюминиевых сплавов в применении к промышленному сплаву дюралюмин. Укажите состав упрочняющих фаз, образующихся при старении дюралюмина. Сравните результаты, получаемые после естественного и искусственного старения.

5. Дайте общую характеристику резиновых материалов. Опишите состав этих материалов.

Вариант № 9

1. Как влияет скорость охлаждения на строение кристаллизующегося металла?

2. С какой целью применяется отжиг в процессе изготовления холоднокатаной стальной ленты? Как называется такой вид отжига?

3. Сущность и особенности мартенситного превращения. Природа твердости и хрупкости мартенсита в стали. Как влияет содержание углерода на свойства закаленного сплава?

4. Для изготовления мембран применяется сплав БрБ2. Определите группу сплава, укажите его химический состав. Используя диаграмму состояния медь-бериллий, назначьте режимы упрочняющей обработки. При этом опишите изменения структуры и природу упрочнения. Приведите значения механических свойств.

5. Опишите свойства и области применения керамических материалов.

Вариант № 10

1. Что такое твердый раствор? Виды твердых растворов (приведите примеры).

2. Механические свойства, определяемые при статических испытаниях.

3. Опишите, в чем заключается низкотемпературная термомеханическая обработка конструкционной стали. Какими преимуществами и недостатками обладает вариант низкотемпературной термомеханической обработки по сравнению с высокотемпературной термомеханической обработкой?

4. Для изготовления конденсаторных труб, используемых в морском судостроении, выбран сплав Л062-1. Определите группу сплава, укажите его химический состав. Опишите влияние олова на свойства сплава. Используя диаграмму состояния медь-олово, определите структуру и возможную термическую обработку. Приведите значения механических свойств.

5. Инструментальные керамические: состав, особенности строения, свойства. Приведите примеры таких материалов.

Вариант № 11

1. Что такое химическое соединение, электронное соединение, электронная концентрация? Что представляют собой фазы внедрения?

2. Область применения макроанализа. Определение ликвации серы по Бауману (метод отпечатков).

3. Микроанализом обнаружено крупное зерно у отпущенной стали. Как оно повлияет на свойства стали? В чем возможная причина? Как избежать этого? Как исправить структуру? В каких сталях это встречается? Какие из перечисленных сталей не склонны к этому браку: 40Х, 40ХН, 45, 30ХМ, 40, 40ХГС, 40ХНМА (обоснуйте свое решение)?

4. Для средненагруженных деталей, при изготовлении которых требуется высокая пластичность в холодном и горячем состоянии, используется сплав АВ. Определите группу сплава, укажите его химический состав, опишите влияние легирующих элементов на свойства сплава, режим возможной термической обработки, механические и технологические свойства.

5. Опишите резиновые материалы общего назначения: состав, особенности строения, свойства. Приведите примеры таких материалов.

Вариант № 12

1. Опишите кристаллическое строение серебра. Укажите параметры решетки, определите координационное число и число атомов, принадлежащих одной кристаллической ячейке (базис).

2. Виды изломов. Усталостный излом, особенности его строения, возможные причины возникновения.

3. Зубчатые колеса должны иметь твердый износоустойчивый поверхностный слой при вязкой сердцевине. Какой термической обработкой можно достичь данного результата? Опишите данную обработку.

4. Для изготовления некоторых деталей самолета выбран сплав АМц. Определите группу сплава, укажите его химический состав. Опишите возможный способ упрочнения этого сплава и объясните природу упрочнения. Приведите значения физических и механических свойств.

5. Что представляют собой термопластичные материалы? Их состав, разновидности, свойства и область применения.

Вариант № 13

1. Опишите явление полиморфизма в приложении к титану, а также кристаллическое строение для гексагональной модификации. Укажите основные характеристики данной кристаллической решетки: параметры, координационное число, базис (число атомов, принадлежащих одной кристаллической ячейке).

2. Процесс изнашивания металлов. Виды изнашивания. Методы испытаний на износ.

3. Опишите азотирование сталей, укажите температуры, при которых производится процесс прочностного азотирования, используя диаграмму состояния железо-азот, объясните, почему азотирование не производится при температуре ниже 500 °С и выше 700 °С. Назовите марки сталей, применяемых для азотирования и опишите полный цикл их термической и химико-термической обработки.

4. Для изготовления некоторых деталей двигателя внутреннего сгорания выбран сплав АК4. Определите группу сплава, укажите его химический состав, опишите влияние легирующих элементов, режим возможной термической обработки, механические и технологические свойства.

5. Кратко опишите основные типы резин.

Вариант № 14

1. Опишите сущность эвтектической кристаллизации и структуру любого эвтектического сплава.

2. Объясните механизм разрушения металлов. Нарисуйте схему образования трещины.

3. В каких сталях и в результате какой термической обработке образуется структура: перлит, феррит и мартенсит, троостит отпуска?

4. Для изготовления деталей простой конфигурации, работающих при ударных нагрузках, выбран сплав ЛМц58-2. Определите группу сплава, укажите его химический состав, опишите влияние легирующих элементов, режим возможной термической обработки, механические и технологические свойства.

5. Искусственные композиционные материалы с металлической матрицей: состав, особенности строения, свойства, области применения.

Вариант № 15

1. Опишите механизм перитектического превращения. Приведите примеры сплавов, образующих диаграмму состояния с перитектическим превращением.

2. Какой вид напряжений приводит к вязкому разрушению путем среза? Объясните природу разрушения.

3. Сравните влияние нормализации и улучшения на структуру и свойства стали. В чем причина различия механических свойств получаемых при этом структур?

4. Для изготовления ряда деталей, используемых в химических аппаратах, применяется сплав БрКМц3-1. Определите группу сплава, укажите его химический состав, опишите влияние легирующих элементов, режим возможной термической обработки, механические и технологические свойства.

5. Классификация пластмасс. Приведите примеры термопластов.

Вариант № 16

1. Как влияет модифицирование на строение и свойства литого металла? Объясните причину воздействия. Приведите примеры практического использования модифицирования для получения конкретных сплавов.

2. Что происходит с кристаллической решеткой металлов при действии нормальных напряжений? Под действием каких напряжений возникает пластическая деформация? Как при этом изменяются структура и свойства металлов и сплавов?

3. В каких сталях и в результате какой термической обработки образуется структура: перлит и феррит, мартенсит, остаточный аустенит и мартенсит?

4. Для изготовления деталей электротехнических цепей применяется сплав МНМц40-1,5. Определите группу сплава, укажите его химический состав, опишите влияние легирующих элементов. Приведите значения физических и механических свойств.

5. Как влияет схема армирования на свойства композиционных материалов?

Вариант № 17

1. Как и с какой целью управляют размером зерна при кристаллизации металла? Приведите конкретные примеры.

2. Собирательная рекристаллизация. Механизмы роста зерна (зародышевый, миграционный, слияние зерен).

3. В стали состава: 0,86 % С, 4,2 % Cr, 6,2 % W, 1,8 % V и 5,2 % Mo после закалки осталось много аустенита. Назовите марку стали. Опишите влияние остаточного аустенита на ее свойства. Каким образом можно избавиться от остаточного аустенита?

4. Подберите марку легкоплавкого припоя для припаивания выводов транзисторов в радиосхеме. Приведите его химический состав, укажите ориентировочно температуру плавления и механиче-

ские свойства, а так же требования, предъявляемые к припоям данной группы.

5. Маслобензостойкие резины: состав, особенности строения, свойства.

Вариант № 18

1. Опишите кристаллическое строение серебра. Укажите параметры решетки, определите координационное число и число атомов, принадлежащих одной кристаллической ячейке (базис).

2. Какими способами можно обнаружить глубокозалегающие трещины в стальной детали?

3. В каких сталях и в результате какой термической обработки образуется структура: перлит и цементит, феррит и мартенсит, сорбит отпуска?

4. Сравните влияние отпуска углеродистой стали и старения дуралюминия на свойства закаленного сплава.

5. Искусственные композиционные материалы с неметаллической матрицей: состав, особенности строения, свойства, области применения.

Вариант № 19

1. Опишите влияние типа межатомной связи на физические и механические свойства вещества.

2. Что произойдет, если путем соответствующей обработки повысить плотность точечных, линейных и поверхностных дефектов? Приведите примеры таких обработок.

3. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8, нанесите на нее кривые режима ступенчатой и изотермической закалок. Опишите сущность превращений и какая структура получится при этом. В чем отличие обычной закалки от данных обработок?

4. Для изготовления картера (корпуса) двигателя выбран сплав АК12 (АЛ2). Укажите способ изготовления деталей из данного сплава. Определите группу сплава, опишите его химический состав, влияние легирующих элементов, природу упрочнения при модифицировании, механические и технологические свойства.

5. Светоозоностойкие резины: состав, особенности строения, свойства.

Вариант № 20

1. Объясните, почему фазовое превращение кристаллических тел сопровождается тепловым эффектом? Приведите примеры.

2. Как изменить структуру и свойства наклепанного металла под действием различной степени нагрева?

3. В каких сталях и в результате какой термической обработки образуется структура: феррит и мартенсит, мартенсит отпуска и цементит, троостит отпуска?

4. Подберите легкоплавкий сплав для подшипника скольжения. Определите группу сплава, укажите его химический состав, опишите микроструктуру, основные свойства и требования, предъявляемые к сплаву.

5. Электротехнические резины: состав, особенности строения, свойства.

Вариант № 21

1. Особенности гетерогенной кристаллизации сплавов. Примеры конкретного применения и достигаемый при этом эффект.

2. Краевые и винтовые дислокации. Вектор Бюргерса.

3. Испытание образцов на ударную вязкость.

4. Подберите легкий сплав для изготовления обшивки самолетов. Определите группу сплава, укажите его химический состав, опишите влияние легирующих элементов, режим возможной термической обработки, механические и технологические свойства.

5. Естественные композиционные материалы: состав, особенности строения, свойства, области применения.

Вариант № 22

1. Что такое индексы кристаллографических плоскостей и направлений?

2. Опишите связь между типами диаграмм состояния и свойствами сплавов.

3. В процессе термической обработки стали могут возникать различного рода дефекты. Каким образом следует вести закалку детали из среднеуглеродистой стали, чтобы уменьшить вероятность коробления и закалочных трещин? Опишите дефекты, возникающие в процессе термической обработки легированных сталей.

4. Для изготовления приборов и деталей, требующих постоянство размеров в интервале климатических температур, применяется сплав И36 (инвар). Определите группу сплава, укажите его химический состав, влияние никеля на свойства сплава. Опишите требования, предъявляемые к сплаву, укажите его физические свойства.

5. Опишите влияние факторов эксплуатации на свойства резины.

Вариант № 23

1. Что такое полиморфное превращение, и какие необходимы условия для его протекания? Опишите явление полиморфизма в приложении к титану, а также кристаллическое строение для объемно-центрированной кубической модификации. Укажите основные характеристики данной кристаллической решетки: параметры, координационное число, базис (число атомов, принадлежащих одной кристаллической ячейке).

2. Механические свойства, определяемые при переменных (циклических) нагрузках.

3. Термическая обработка чугунов. Каким образом можно уменьшить литейные напряжения в чугунных деталях сложной формы?

4. Подберите медно-никелевый сплав для изготовления посуды. Укажите его химический состав, опишите микроструктуру, основные свойства и требования, предъявляемые к сплаву.

5. Что представляют собой наноструктурные материалы? Дайте общую характеристику этим материалам.

Вариант № 24

1. Постройте кривую охлаждения для олова (с применением правила фаз). Почему при кристаллизации олова на кривой охлаждения наблюдается прямой участок?

2. Горячая и холодная обработки давлением. Приведите конкретные примеры.

3. Подберите марку углеродистой стали для изготовления пружины. Назначьте режим термической обработки, опишите сущность происходящих превращений, микроструктуру и свойства до и после термической обработки. Каким образом можно повысить усталостную прочность пружины?

4. Подберите медный сплав для изготовления деталей, работающих в условиях трения. Определите группу сплава, укажите его химический состав. Опишите микроструктуру, основные свойства и требования, предъявляемые к сплаву.

5. От чего зависит прочность композитов? Какими преимуществами обладают композиты перед металлическими сплавами?

Вариант № 25

1. Опишите явление полиморфизма в приложении к железу, а также кристаллическое строение для объемно-центрированной кубической модификации. Укажите основные характеристики данной кри-

сталлической решетки: параметры, координационное число, базис (число атомов, принадлежащих одной кристаллической ячейке).

2. Анизотропия свойств металлов.

3. В каких сталях и в результате какой термической обработки образуется структура: перлит, мартенсит и небольшое количество остаточного аустенита, мартенсит отпуска.

4. Выбрать цветной сплав для изготовления фасонных отливок из жаропрочного материала. Определите группу сплава, укажите его химический состав, режим возможной термической обработки, механические и технологические свойства.

5. Какими недостатками обладают пластмассы?

Вариант № 26

1. Начальные, наследственные (природные) и действительные размеры зерен. Влияние легирующих элементов на размер зерна.

2. Механические свойства, определяемые при динамических испытаниях.

3. Подобрать сталь для изготовления подшипников качения (шариков, роликов и др. деталей). Назначьте термическую обработку, опишите сущность происходящих при этом явлений, микроструктуру и свойства после термообработки.

4. Для изготовления подшипников скольжения применяется сплав Б83. Определите группу сплава, укажите его химический состав, опишите микроструктуру, основные свойства и требования, предъявляемые к сплаву.

5. Дайте общую характеристику объемным наноструктурным материалам.

Вариант № 27

1. Что представляет собой механическая смесь? Опишите и приведите примеры сплавов, образующих такой тип сплавов.

2. Рассчитать температуру рекристаллизации для свинца технической чистоты.

3. Объясните влияние формы графитовых включений на механические свойства серого, ковкого и высокопрочного чугунов. Опишите получение ковкого чугуна.

4. При пайке электрооборудования, электропроводность спая которого не должна уменьшаться по сравнению с электропроводностью основного металла, выбран припой ПСр-1,5. Укажите его химический состав, температурный интервал затвердевания и механические свойства, а так же требования, предъявляемые к припоям данной группы.

5. Как получают резину? Какими преимуществами обладают резины перед другими материалами?

Вариант № 28

1. Начертите диаграмму состояния сплава, образующего ограниченные твердые растворы. Определите структуры сплавов во всех областях диаграммы состояния. Постройте кривую охлаждения сплава (с применением правила фаз).

2. Какими методами можно определить твердость стальной плоской детали без нарушения ее сплошности?

3. В каких сталях и в результате какой термической обработки образуется структура: перлит, мартенсит и небольшое количество остаточного аустенита, мартенсит отпуска?

4. Подберите легкий сплав для изготовления обшивки самолетов. Определите группу сплава, укажите его химический состав, опишите влияние легирующих элементов, режим возможной термической обработки, механические и технологические свойства.

5. Как влияет температура на свойства полимеров?

Вариант № 29

1. Опишите кристаллическое строение молибдена. Укажите параметры решетки, определите координационное число и число атомов, принадлежащих одной кристаллической ячейке (базис).
2. Каковы условия полной растворимости двух компонентов? Приведите примеры таких сплавов.
3. Подберите сталь для изготовления хирургического инструмента. Опишите исходную микроструктуру стали, назначьте и обоснуйте режим термической обработки, опишите микроструктуру и свойства после термообработки.
4. Подберите медный сплав для изготовления литой детали червячной передачи. Определите группу сплава, укажите его химический состав, опишите влияние легирующих элементов, режим возможной термической обработки, механические и технологические свойства.
5. Как классифицируются композиционные материалы? Дайте краткую характеристику композиционных материалов разных групп.

Вариант № 30

1. Гомогенная (самопроизвольная) кристаллизация и гетерогенное образование зародышей.
2. Практическое использование наклепа. Приведите конкретные примеры.
3. В каких сталях и в результате какой термической обработке образуется структура: перлит и цементит, феррит и сорбит отпуска, троостит отпуска?
4. Подберите титановый сплав для деталей, работающих длительное время при 350-400⁰С. Определите группу сплава, укажите его химический состав, опишите влияние легирующих элементов, режим возможной термической обработки, механические и технологические свойства.
5. Опишите состав и строение полимеров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Адаскин, А. М. Материаловедение в машиностроении: учеб. для бакалавров/ А. М. Адаскин [и др.]. – М.: Юрайт, 2013. – 535 с. – ISBN 978-5-9916-2867-9. – (Сер. Бакалавр. Углубленный курс).
2. Волков, Г. М. Материаловедение: учеб. для техн. вузов по немашиностроительным направлениям и специальностям/ Г. М. Волков, В. М. Зуев. – М.: Академия, 2008. – 398 с. (Сер. Высшее профессиональное образование, Технические специальности). – ISBN 978-5-7695-4248-0.
3. Гелин, Ф. Д. Металлические материалы: справочник/ Ф. Д. Гелин. – Минск: Высш. шк., 1987. – 368 с.
4. Геллер, Ю. А. Материаловедение: учеб. пособие для вузов / Ю. А. Геллер, А. Г. Рахштадт ; под ред. А. Г. Рахштадта. – Изд. 6-е, перераб. и доп. – М. : Металлургия, 1989. – 456 с. – ISBN 5-229-00228-X.
5. Гуляев, А. П. Металловедение: учеб. для вузов/ А. П. Гуляев. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Металлургия, 1986. – 542 с.
6. Журавлев, В. Н. Машиностроительные стали: справочник/ В. Н. Журавлев, О. И. Николаева. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1992. – 480 с. – ISBN 5-217-01306-0.
7. Золоторевский, В. С. Механические свойства металлов : учеб. для вузов по специальности "Металловедение, оборудование и технология термической обработки металлов"/ В. С. Золоторевский. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Металлургия, 1983. – 350 с.
8. Иванов, Г. П. Надежность материала в технических расчетах / Г. П. Иванов [и др.]; под ред. Д. В. Бушенина. – Владимир: Посад, 2002. – 128 с.
9. Колачев, Б. А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов: учеб. 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. – М. : МИСИС, 2001. – 414 с. – ISBN 5-8763-027-8.

10. Композиционные материалы: справочник/ В. В. Васильев [и др.]; под общ. ред. В. В. Васильева; Ю. М. Тарнопольского. – М.: Машиностроение, 1990. – 510 с. – ISBN 5-217-01113-0.

11. Конструкционные материалы: справочник/ Б. Н. Арзамасов [и др.]; под ред. Б. Н. Арзамасова. – М.: Машиностроение, 1990. – 687 с. – ISBN 5-217-01112-2. – (Сер. Основы проектирования машин).

12. Лахтин, Ю. М. Материаловедение: учеб. для вузов / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 528 с. – ISBN 5-217-00858-X. – (Сер. Для вузов).

13. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учеб. пособие для вузов по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии"/ А. В. Шишкин [и др.]; под ред. В. С. Чередниченко. – 2-е изд., стер. – М.: Омега-Л, 2006. – 752 с. – ISBN 5-365-00041-2. – (Сер. Высшее техническое образование).

14. Материаловедение: учеб. для вузов/ Б. Н. Арзамасов [и др.]; под ред. Б. Н. Арзамасова. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – 646 с. – ISBN 5-7038-1860-5. – (Сер. Учебник для технических вузов).

15. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учеб. 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. – М.: Академия, 2009. – 447 с. – ISBN 978-5-7695-6499-4. – (Сер. Высшее профессиональное образование, Машиностроение).

16. Материаловедение и технология металлов: учеб. для вузов/ Г. П. Фетисов [и др.]; под ред. Г. П. Фетисова. – Изд. 4-е, испр. и доп. – М.: Высш. шк., 2006. – 862 с. – ISBN 5-06-004418-1.

17. Материаловедение и технология материалов: учебник/ Г.П. Фетисов, Ф.А. Гарифуллин. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 397 с.: 60x90 1/16. – (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-16-006899-2, <http://znanium.com/bookread2.php?book=413166>

18. Материаловедение и технология материалов: учеб. пособие/ К.А. Батышев, В.И. Безпалько; под ред. А.И. Батышева, А.А. Смолькина. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013 – 288 с.: 60x90 1/16. – (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-16-004821-5 <http://znanium.com/bookread2.php?book=397679>

19. Мозберг, Р. К. Материаловедение: учеб. пособие для вузов/ Р. К. Мозберг. – Изд. 2-е, перераб. – М.: Высш. шк., 1991. – 448 с. – ISBN 5-06-001909-8.

20. Плошкин, В. В. Материаловедение: учеб. пособие/ В. В. Плошкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2011. – 463 с. – ISBN 978-5-9916-1222-7. – (Серия: Основы наук).

21. Ржевская, С. В. Материаловедение: учеб. для вузов в области техники и технологии / С. В. Ржевская. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М. : Логос, 2006. – 421 с. – ISBN 5-98704-179-X.

22. Рогов, В. А. Современные машиностроительные материалы и заготовки : учеб. пособие для вузов по направлениям "Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств", "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" / В. А. Рогов, Г. Г. Позняк. – М.: Академия, 2008. – 330 с. – ISBN 978-5-7695-4254-1. – (Сер. Высшее профессиональное образование, Машиностроение).

23. Сильман, Г. И. Материаловедение: учеб. пособие для вузов/ Г. И. Сильман. – М.: Академия, 2008. – 336 с. – ISBN 978-5-7695-4255-8.

24. Солнцев, Ю. П. Материаловедение: учеб. для вузов по металлург., машиностроит. и общетехн. специальностям/ Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин ; под ред. Ю. П. Солнцева. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – СПб. : Химиздат, 2004. – 735 с. – ISBN 5-93808-075-4. – (Сер. Учебник для вузов).

25. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: справочник / Г. В. Борисенок [и др.] ; под ред. Л. С. Ляховича. – М. : Металлургия, 1981. – 424 с.

Приложение

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

Кафедра технологии функциональных и конструкционных материалов

Контрольная работа
по дисциплине «Материаловедение»
Вариант №1

Выполнил студент гр. А-117
Иванов И.И.

Приняла Картонова Л.В.

Владимир 2018

Вопрос 1. Почему при кристаллизации чистого металла температура постоянна? Почему ускорение охлаждения увеличивает переохлаждение?

При переходе металла из жидкого состояния в твердое образуются кристаллы. Такой процесс называют *кристаллизацией*.

Процесс кристаллизации металла можно рассматривать по кривым охлаждения, которые обычно получают опытным путем. Например, для чистого металла, охлаждаемого очень медленно, кривая охлаждения показывает, что, если металл находится в жидком состоянии, температура понижается почти равномерно. Если металл охладить до температуры плавления $T_{пл}$ (точка *a* на кривой), то начинается кристаллизация и падение температуры прекращается, несмотря на непрерывную отдачу тепла окружающей атмосфере. Получаемый горизонтальный участок на кривой охлаждения показывает, что в металле происходит процесс образования кристаллов с выделением тепла, называемый *теплотой кристаллизации*. Кристаллизация протекает от точки *a* до точки *б*, где она заканчивается и металл затвердевает. Дальнейшее падение температуры на кривой указывает на охлаждение затвердевшего слитка (рис. 1.1, а).

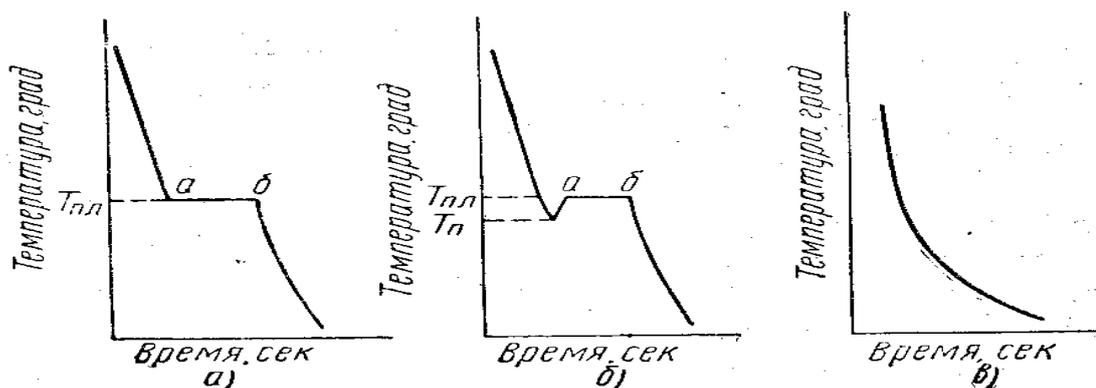


Рис. 1.1. Кривые охлаждения

В металлических сплавах кривая охлаждения имеет несколько иной вид. Охладившись до температуры плавления $T_{пл}$, сплав еще некоторое время остается жидким. Кристаллизация сплава начинается

при температуре переохлаждения T_n , лежащей ниже теоретической температуры плавления. Разность между теоретической и фактической температурами кристаллизации называют *степенью переохлаждения*. Она зависит от природы сплава, его чистоты и скорости охлаждения. Чем больше скорость охлаждения сплава, тем больше степень переохлаждения. Петля на кривой охлаждения показывает, что кристаллизация сопровождается выделением тепла, которое повышает температуру сплава до температуры плавления, поддерживая ее до полного затвердевания металла (рис. 1.1, б).

Аморфные тела затвердевают постепенно. В этом случае кривая охлаждения будет плавной, без горизонтальных площадок (рис. 1.1, в).

Процесс образования кристаллов состоит из двух одновременно протекающих стадий: появления зародышей - устойчивых центров кристаллизации и роста кристалликов вокруг этих центров.

Сначала каждый кристаллик в жидкости растет свободно, сохраняя правильную геометрическую форму. Так как одновременно образуется много кристаллических центров и рост кристалликов идет по всем направлениям, то смежные кристаллы, увеличиваясь, начинают непосредственно соприкасаться друг с другом и правильная форма их нарушается. В результате кристалл приобретает округленную форму, напоминающую зерно. Такие кристаллы принято называть *кристаллитами*, или *зернами*.

В зависимости от условий затвердевания зерна могут быть крупными, хорошо различимыми невооруженным глазом, и мелкими, которые можно рассмотреть только при помощи металлографического микроскопа.

Процесс кристаллизации может быть описан количественно, если известны число центров кристаллизации и скорость роста кристалликов. Число центров кристаллизации и скорость роста кристалликов зависят от степени переохлаждения металла. С увеличением степени переохлаждения T число центров и скорость роста также возрастают, достигая максимального значения. Однако характер роста величин числа центров и скорости роста различен.

Если степень переохлаждения невелика, то скорость роста преобладает над числом центров, в результате чего образуется крупнозернистая структура. С увеличением степени переохлаждения скорость роста не изменяется, число центров продолжает расти, что приводит к образованию мелкозернистой структуры.

Графически изменения величин ч.ц. и с.р. в зависимости от переохлаждения представлены на рис. 1.2. При теоретической температуре кристаллизации значения ч.ц. и с.р. равны нулю и процесс кристаллизации идти не может. Эти зависимости выражаются кривыми с максимумом. С увеличением переохлаждения значения ч.ц. и с.р. возрастают, достигают максимума и затем понижаются; при больших величинах переохлаждения практически падают до нуля.

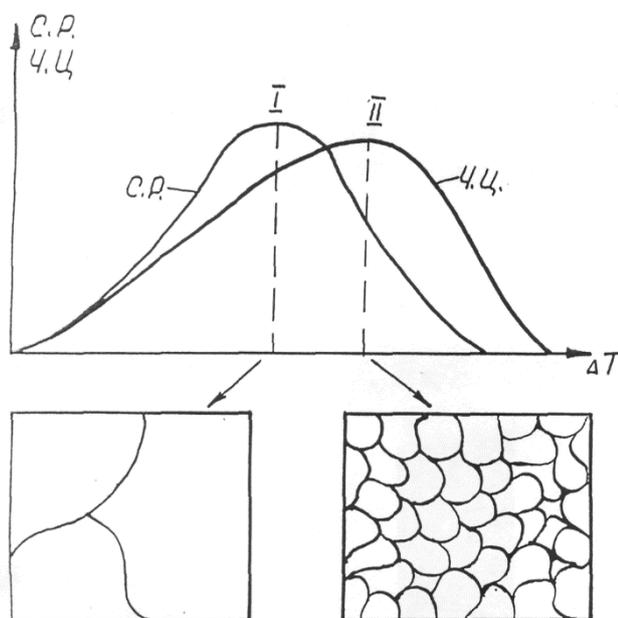


Рис. 1.2. Скорость зарождения центров кристаллизации (ч.ц.) и скорость роста кристаллов (с.р.) в зависимости от степени переохлаждения

Поэтому для быстрого зарождения большого числа мельчайших центров нужно переохлаждение большее, чем для быстрого роста уже имеющихся кристаллов. Максимум на кривой числа центров кристаллизации смещен вправо по сравнению с максимумом на кривой скорости роста.

Таким образом, при медленном охлаждении возникает малое переохлаждение, следовательно, – мало число центров, но достаточно быстрый рост кристаллов (сплав I, рис. 1.2), ведущий к крупному зерну, а при быстром охлаждении – большое переохлаждение и большое число центров, поэтому кристаллы растут медленно, и образуется мелкозернистая структура (сплав II, рис. 1.2). Следовательно, процессом кристаллизации можно управлять.

Вопрос 2. Какими способами можно обнаружить поверхностные трещины?

Существующие технологические процессы в металлургии и металлообработке таковы, что в получаемых металлах могут образовываться опасные различные дефекты (трещины, раковины, посторонние включения, рыхлости и др.).

Поверхностные дефекты можно обнаружить магнитным и капиллярным методами неразрушающего контроля.

Магнитному виду контроля подвергают исключительно ферромагнитные сплавы. Этим методом выявляют мелкие трещины, раковины и другие дефекты, расположенные на поверхности детали или залегающие на небольшой глубине (не более 2-3 мм.).

Суть данного метода контроля заключается в следующем. Если около магнита поместить металлическую деталь, которая до приближения к магниту не проявляла никаких магнитных действий, то вблизи постоянного магнита эта деталь сама станет магнитом. На стороне детали, обращенной к магниту, возникнет состояние, при котором она всегда будет притягиваться к магниту, подобно разноименным концам магнитных стержней. Этот эффект можно использовать для обнаружения в пространстве, окружающем магнит, его магнитного действия (рис.2.1). Проявление таких магнитных действий стержневым постоянным магнитом, полученное с помощью магнитных порошков, показано на рис. 2.1, а. Частицы порошка, имея несколько удлиненную форму, выстраиваются вдоль линий, которые выходят из одного

конца магнита и входят в другой. Их принято называть линиями индукции или магнитными силовыми линиями, поскольку именно вдоль них направлены силы, ориентирующие частицы магнитного порошка вокруг магнита (рис. 2.1, б).

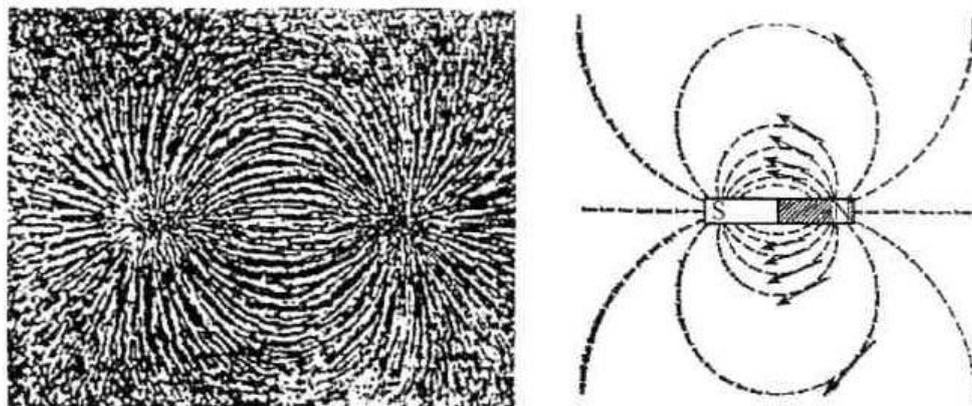


Рис.2.1. Картина линий индукции стержневого магнита, полученная с помощью магнитных порошков (а), и векторный характер магнитного поля (б)

Если вблизи магнита нет других магнитов, каких-либо больших железных предметов или залежей магнитной руды, то подвешенный магнит всегда ориентируется почти точно вдоль географического меридиана с юга на север.

Недостатком метода является затруднительность, определения величины распространения трещины вглубь металла.

Дефекты, которые вызывают возмущение в распределении силовых линий магнитного потока без образования местного потока рассеяния, не могут быть обнаружены методами магнитной дефектоскопии. Возмущение потока происходит тем сильнее, чем большее препятствие представляет собой дефект. Так, если дефект расположен вдоль направления магнитных силовых линий, то возмущение магнитного потока невелико, в то время как тот же дефект, расположенный перпендикулярно или наклонно к направлению магнитного потока, создает значительный поток рассеяния.

В зависимости от способа регистрации магнитного потока рассеяния магнитные методы контроля подразделяют на магнито-

порошковый, магнитографический, ферро-зондовый и магнитно-полупроводниковый. При дефектоскопии сварных швов применяют в основном два метода: магнитопорошковый и магнитографический. В первом случае потоки рассеяния выявляются с помощью магнитного порошка, а во втором – регистрируются на магнитную ленту.

Капиллярный метод исследования основан на проникновении определенных жидких составов в поверхностные слои необходимых изделий, осуществляемое при помощи капиллярного давления. Используя данный процесс, можно значительно повысить световые эффекты, которые способны определять более досконально все дефектные участки.

Довольно частым явлением, которое может встречаться в разрушающем методе *дефектоскопии*, это недостаточно полное выявление дефектов. Такие результаты очень часто являются настолько маленькими, что общий визуальный контроль не способен воссоздавать все дефектные участки различных изделий. Например, при помощи такого измерительного оборудования, как микроскоп или простая лупа, невозможно определить *поверхностные дефекты*. Это происходит в результате недостаточной контрастности имеющегося изображения. Поэтому в большинстве случаев, наиболее качественным методом контроля является *капиллярная дефектоскопия*. Такой способ использует индикаторные жидкости, которые полностью проникают в поверхностные слои исследуемого материала и образуют индикаторные отпечатки, при помощи которых происходит дальнейшая регистрация визуальным способом.

Самым главным условием качественного метода обнаружения различных дефектных нарушений в готовых изделиях по типу капиллярного метода является приобретение специальных полостей, которые полностью свободны от возможности загрязнения, и имеют дополнительный выход на поверхностные области объектов, а также укомплектованы параметрами глубин, которые намного превышают ширину их раскрытия. Значения капиллярного метода исследования разделяются на несколько категорий: основные, которые поддержи-

вают только капиллярные явления, комбинированные и совмещенные, использующие соединение нескольких методов контроля.

Дефектоскопия, которая использует капиллярный метод контроля, предназначена для исследования самых скрытных и недоступных дефектных мест, таких как трещины, разнообразные виды коррозии, поры, свищи и другие. Данная система применяется для правильного определения расположения, протяжности и ориентации дефектов. Ее работа основана на тщательном проникновении индикаторных жидкостей в поверхностные и неоднородные полости материалов контролируемого объекта.

Капиллярный контроль в основном применяется для любых видов и форм изделий, которые имеют черные, цветные, легированные, чугунные, керамические и многие другие сплавы.

Такое обнаружение дефектов используется в авиации, судостроении, металлургии, строительстве, машиностроении и во многом различном производстве. В большинстве случаев данный метод является единственным допустимым условием для понятия пригодности необходимых изделий. Также капиллярная дефектоскопия может использоваться в материалах, которые имеют ферромагнитные составы. Но единственным исключаяющим звеном в этой системе может являться наличие необходимой чувствительности магнитопорошкового действия и определенные условия эксплуатации используемого объекта. Также не нужно забывать, что важным условием капиллярного метода является наличие полостей, которые должны быть полностью свободны от посторонних веществ и загрязнений, довольно часто располагающихся на поверхностях исследуемых объектов. Еще одной областью обнаружения дефектов может быть течеискание, которое применяется вместе с другими методами, в совокупности с мониторингом основных объектов, а также в процессе эксплуатации.

Основным достоинством данного метода является простота системы контролирования, большой обхват материалов и применение несложной конструкции оборудования. Также система неразрушающего контроля *обнаружения дефектов* при помощи капиллярного метода, помогает исследовать не только поверхностные слои изделий,

но и располагает дополнительной информацией, способной определить расположение, протяженность, форму и ориентацию дефекта. И даже может легко найти причины их возникновения.

Стадии процесса нахождения дефектов (рис.2.2):

- ✓ необходимое очищение поверхности,
- ✓ использование пенетранта,
- ✓ удаление лишнего вещества,
- ✓ добавление проявителя,
- ✓ проведение контроля.



Рис.2.2. Последовательность операций при капиллярной методе

Для того чтобы произошло правильное распределение красителя в дефектные участки, необходимо провести тщательное очищение при помощи воды или специального органического очистителя. Наличие таких веществ, как ржавчина, металлизация или другие покрытия, обязательно должны удаляться с контролируемого места расположения.

Затем нужно хорошо высушить верхнюю часть объекта, до полного отсутствия воды или используемого очистителя.

После этого необходимо нанести пенетрант красноватого цвета при помощи кисти. Он обязательно должен полностью пропитать все труднодоступные уголки изделия.

Далее важно удалить лишнее количество вещества, используя при этом специальную салфетку или же просто воду. Необходимо иметь в виду, что пенетрант удаляется только с поверхности объекта, но не с полости.

Следующим процессом является нанесение проявителя, который чаще всего имеет белый цвет.

Контрольный процесс начинается после завершения работы проявителя, и длится приблизительно около тридцати минут.

Наличие насыщенности цветности говорит о размере дефекта. Чем меньшая концентрация цвета, тем меньше размер дефектного участка. Более насыщенная цветовая гамма проявляется в основном в глубоких трещинах. После завершения контроля, обязательно нужно удалить проявитель водой или специальным очистителем. Именно благодаря эффекту пенетранта, происходит полное проникновение в самые труднодоступные места дефектов. А проявитель, который наносится на поверхность изделия, дает тщательное растворение красителя, который находится во внутренней полости дефекта. Данный процесс дает полностью понять, где располагаются дефектные участки, и при этом появляются цветные следы, которые имеют линейный вид, и целенаправленно указывают на все трещины, царапины и поры.

Самым практичным распылителем являются аэрозольные баллоны. Но также можно производить нанесение проявителя и простым погружением. Обязательно знать, что сухие составы наносятся только в вихревой камере или электростатическим способом. В завершении процесса, необходимо немного подождать, в зависимости от размеров дефектов. Время ожидания может меняться от пяти минут до одного часа. Проявление выглядит, как простые следы красного цвета на белом основании. А объекты, которые будут иметь сквозные трещины, можно увидеть при помощи нанесения проявителя и пенетранта с нескольких сторон. Проявляющий краситель, который попадает сквозь контролируемый участок, будет хорошо просматриваться на фоне проявителя.

Контроль капиллярным методом осуществляется в соответствии с ГОСТ 18442-80 «Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования».

Вопрос 3. В чем заключается обработка стали холодом и в каких условиях она применяется?

Во многих сталях мартенситный интервал ($M_n - M_k$) простирается до отрицательных температур (рис.3.1). В этом случае в закаленной стали содержится остаточный аустенит, который можно дополнительно превратить в мартенсит, охлаждая изделие до температур ниже комнатной.

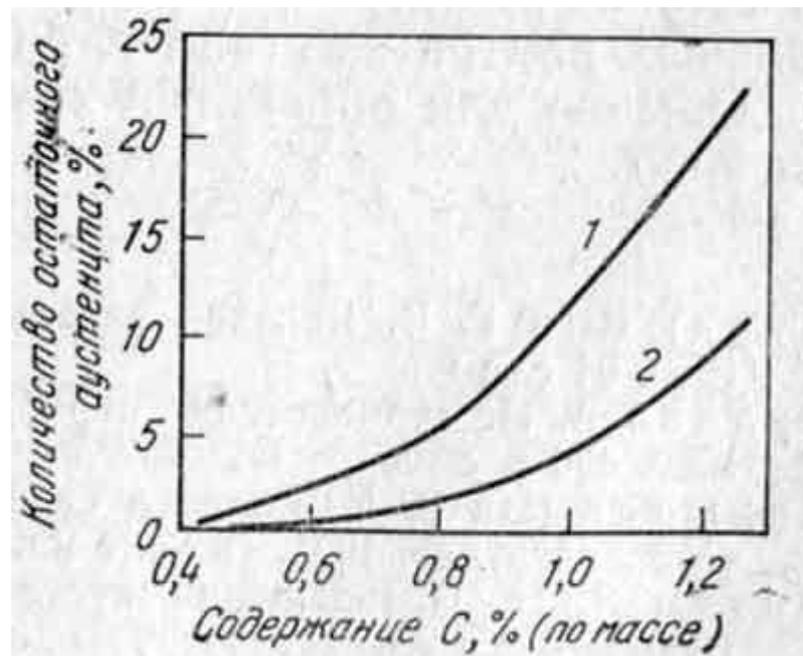


Рис.3.1. Влияние содержания углерода на количество остаточного аустенита в стали, закаленной из аустенитного состояния (по В. Г. Воробьеву): 1 - при 20 °C; 2 - после охлаждения до M_k .

По существу такая обработка холодом (предложена в 1937 г. А. П. Гуляевым) продолжает закалочное охлаждение, прерванное при комнатной температуре, которая не является критической для металла.

Обработку холодом можно проводить всегда, когда точка M_n лежит ниже нуля. Эффект обработки холодом зависит от количества остаточного аустенита при комнатной температуре. С увеличением содержания углерода в стали мартенситный интервал снижается в об-

ласть более низких температур и увеличивается количество остаточного аустенита, который превращается в мартенсит при охлаждении закаленной стали до температуры нижней мартенситной точки M_k .

Охлаждение стали ниже точки M_k не имеет смысла, так как оно не приводит к дополнительному мартенситному превращению.

Основное назначение обработки холодом - стабилизация размеров изделий. Структура закаленной стали с большим количеством остаточного аустенита нестабильна. Уже при комнатной температуре, а тем более при небольшом климатическом понижении температуры остаточный аустенит постепенно превращается в мартенсит. Это превращение сопровождается увеличением объема и размеры изделия меняются.

У таких изделий, как шарико- и роликоподшипники, калибры и другой мерительный инструмент, размеры должны выдерживаться с точностью до микрона и долей микрона. Эти изделия для стабилизации размеров обрабатывают холодом. Во многих случаях даже не требуется глубокого охлаждения ниже нуля, а достаточно охладить закаленную деталь в воде с температурой от $+6$ до $+10$ °С.

Другое назначение обработки холодом - повышение твердости и износостойкости режущего инструмента, штампов и мерительного инструмента. В быстрорежущей стали после закалки содержится большое количество аустенита (до 25 — 40%). Понятно, что применение обработки холодом к такой стали особенно эффективно.

Обработка холодом повышает твердость и износостойкость и устраняет шлифовочные трещины в цементованных деталях из легированных конструкционных сталей. В высокоуглеродистом цементованном слое после закалки содержится значительное количество аустенита, который уменьшает твердость стали и вследствие распада которого во время шлифования появляются трещины.

Наконец, обработкой холодом можно повысить магнитные свойства постоянных магнитов в результате дополнительного перехода парамагнитного аустенита в ферромагнитный мартенсит.

При обработке холодом следует учитывать явление стабилизации аустенита. Разрыв во времени между операцией закалки и обра-

боткой холодом приводит в некоторых сталях к сильной стабилизации аустенита при комнатной температуре, а стабилизация уменьшает эффект обработки холодом. Поэтому предельно допустимый разрыв регламентируют. Так, для измерительных плиток из стали X он не должен превышать 30 мин.

Обычно для обработки холодом требуются температуры не ниже $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для охлаждения небольшого числа отдельных деталей, например, режущего инструмента, калибров и других изделий из высоколегированной стали применяют шкафные камеры полезным объемом $0,1\text{—}1,0\text{ м}^3$. Камера шкафная (КТХ) оборудована компрессорной установкой, обеспечивающей охлаждение до $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$, и электронагревателями, позволяющими нагревать камеру до $155\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Примером практического применения данного вида обработки является обработка холодом быстрорежущих сталей. Инструмент простой формы из быстрорежущей стали иногда для уменьшения содержания остаточного аустенита непосредственно сразу после закалки (во избежание стабилизации аустенита) охлаждают до $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ (обработка холодом). При охлаждении от комнатной температуры до $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ образуется дополнительно около 15–20% мартенсита (от общего объема стали) и после обработки холодом сохраняется 10–15% остаточного аустенита аустенита (допустимо более глубокое охлаждение вплоть до температуры жидкого азота ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$), но это не ведет к его уменьшению). При прямом погружении в жидкий азот возникают дополнительные эффекты, кроме превращения аустенита в мартенсит - выделения из мартенсита карбидов, микропластическая деформация и др.

График термической обработки быстрорежущей стали с обработкой холодом приведен на рис. 3.2.

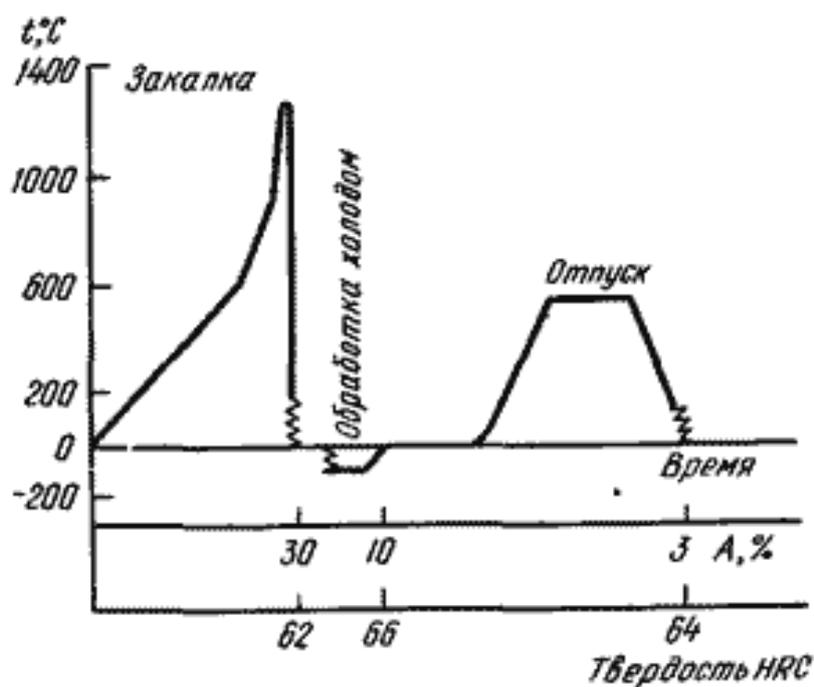


Рис. 3.2. Режим термической обработки инструментов из быстрорежущей стали с обработкой холодом

Вопрос 4. Для обшивки некоторых элементов конструкций самолетов используется сплав МА11. Определите группу сплава, укажите его химический состав, опишите влияние легирующих элементов, режим возможной термической обработки, механические свойства.

МА11 - магниевый деформируемый сплав.

Таблица 1

Химический состав в % материала МА11

Fe	Si	Mn	Ni	Al	Cu	Be	Mg	Zn	Nd	Примесей
до 0.03	до 0.1	1.5 - 2.5	0.1 - 0.22	до 0.1	до 0.03	до 0.002	96.82 - 98.4	до 0.2	2.5 - 3.5	всего 0.3

Примечание: Mg - основа; процентное содержание Mg дано приблизительно

Сплав основан на базе системы Mg–PЗМ, основной легирующий элемент в этих сплавах – неодим (2,5–3,5%), также дополнительно легирован марганцем и никелем.

Марганец частично растворяется не только в жидком, но и твердом магнии, но в небольших количествах. Марганец образует с магнием диаграмму состояния перитектического типа (рис. 4.1).

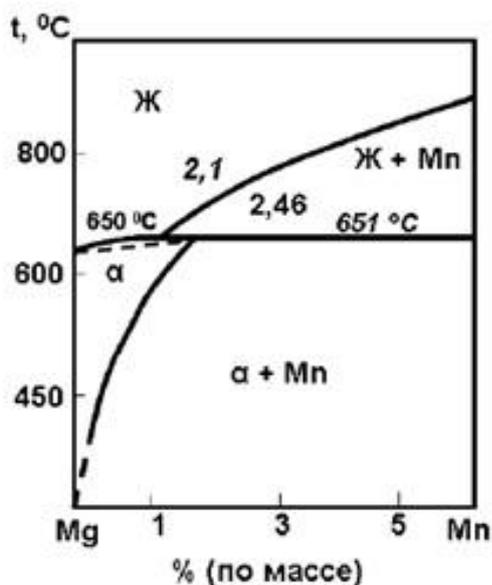


Рис. 4.1. Диаграммы состояния систем Mg–Mn

Алюминий и цинк хорошо растворяются в магнии (рис. 4.2).

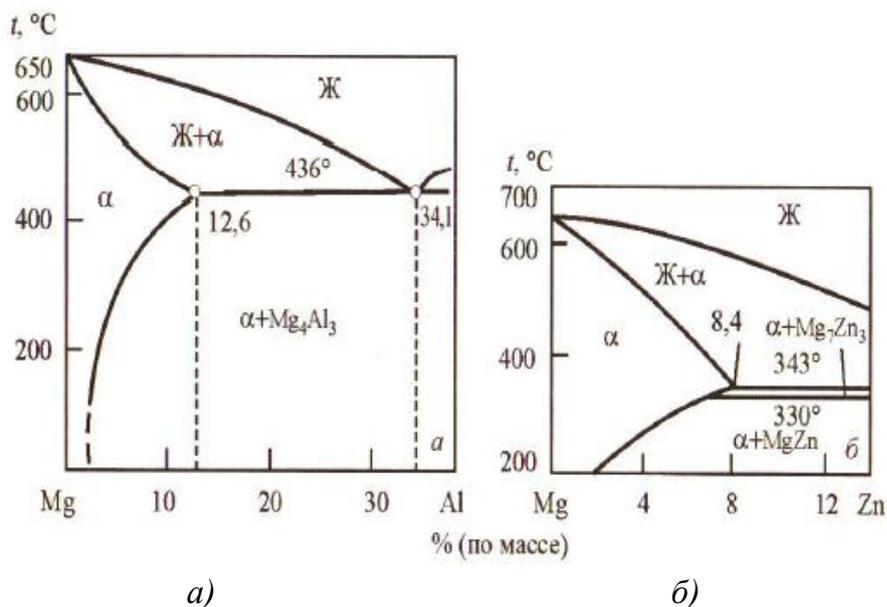


Рис. 4.2. Диаграммы состояния систем Mg–Al (а) и Mg–Zn (б)

Сплав характеризуется грубой кристаллической структурой. Неодим обеспечивает высокую жаропрочность, которая обусловлена достаточной стабильностью твердого раствора и небольшой скоростью коагуляции упрочняющей фазы Mg_9Nd при температуре эксплуатации.

В сплавах магния с РЗМ марганец и никель существенно повышают их сопротивление ползучести, длительную прочность и в меньшей степени временное сопротивление разрыву.

Рис. 4.3 иллюстрирует влияние различных элементов на временное сопротивление разрыву и относительное удлинение магния

Упрочняющее действие алюминия и цинка сохраняется лишь до температур 150...200°C (рис. 4.4).

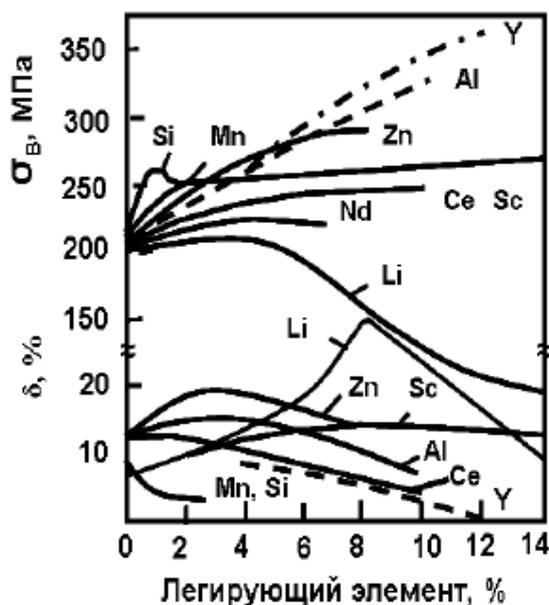


Рис. 4.3. Влияние легирующих элементов на временное сопротивление разрыву и относительное удлинение магния при 20°C (прессованные прутки)

Сплав МА11 применяется для деталей, нагреваемых в процессе эксплуатации; предельная рабочая температура: 250°C - длительная, 300 °C - кратковременная.

По временному сопротивлению разрыву при комнатной температуре сплав МА11 относится к сплавам средней прочности, но его прочностные свойства с повышением температуры снижаются менее

интенсивно, чем у других деформируемых магниевых сплавов. Сплав МА11 термически упрочняется.

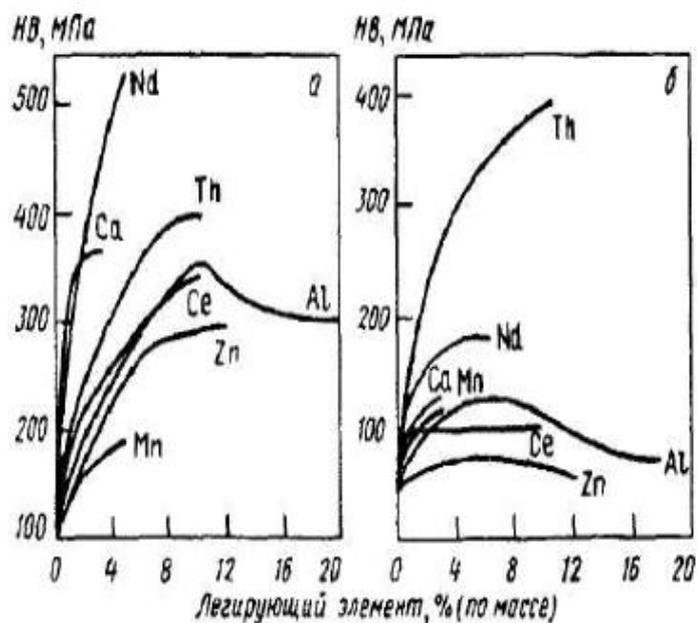


Рис. 4.4. Влияние легирующих элементов на твердость магния при температурах 150°С (а) и 250°С (б) (М.Е. Дриц)

Таблица 2

Механические свойства МА11 при T = 20°

Сортамент	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ_5 , %	КСУ, кДж / м ²
Пруток	260-280	130-160	5-14	35

Свойства сплава определяются термической обработкой. Термическая обработка магниевых и алюминиевых сплавов имеет много общего, что объясняется отсутствием полиморфных превращений в этих металлах и близостью температур плавления.

Магниевые сплавы подвергают:

Гомогенизационному отжигу. Низкие скорости диффузионных процессов в твердом магнии приводят в условиях неравновесной кристаллизации к сильному развитию дендритной ликвации (даже при малых скоростях охлаждения), а дендритная ликвация – к снижению

механических свойств и технологической пластичности. Поэтому перед деформацией сплавы подвергают гомогенизационному отжигу.

Рекристаллизационному отжигу, он понижает прочность, но повышает пластичность магниевых сплавов и в значительной мере устраняет анизотропию свойств полуфабрикатов в продольном и поперечном направлениях. При выборе режимов данного отжига необходимо учитывать склонность к росту зерна при повышенных температурах.

Отжигу для снятия остаточных напряжений. Эту обработку проводят при температурах, более низких, чем используемые для рекристаллизации, сразу же после технологической обработки, создающей остаточные напряжения (деформация).

Закалке и старению для повышения прочностных свойств. Критические скорости охлаждения невысоки, и фиксация гомогенного состояния, соответствующего температуре нагрева под закалку, происходит уже при охлаждении на воздухе. Лишь для некоторых сплавов необходимо охлаждение струями воздуха или подогретой до 80-95°C водой.

Закалка приводит к существенному повышению прочностных, а иногда и пластических свойств сплавов; особенно это относится к литейным сплавам.

Естественного старения после закалки не происходит. Продолжительность искусственного старения магниевых сплавов значительно больше, чем алюминиевых. Искусственное старение магниевых сплавов повышает прочностные свойства закаленного материала, но эффект упрочнения невелик.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Методические указания	5
<u>Часть I.</u> Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов	5
<u>Часть II.</u> Неметаллические материалы	31
<u>Часть III.</u> Композиционные и наноструктурные материалы	34
<u>Часть IV.</u> Научные основы выбора материала	35
Контрольная работа	37
Задания на контрольную работу	37
Библиографический список	54
Приложение	57