

**СГАУ: 6 (У)**

МЗ41

**САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА**

---

---

# **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

---

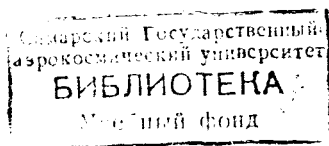
---

**САМАРА 2002**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА

# МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

*Методические указания и контрольные задания  
для студентов заочной формы обучения*



САМАРА 2002 (2003)

Составители: В.С. Уварова, В.В. Уваров, Г.З. Бунова

УДК 620.22

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.** Метод. указания и контр. задания для студентов заочн. формы обучения / Самар. гос. аэрокосм. ун-т; Сост. В.С. Уварова, В.В. Уваров, Г.З. Бунова. Самара, 2002. 87 с.

Изложены в концентрированном виде содержание и последовательность изучения разделов курса “Материаловедение”, приведена рекомендуемая литература. Разделы курса сопровождаются вопросами для самопроверки изученного материала. В приложении приведен ряд конкретных примеров и данных, необходимых как для закрепления теоретических знаний, так и для выполнения контрольных заданий по изучаемому курсу. Даны варианты контрольных заданий.

Предназначены в качестве методических указаний для студентов заочной формы обучения специальностей 0720, 0722, 1303, 2401. Подготовлены на кафедре “Технология металлов и авиаматериаловедение”.

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королёва.

Рецензент И.А. Бордаков

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	4
Содержание, последовательность изучения разделов курса “Материаловедение” и вопросы для самопроверки .....	5
1. Металловедение .....	5
2. Неметаллические материалы .....	22
Контрольные работы № 1 и 2 .....	24
Порядок оформления контрольных работ № 1 и 2 .....	24
Задания к контрольной работе № 1 .....	26
Задания к контрольной работе № 2 .....	52
Темы рекомендуемых лабораторных работ .....	71
Список литературы .....	71
Приложение .....	72

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Надежность и работоспособность машин, механизмов, агрегатов, авиационной и космической техники в процессе эксплуатации обеспечивается тремя факторами: конструкция; технология; материалы.

В настоящее время металлы и их сплавы являются самым обширным по применению классом конструкционных материалов, работающих в широком интервале температур (от  $-269^{\circ}\text{C}$  у сжиженного гелия до  $+1000^{\circ}\text{C}$  и выше) при динамических нагрузках, в вакууме и в горячих потоках активных газов. Поэтому в массовом производстве качественный конструкционный материал должен отвечать целому комплексу требований:

а) быть технологичным, обладая наименьшей трудоемкостью при изготовлении изделий обработкой резанием, сваркой, литьем и методами ОМД;

б) обеспечивать длительный срок службы деталей за счет высокой конструкционной прочности;

в) иметь невысокую стоимость.

Правильный выбор конструкционных материалов позволяет сделать наука “Материаловедение”. Данная дисциплина поможет студентам получить практические навыки и теоретические знания о природе, структуре и свойствах конструкционных материалов, а также о технологических факторах и термической обработке, от которых зависят свойства используемых материалов.

# СОДЕРЖАНИЕ, ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ РАЗДЕЛОВ КУРСА “МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ” И ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

## 1. МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ

### *Строение материалов*

Рассмотрите типы химической связи в твердых телах. Основное внимание обратите на особый тип металлической связи. Металлический тип связи обуславливает свойства металлов: высокую электропроводность и теплопроводность, высокую пластичность и металлический блеск. Металлические тела характеризуются кристаллическим строением. Однако свойства реальных кристаллов определяются известными несовершенствами кристаллического строения. В связи с этим необходимо разобраться в видах несовершенств и особенно в строении дислокаций (линейных несовершенств), причинах их легкого перемещения в кристаллической решетке и влияния на механические свойства.

Термодинамические причины фазовых превращений являются одним из частных случаев общего закона природы: стремления любой системы к состоянию с наименьшим запасом энергии ( в данном случае свободной энергии). Разберитесь в теоретических основах процесса кристаллизации, состоящего из двух элементарных процессов (зарождения и роста кристаллов), и в определяющем влиянии на эти параметры степени переохлаждения.

При изучении процесса кристаллизации необходимо иметь в виду решающее значение реальной среды в формировании структуры литого металла, а также возможность искусственного воздействия на строение путем модифицирования.

## Вопросы для самопроверки

1. В чем сущность металлического, ионного и ковалентного типов связи?
2. Каковы характерные свойства металлов и чем они определяются?
3. Что такое элементарная ячейка?
4. Что такое полиморфизм?
5. Что такое параметр кристаллической решетки, плотность упаковки и координационное число?
6. Что такое мозаичная структура?
7. Виды дислокаций и их строение.
8. Каково строение краевых и винтовых дислокаций? Что такое вектор Бюргера?
9. Что такое анизотропия свойств кристаллов?
10. Каковы термодинамические условия фазового превращения?
11. В чем физическая сущность процесса кристаллизации?
12. В чем физическая сущность процесса плавления?
13. Каковы параметры процесса кристаллизации?
14. Что такое переохлаждение?
15. Какова связь между величиной зерна, скоростью зарождения, скоростью роста кристаллов и степенью переохлаждения?
16. Формы кристаллов и влияние реальной среды на процесс кристаллизации. Образование дендритной структуры.
17. В чем сущность модифицирования?

### *Теория сплавов*

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

При изучении диаграмм состояния уметь применять правило отрезков (для определения доли каждой фазы или структурной

составляющей в сплаве), правило фаз (для построения кривых нагревания и охлаждения), определять химический состав фаз.

С помощью правил Курнакова уметь установить связь между составом, строением и свойствами сплава (приложение).

### В о п р о с ы   д л я   с а м о п р о в е р к и

1. Что такое компонент, фаза, физико-химическая система, число степеней свободы?

2. Приведите объяснение твердого раствора, механической смеси, химического (металлического) соединения.

3. Что представляют собой твердые растворы замещения и внедрения?

4. Основные группы металлических соединений и их особенности.

5. Как строятся диаграммы состояния?

6. Приведите уравнение правила фаз и объясните физический смысл числа степеней свободы.

7. Объясните принцип построения кривых нагревания и охлаждения с помощью правила фаз.

8. Как будет выглядеть участок кривой охлаждения, если число степеней свободы равно двум и имеется одна фаза? То же для числа степеней свободы, равного единице, в случае выпадения твердой фазы из жидкой. То же для числа степеней свободы, равного нулю.

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

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

11. Начертите и проанализируйте диаграмму состояния для случая образования эвтектики, состоящей из ограниченных твердых растворов.

12. Каким образом определяются концентрация фаз и их количественное соотношение?

13. В чем различие между эвтектической и перитектической кристаллизациями?

14. В чем различие между эвтектоидным и эвтектическим превращениями?

15. Виды ликвации и методы их устранения.

16. Правила Курнакова.



## *Пластическая деформация и механические свойства металлов*

Рассмотрите физическую природу деформации и разрушения. Особое внимание уделите механизму пластической деформации, ее влиянию на микро- и субмикроструктуру, а также на плотность дислокаций. Уясните влияние пластической деформации на основные характеристики механических свойств металлов. Разберитесь в сущности явления наклепа и его практическом использовании.

Изучите основные методы исследования механических свойств металлов и физический смысл определяемых при разных методах испытания характеристик. Обратите внимание на то, что свойства, полученные на гладких образцах, не совпадают со свойствами готового изделия, выполненного из предварительно испытанного материала. Это связано с наличием в реальных деталях отверстий, надрезов и других концентраторов напряжений, а также с различием в характере напряженного состояния образца и детали. Отсюда вытекает важность испытаний образцов с надрезами, позволяющих приблизить условия испытаний к условиям эксплуатации материала и получить результаты, характеризующие конструкционную прочность металла.

Разберитесь в механизме зарождения трещин и в причинах хрупкого и вязкого разрушения.

### Вопросы для самопроверки

1. В чем различие между упругой и пластической деформациями?
2. Как изменяется строение металла в процессе пластического деформирования?
3. Как изменяется плотность дислокаций при пластической деформации?
4. Как влияют дислокации на прочность металла?
5. Почему наблюдается огромное различие теоретической и практической прочности? 6. Как влияет изменение строения на свойства деформированного металла?
7. В чем сущность явления наклепа и какое он имеет практическое использование?

8. Какие характеристики механических свойств определяются при испытании на растяжение?
9. Что такое твердость? Какие методы определения твердости вы знаете?
10. Как влияют температура и скорость нагружения на характер разрушения?
11. Что такое ударная вязкость?
12. Что такое порог хладноломкости?
13. Что такое конструкционная прочность?
14. От чего зависит и как определяется конструкционная прочность?

### ***Влияние нагрева на структуру и свойства деформируемого металла***

Необходимо знать сущность рекристаллизационных процессов: возврата, первичной рекристаллизации, собирательной (вторичной) рекристаллизации, протекающих при нагреве деформированного металла. Уяснить, как при этом изменяются механические и физико-химические свойства. Установить влияние состава сплава и степени пластической деформации на протекание рекристаллизационных процессов. Уметь назначить режим рекристаллизационного отжига. Иметь четкое представление о его практическом значении. Уясните различие между холодной и горячей пластической деформациями.

### **В о п р о с ы   д л я   с а м о п р о в е р к и**

1. Как изменяются свойства деформированного металла при нагреве?
2. В чем сущность процесса возврата?
3. Что такое полигонизация?
4. В чем сущность процессов первичной и вторичной рекристаллизации?
5. Как влияют состав сплава и степень пластической деформации на температуру рекристаллизации?
6. Что такое критическая степень деформации?
7. В чем различие между холодной и горячей пластическими деформациями?

8. Как изменяются строение, свойства металла при горячей пластической деформации?

9. Каково назначение рекристаллизационного отжига и как он осуществляется?

### *Железо и его сплавы*

Студент обязан уметь на память вычертить диаграмму состояния железо – цементит и определить все фазы и структурные составляющие этой системы, а также построить с помощью правила фаз кривые охлаждения (или нагревания) для любого сплава; четко разбираться в классификации железоуглеродистых сплавов и усвоить, что различие между тремя классами (техническое железо, сталь, чугун) не является формальным (по содержанию углерода). Разные классы сплавов принципиально различны по структуре и свойствам. Необходимо знать, что технические железоуглеродистые сплавы состоят не только из железа и углерода, но и обязательно содержат постоянные и случайные примеси, попадающие в сплав в результате предыдущих операций при выплавке.

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

Изучите влияние легирующих элементов на критические точки железа и стали и объясните, при каком сочетании углерода и соответствующего легирующего элемента могут быть получены легированные стали ферритного, перлитного, аустенитного и ледебуритного классов.

Уясните влияние постоянных примесей на строение чугуна и разберитесь в различии металлической основы серых чугунов разных классов. Запомните основные механические свойства и назначение чугунов различных классов и их маркировку. Обратите внимание на способы получения ковких и высокопрочных чугунов. Изучите физическую сущность процесса графитизации (см. приложение).

## Вопросы для самопроверки

1. Что такое феррит, аустенит, перлит, цементит и ледебурит?
2. Какие превращения происходят в сплавах при температурах  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $A_4$ ,  $A_{cm}$ ?
3. Построить с помощью правила фаз кривую охлаждения для стали с 0,8% С и для чугуна с 4,3 % С.
4. Каковы структура и свойства технического железа, стали и белого чугуна?
5. Как классифицируют по структуре стали и белые чугуны?
6. В каких условиях выделяется первичный, вторичный и третичный цементиты?
7. Каково строение ледебурита при комнатной температуре, немного выше эвтектоидной температуры  $727^\circ\text{C}$  и немного ниже эвтектической температуры  $1147^\circ\text{C}$ ?
8. Как влияют легирующие элементы на положение критических точек  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $A_4$ ,  $A_{cm}$ ?
9. Какие легирующие элементы способствуют графитизации?
10. Какие легирующие элементы являются карбидообразующими?
11. Как влияют легирующие элементы на свойства феррита и аустенита?
12. Как классифицируют легированные стали по структуре в равновесном состоянии?
13. В чем отличие серого чугуна от белого?
14. Каково строение эвтектики и эвтектоида в сером и белом чугунах?
15. Каковы классификация и маркировка серых чугунов?
16. Каковы структуры серых чугунов?
17. Как получают высокопрочный чугун? Его строение, свойства и назначение.
18. В чем различие в строении ковкого и модифицированного чугунов?
19. Сравните механические свойства серого, ковкого и высокопрочного чугунов.

## ***Теория термической обработки стали***

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

Рассмотрите превращения в стали при нагреве и условия образования аустенита; рост зерна аустенита; перегрев и пережог; влияние легирующих элементов на рост зерна аустенита.

При изучении превращений переохлажденного аустенита особое внимание обратите на диаграмму изотермического распада, устанавливающую связь между температурными условиями превращения, интенсивностью распада и строением продуктов превращения. Разберитесь в механизме и особенностях перлитного, промежуточного и мартенситного превращений, происходящих соответственно в верхней, средней и нижней температурных областях. Уясните строение и свойства перлита, сорбита, троостита, бейнита, мартенсита и особенно различие и сходство одноименных структур, получаемых при распаде аустенита и отпуске закаленной стали. Запомните практическое значение термокинетических диаграмм.

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

### **В о п р о с ы   д л я   с а м о п р о в е р к и**

1. Механизм образования аустенита при нагреве стали.
2. Каковы механизмы и температурные районы образования структур перлитного типа (перлита, сорбита, троостита) и бейнита?
3. В чем различие между перлитом, сорбитом и трооститом?
4. Что такое мартенсит и в чем сущность и особенности мартенситного превращения?
5. Что такое критическая скорость закалки?™

6. Что описывает мартенситная кривая?
7. От чего зависит количество остаточного аустенита?
8. В чем сущность превращений, происходящих при отпуске?
9. Что такое коагуляция и как изменяются структура и свойства стали в связи с коагуляцией карбидной фазы при отпуске?
10. Чем отличаются структуры троостита, сорбита и перлита отпуска от одноименных структур, образующихся при распаде переохлажденного аустенита?
11. Каково практическое значение термокинетических диаграмм?
12. Как влияют легирующие элементы на перлитное превращение?
13. Как влияют легирующие элементы на мартенситное превращение?
14. Как протекает промежуточное превращение в легированной стали?
15. Как влияют легирующие элементы на превращения при отпуске?
16. В чем сущность явления отпускной хрупкости?
17. Как можно устранить отпускную хрупкость второго рода?

### ***Технология термической обработки***

Уясните влияние скорости охлаждения на структуру и свойства стали и физическую сущность процессов отжига, нормализации, закалки и обработки холодом. При изучении технологических процессов термической обработки особое внимание обратите на разновидности режимов и их назначения. Для выяснения причин брака при термической обработке стали следует прежде всего разобраться в природе термических фазовых напряжений.

Изучите различие между закаливаемостью стали и прокаливаемостью, методы определения прокаливаемости, а также факторы, влияющие на эти характеристики. Разберитесь в сущности способа получения высокопрочных деталей – термомеханической обработке (НТМО и ВТМО).

Различные виды поверхностной закалки позволяют получить особое сочетание свойств поверхностного слоя и сердцевины, что приводит к повышению эксплуатационных характеристик изделия.

При изучении индукционной закалки уясните связь между глубиной проникновения закаленного слоя и частотой тока. Закалка при нагреве токами высокой частоты приводит к получению более высоких механических свойств, чем при обычном нагреве. Для получения оптимальных результатов следует руководствоваться диаграммами допустимых и преимущественных режимов нагрева под закалку токами высокой частоты (закалка ТВЧ).

Современные автоматические и полуавтоматические агрегаты для термической обработки могут быть включены в технологические линии машиностроительных заводов, в связи с чем при массовом производстве отпадает необходимость в специальных термических цехах и отделениях.

#### В о п р о с ы   д л я   с а м о п р о в е р к и

1. Приведите определение основных процессов термической обработки: отжига, нормализации и закалки.
2. Какие вам известны разновидности процесса отжига и для чего они применяются?
3. Какова природа фазовых и термических напряжений?
4. Какие вам известны разновидности закалки и в каких случаях они применяются?
5. Какие виды и причины брака при закалке?
6. Какие вам известны группы охлаждающих сред и каковы их особенности?
7. От чего зависит прокаливаемость стали и в чем ее технологическое значение?
8. Какие вам известны технологические приемы уменьшения деформации при термической обработке?
9. Для чего и как производится обработка холодом?
10. Как изменяются скорость и температура нагрева изделия из легированной стали по сравнению с углеродистой?
11. В чем сущность и особенности термомеханической обработки?
12. Как влияет поверхностная закалка на эксплуатационные характеристики изделия?

13. Как регулируется глубина закаленного слоя при нагреве токами высокой частоты?

14. Каковы сущность и назначение диаграммы допустимых и преимущественных режимов нагрева под закалку токами высокой частоты?

15. Каковы преимущества поверхностной индукционной закалки?

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

При изучении основ химико-термической обработки следует исходить из того, что принципы химико-термической обработки едины. Процесс химико-термической обработки состоит из выделения атомарного насыщающего вещества внешней средой, захвата (сорбции) этих атомов поверхностью металла и диффузии их внутрь металла. Поэтому нужно рассмотреть реакции в газовой среде при цементации или азотировании и усвоить современные представления о диффузии в металлах. В большинстве случаев насыщение может происходить из твердой, жидкой и газовой сред, а поэтому нужно знать наиболее удачные варианты насыщения для каждого метода химико-термической обработки и конечные результаты (поверхностное упрочнение и изменение физико-химических свойств).

Разберитесь в технологии проведения отдельных видов химико-термической обработки. Уясните преимущества и области использования цементации, азотирования, цианирования и различных видов диффузионной металлизации. Объясните влияние легирования на механизм формирования структуры поверхностного слоя. Рассмотрите сущность и назначение дробеструйного поверхностного наклепа и его влияние на эксплуатационные свойства деталей машин.

### **В о п р о с ы   д л я   с а м о п р о в е р к и**

1. В чем заключаются физические основы химико-термической обработки?
2. Химизм процесса азотирования.
3. Химизм процесса цементации.
4. Назначение и режим термической обработки после цементации.



5. Чем отличаются режимы цементации легированной стали и углеродистой ?
6. Каковы свойства цементированных и азотированных изделий?
7. Химизм и назначение процесса цианирования.
8. В чем различие между диффузионным и гальваническим хромированием?
9. Для каких целей и как производится нитроцементация?
10. Сущность и назначение процесса борирования.
11. Как изменяются свойства изделий при дробеструйной обработке и какова природа этих изменений?
12. Как влияет поверхностное упрочнение на эксплуатационные характеристики изделий?

### *Конструкционные стали*

Нужно усвоить принципы маркировки стали и уметь по маркировке определить состав и особенности данной стали, а также иметь общее представление о разных группах стали.

Хорошо разберитесь во влиянии легирующих элементов на изменение структуры и свойств стали. Особое внимание уделите технологическим особенностям термической обработки легированной стали различных групп.

Рассмотрите способы классификации (по структуре в нормализованном состоянии, что особенно важно для машиностроителей, по назначению), основные принципы выбора для различного назначения цементируемых, улучшаемых, пружинно-рессорных, износостойких, высокопрочных, нержавеющей, жаропрочных сталей и сплавов.

При изучении жаропрочных сталей обратите внимание на особенности поведения металла в условиях нагружения при повышенных температурах. Уясните сущность явления ползучести и основные характеристики и области применения сталей различного структурного класса.

В качестве примеров указать две-три маркировки стали каждой группы, расшифровать состав, назначить режим термической обработки и охарактеризовать структуру, свойства и область применения.

## Вопросы для самопроверки

1. Расшифруйте химический состав стали марок: 40, 20X, 30ХГСА, 50Г, 110Г13, ШХ15, 18Х2Н4ВА, 5ХНМ, 12Х18Н9Т, Н18К8М5Т.
2. Как классифицируются легированные стали?
3. Как классифицируются конструкционные стали по технологии термической обработки?
4. Какие требования предъявляются к цементуемым изделиям?
5. Чем определяется выбор марки цементуемой стали для изделий различного назначения? Приведите примеры марок стали, используемых в различных условиях работы.
6. Какова термическая обработка цементуемых деталей?
7. Чем объясняется назначение процесса улучшения для конструкционной стали?
8. Как влияет степень легирования на механические свойства улучшаемой стали?
9. Какова термическая обработка улучшаемых сталей?
10. Чем определяется выбор марки улучшаемой стали для изделий различного назначения? Примеры марок стали, используемых в различных условиях работы.
11. Какие требования предъявляются к рессорно-пружинным сталям и как они классифицируются по прочностным свойствам?
12. Приведите примеры марок стали для рессор и пружин, работающих в различных условиях.
13. Термическая обработка рессорно-пружинной стали.
14. Какие вы знаете износостойкие стали?
15. Каковы особенности мартенситостареющих сталей?
16. Приведите примеры марок высокопрочной стали, назначьте режим обработки.
17. Каковы требования, предъявляемые к нержавеющей сталям?
18. В чем сущность электрохимической коррозии (основы теории)?
19. Укажите марки хромистых нержавеющей сталей. Их состав, термическую обработку, свойства и назначение.
20. Укажите марки хромоникелевых нержавеющей сталей. Их свойства, состав, термическую обработку, назначение.
21. Что такое окалиностойкость?
22. Каковы требования, предъявляемые к жаростойким сталям?

23. Какими способами можно повысить окалиностойкость?

24. Каковы требования, предъявляемые к жаропрочным сталям?

25. В чем сущность явления ползучести?

26. Приведите определения предела ползучести и предела длительной прочности. Что такое скорость ползучести? Каков физический смысл этих характеристик?

27. Какими способами можно повысить жаропрочность стали? Объясните природу упрочнения.

28. Приведите примеры жаропрочных сталей перлитного, мартенситного и аустенитного классов. Укажите их состав, обработку, свойства и области применения. 29. Каковы особенности и области применения металлокерамических твердых сплавов на основе карбидов титана, вольфрама и тантала? Их маркировка, структура и свойства.

### *Инструментальные стали*

Изучите классификацию инструментальных сталей в зависимости от применения инструмента и в связи с этим рассмотрите основные эксплуатационные свойства инструмента каждой группы. Особое внимание уделите быстрорежущим сталям. Уясните причины их высокой красностойкости и особенности термической обработки.

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

Студент обязан уметь выбрать марку стали для инструмента различного назначения, расшифровать ее состав, назначить режим термической обработки, объяснить сущность происходящих при термической обработке и указать получаемые структуру и свойства.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Расшифруйте химический состав стали марок: У10, 9ХС, ХВ1, Р18, Р18Ф2, Р9К10, Р9М4К8, Х12, 6ХВ2С, Х12М.

2. Как классифицируются инструментальные стали?

3. Требования, предъявляемые к сталям для режущего инструмента.

4. Приведите примеры углеродистых и легированных сталей, используемых для режущего инструмента. Укажите их состав, режим термической обработки, структуру и свойства.

5. Укажите и расшифруйте основные марки быстрорежущей стали.

6. В чем сущность явления красностойкости и каким образом можно повысить красностойкость инструмента?

7. Какова термическая обработка быстрорежущей стали?

8. Как подразделяются штамповые стали? Требования, предъявляемые к штамповым сталям для деформирования металла в холодном состоянии и к сталям – для деформирования металла в горячем состоянии.

9. Какие стали применяются для штампов холодной штамповки? Укажите их состав, термическую обработку, структуру и свойства.

10. Какие стали применяются для пресс-форм литья под давлением?

11. Какие требования предъявляются к сталям для измерительного инструмента? Укажите марки, стали, их состав, термическую обработку, структуру и свойства.

12. Что представляют собой твердые сплавы? Каковы их свойства и преимущества?

13. Укажите марки твердых сплавов, их состав и назначение.

### ***Специальные сплавы***

В этом разделе изучаются сплавы новой техники на основе титана и никеля.

Необходимо знать требования, предъявляемые к каждой группе сплавов, и их назначение.

Укажите две-три марки сплавов каждой группы. Расшифруйте их химический состав. Определите режимы термической обработки. Объясните структурные превращения. Охарактеризуйте получаемую микроструктуру и свойства.

Обратите внимание на полиморфизм титана и его легирование, на использование конструктивных титановых сплавов при обычной температуре и в качестве жаропрочных.

Расшифруйте маркировку, химический состав, свойства, термообработку и структуры отдельных групп никелевых сплавов.

## Вопросы для самопроверки

1. Каковы особенности титановых сплавов в области их применения?
2. Какой термической обработке подвергают сплавы на основе титана?
3. Приведите пример сплавов на основе титана.
4. Укажите их классификацию, состав, обработку, свойства и области применения.
5. То же о сплавах никелевых.
6. Как делятся никелевые сплавы в технологическом отношении?
7. Каковы марки никелевых сплавов?
8. Какова термообработка и микроструктуры отдельных групп никелевых сплавов?

## *Алюминий, магний и их сплавы*

Обратите внимание на основные преимущества алюминиевых и магниевых сплавов, связанные с их высокой удельной прочностью. Рассмотрите классификацию алюминиевых сплавов и обоснуйте технологический способ изготовления изделий из сплавов каждой группы. Разберитесь в основах теории термической обработки (старения) легких сплавов. Обоснуйте выбор способа упрочнения деформируемых и литейных сплавов.

Рассмотрите классификацию магниевых сплавов, их термическую обработку и защиту от коррозии.

## Вопросы для самопроверки

1. Свойства и применение алюминия.
2. Как классифицируются алюминиевые сплавы?
3. Какие сплавы упрочняются путем термической обработки? Укажите их марки, состав, режим термической обработки, свойства.
4. В чем сущность процесса старения?
5. Какие сплавы упрочняются нагартовкой?
6. Какие вы знаете литейные алюминиевые сплавы? Приведите их марки, состав, обработку, свойства.
7. Как и для чего производится модифицирование силумина?

8. Какие вы знаете жаропрочные алюминиевые сплавы? Укажите предельные рабочие температуры их использования.

9. Назовите алюминиевые сплавы, полученные методом порошковой металлургии, и укажите область их применения.

10. Каковы свойства магния?

11. Как классифицируются магниевые сплавы?

12. Укажите марки, состав, обработку, свойства и назначение различных сплавов на основе магния.

### ***Медь и ее сплавы. Баббиты***

Изучите классификацию медных сплавов и уясните маркировку, состав, структуру, свойства и области применения разных групп медных сплавов: бронз и латуней. Приведите марки, состав и свойства баббитов.

#### **В о п р о с ы   д л я   с а м о п р о в е р к и**

1. Как влияют примеси на свойства чистой меди?

2. Как классифицируют медные сплавы?

3. Какие сплавы относят к латуням? Их маркировка и состав.

4. Приведите несколько примеров латуней с указанием их состава, структуры, свойств и назначения.

5. Какие сплавы относят к бронзам? Их маркировка и состав.

6. Укажите строение, свойства и назначение различных бронз.

7. Какой термической обработке подвергают бериллиевую бронзу?

8. Укажите назначение, особенности структуры и маркировку баббитов.

## 2. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

### *Полимерные материалы*

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

Рассматривая пластические массы, необходимо понять, что это искусственные материалы, получаемые на основе органических полимерных связывающих веществ, которые являются обязательными компонентами пластмасс. Изучите различные группы пластических масс, их свойства и области применения.

### В о п р о с ы   д л я   с а м о п р о в е р к и

1. Что лежит в основе классификации полимеров?
2. Какие материалы относят к обратимым и необратимым полимерам?
3. Какие вы знаете наполнители пластмасс?
4. Для чего вводят в пластмассы отвердители?
5. Приведите примеры пластиков с твердыми наполнителями.
6. Укажите область применения термопластов и реактопластов.
7. В чем преимущество пластмасс по сравнению с металлическими материалами? Каковы их недостатки?

### ***Композиционные материалы***

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

#### **В о п р о с ы   д л я   с а м о п р о в е р к и**

1. Что такое композиты?
2. Как подразделяют композиты в зависимости от формы и размеров наполнителя?
3. Как подразделяют композиты по виду матрицы?
4. От чего зависят механические свойства композитов?
5. Какие композиционные материалы используют для работы при высоких температурах (жаропрочные)?



## КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ № 1 и 2

Задания на контрольные работы выдают индивидуально каждому студенту. Задание включает вопросы и задачи по основным разделам курса.

При выполнении контрольных работ студенты изучают методику выбора и назначения сталей для изготовления конкретных деталей машин и различного вида инструментов, а также знакомятся с особенностями распространенных материалов. Одновременно студент должен научиться пользоваться рекомендуемыми справочными материалами, с тем чтобы уметь в дальнейшем правильно выбрать материал при курсовом и дипломном проектировании; диаграммы состояния различных систем, а также диаграмма изотермического превращения аустенита эвтектоидной стали У8, необходимые для выполнения контрольной работы № 1, пример вычисления числа степеней свободы “С”, относительного количества фаз и их концентраций, а также методическое указание по разбору двойных диаграмм состояния и построению кривых охлаждения приведены в приложении.

Облегчит выполнение контрольной работы № 2 диаграмма состояния железо – цементит (и методические указания по ее построению) с нанесенными интервалами нагрева под различные виды термической обработки сталей (см. приложение).

### Порядок оформления контрольных работ № 1 и 2

Контрольные работы выполняются в виде пояснительной записки с подробным описанием всех выданных заданий на одной стороне листа бумаги форматом А4.

Необходимые рисунки, таблицы, графики приводятся в тексте пояснительной записки в порядке изложения материала и с соответствующей нумерацией (рис. 1, 2 ... и т.д.; таблица 1, 2 ... и т.д.; график 1, 2 ... и т.д.). Рисунки должны иметь надписи (например: Рис. 1. Изотермическое перлитное превращение стали), таблицы тоже имеют соответствующую нумерацию и заголовки (например: Таблица 2. Основные механические свойства сплава Д 16).

Графики выполняются с точным обозначением координатных осей (например: на оси ординат указывается температура, °С, а на оси абсцисс – состав сплава, %). Обязателен № графика и его наименование.

Титульный лист должен содержать название контрольной работы, тему задания, название предмета и кафедры, на которой выполняется контрольная работа; № группы, фамилию и инициалы студента. За титульным листом следует лист содержания с указанием разделов контрольной работы и номерами страниц.

В конце работы приводится список литературы, используемой студентом при ее выполнении.

Пояснительная записка представляется преподавателю на проверку в сшитом виде.

# ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ № 1

## по курсу “Материаловедение и технология материалов”

### Задание № 1

1. Возврат 1 рода и его влияние на свойства наклепанного металла.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения при кристаллизации сплава, содержащего 0,1 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 20°C.
  - б) Определить содержание аустенита в сплаве с 0,1 % C при 750 °C.
  - в) Каков фазовый состав ледебурита при  $t > 727$  °C и при  $t < 727$  °C?
  - г) Записать перитектическую реакцию и указать, где она протекает на диаграмме Fe-Fe<sub>3</sub>C.

### Задание № 2

1. Влияние типа кристаллической решетки на пластичность металлов и сплавов.
2. Диаграмма Fe – Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения при кристаллизации для сплава, содержащего 0,2 % C. Указать фазовый и структурный состав сплава при  $t = 900$ °C.
  - б) Определить содержание феррита в структуре сплава при  $t = 700$ °C.
  - в) Каково максимальное содержание углерода в аустените стали при  $t = 900$ °C.
  - г) Что такое линия ликвидус? Указать ее на диаграмме Fe-Fe<sub>3</sub>C.

### Задание № 3

1. Механизм процесса кристаллизации.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 0,65 % C. Указать фазовый и структурный состав сплава при  $t = 600$ °C.

- б) Найти в сплаве, содержащем 0,65% С, количество жидкой фазы при  $t = 1450^{\circ}\text{C}$  и указать ее химический состав.
- в) Что такое эвтектика?
- г) Какой чугун называется белым?

#### Задание № 4

1. Влияние пластической деформации на форму и размер зерна в стали.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
- а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения при кристаллизации сплава, содержащего 0,75 % С.
- б) Найти содержание фазы цементита в этом сплаве при температуре 500°C.
- в) Что такое эвтектоид?
- г) Дать определение линии солидус и указать ее на диаграмме Fe-Fe<sub>3</sub>C.

#### Задание № 5

1. Микроструктурный анализ металлов и сплавов.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
- а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения при кристаллизации сплава, содержащего 0,85% углерода.
- б) Найти содержание углерода в сплаве системы Fe-Fe<sub>3</sub>C, если при температуре 600°C в его структуре содержится 50% перлита и 50% феррита.
- в) Указать на диаграмме Fe-Fe<sub>3</sub>C линию предельной растворимости углерода в Fe- $\alpha$ .
- г) Что такое цементит?

#### Задание № 6

1. Макроструктурный анализ металлов и сплавов.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
- а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения при кристаллизации сплава, содержащего 0,9% углерода.
- б) Найти содержание углерода в сплаве системы Fe-Fe<sub>3</sub>C, если в его структуре при температуре 600°C содержится 50% перлита и 50% цементита.

- в) Написать эвтектическую реакцию и указать, в каких условиях в системе Fe-Fe<sub>3</sub>C она происходит.
- г) Что такое аустенит?

### Задание № 7

1. Твердость металлов и методы ее определения .
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 0,95% углерода.
  - б) Найти содержание углерода в сплаве системы Fe-Fe<sub>3</sub>C, в структуре которого содержится 30% ледобурита и 70% цементита.
  - в) Найти химический состав аустенита в сплаве, содержащем 1,5 % углерода при  $t = 800^{\circ}\text{C}$ .
  - г) Что такое чугун?

### Задание № 8

1. Механизм процесса кристаллизации металлов.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 0.15 % углерода.
  - б) Найти содержание углерода в сплаве системы Fe-Fe<sub>3</sub>C, если фазовый состав его при 600°C состоит из 50 % феррита и из 50 % цементита.
  - в) Найти химический состав феррита в сплаве, содержащем 5 % углерода при 600°C.
  - г) Что такое сталь?

### Задание № 9

1. Влияние степени переохлаждения при кристаллизации на размер зерна в стали.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 1,6 % углерода.
  - б) Найти весовое количество аустенита в этом сплаве и его химический состав при 800°C.

в) Указать фазовый и структурный состав сплава, содержащего 1,6% углерода при 500°C.

г) Чем отличается Fe- $\alpha$  от Fe- $\gamma$ ?

### Задание № 10

1. Строение слитка.

2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения при кристаллизации сплава, содержащего 1,65% углерода.

б) Найти весовое количество жидкой фазы в этом сплаве и ее химический состав при 1350°C.

в) Указать фазовый и структурный состав сплава, содержащего 5% углерода при 900°C.

г) Что такое компонент?

### Задание № 11

1. Поверхностные дефекты в металлах.

2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 1,75% углерода.

б) Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 500°C.

в) В структуре сплава содержится 95% перлита и 5% цементита. Найти содержание углерода в сплаве.

г) Что такое фаза?

### Задание № 12

1. Влияние несовершенств кристаллической решетки (точечных, линейных, поверхностных) на механические свойства металлов.

2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 1,8% углерода.

б) Найти весовое количество аустенита в этом сплаве и его химический состав при 1300°C.

в) Указать фазовый и структурный состав сплава, содержащего 2,5% углерода при 900°C.

г) Что такое структура?

### Задание № 13

1. Влияние температуры нагрева и времени выдержки при этой температуре на размер рекристаллизованного зерна.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 1,85% углерода.
  - б) Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 500°C.
  - в) Найти весовое количество ледебурита в структуре сплава, содержащего 6% углерода при 900°C.
  - г) Какое превращение называется эвтектическим?

### Задание № 14

1. Критическая степень деформации при рекристаллизации и ее влияние на свойства.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 1,9% углерода.
  - б) Найти содержание перлита в структуре этого сплава при 700°C.
  - в) Указать фазовый и структурный состав сплава, содержащего 3% углерода при 900°C.
  - г) Что такое эвтектоид?

### Задание № 15

1. Твердые растворы вычитания.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 5,2% углерода.
  - б) Найти фазовый и структурный состав сплава, содержащего 0,5% углерода при 400°C.
  - в) Найти содержание аустенита и его химический состав в сплаве, содержащем 5,2% углерода при 1000°C.
  - г) Что происходит на линии GS диаграммы Fe-Fe<sub>3</sub>C.

### Задание № 16

1. Влияние содержания углерода на свойства сталей.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

- а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 5,5% углерода.
- б) Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 600°C.
- в) Найти содержание цементита в структуре сплава, содержащего 5,5% углерода при 800°C.
- г) Какова предельная растворимость углерода в аустените?

#### Задание № 17

- 1. Влияние примесей на свойства стали.
- 2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 4,2 % углерода.
  - б) Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 20°C.
  - в) Найти содержание фазы цементита в сплаве, содержащем 4,2 % при 900°C.
  - г) Какова максимальная растворимость углерода в Fe-α.

#### Задание № 18

- 1. Горячекатаная углеродистая сталь общего назначения.
- 2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 3,7 % углерода.
  - б) Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 750°C.
  - в) В структуре сплава содержится 70 % ледебурита и 30 % цементита. Найти содержание углерода в стали.
  - г) Что такое доэвтектоидная сталь?

#### Задание № 19

- 1. Листовая углеродистая сталь для холодной штамповки.
- 2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 1,25% углерода.
  - б) Найти содержание углерода в сплаве, если в структуре его содержится 40% перлита и 60 % феррита.
  - в) Указать фазовый и структурный состав сплава, содержащего 1,25 % углерода при 800°C.
  - г) Что такое заэвтектоидная сталь?



### Задание № 20

1. Классификация и маркировка углеродистых сталей.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 1,3 % углерода.
  - б) Фазовый состав сплава состоит из 30 % феррита и 70 % цементита. Найти содержание углерода в сплаве.
  - в) Найти весовое количество феррита и его химический состав в сплаве, содержащем 0,5 % углерода при 700°C.
  - г) Сколько углерода может содержаться в доэвтектическом чугуне?

### Задание № 21

1. Серый чугун. Марки, классификация, термообработка, области применения.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 0,04 % углерода.
  - б) Указать фазовый и структурный состав сплава, содержащего 0,8 % углерода при 20°C.
  - в) Найти весовое количество и химический состав жидкой фазы в сплаве, содержащем 2,14 % углерода при 1300°C.
  - г) Что такое перлит?

### Задание № 22

1. Ковкий чугун. Маркировка, классификация, термообработка и области применения.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения сплава, содержащего 1,95 % углерода.
  - б) Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 300°C.
  - в) Найти весовое количество аустенита и его химический состав в сплаве, содержащем 1,95 % углерода при 850°C.
  - г) Что происходит при нагреве на линии NH диаграммы Fe-Fe<sub>3</sub>C.

### Задание № 23

1. Высокопрочный чугуn. Маркировка, термообработка, области применения.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 2,7 % углерода.
  - б) Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 1000°C.
  - в) Найти весовое количество фазы аустенита и химический состав аустенита в сплаве, содержащем 2.7 % углерода при 1000°C.
  - г) Что такое ледебурит?

### Задание № 24

1. Влияние границ зерен на пластическую деформацию поликристаллов.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 5,3 % углерода.
  - б) Найти содержание жидкой фазы и ее химический состав в этом сплаве при 1200°C.
  - в) Указать фазовый и структурный состав сплава, содержащего 5,3 % углерода при 200°C.
  - г) Написать эвтектоидную реакцию в системе Fe-Fe<sub>3</sub>C.

### Задание № 25

1. Фазы внедрения.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения при кристаллизации для сплава, содержащего 5,3 % углерода.
  - б) В структуре сплава содержится 90 % ледебурита и 10 % цементита. Найти содержание углерода в сплаве.
  - в) Указать фазовый и структурный состав сплава, содержащего 4,3 % углерода при 900°C.
  - г) Что такое перитектическое превращение?

### Задание № 26

1. Автоматные стали.
2. Диаграмма Fe – Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения при кристаллизации для сплава, содержащего 3,6 % углерода.
  - б) Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 700°C.
  - в) При 1300°C сплав состоит из 50 % аустенита и 50 % жидкой фазы. Найти содержание углерода в сплаве.
  - г) Указать линию предельной растворимости углерода в Fe-δ на диаграмме Fe-Fe<sub>3</sub>C.

### Задание № 27

1. Процесс графитизации чугунов.
2. Диаграмма Fe – Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения при кристаллизации для сплава, содержащего 3,2 % углерода.
  - б) Указать фазовый и структурный состав сплава при 950°C.
  - в) Фазовый состав сплава состоит из 20 % феррита и 80 % цементита. Найти содержание углерода в сплаве.
  - г) Что происходит при нагреве в т. N диаграммы Fe-Fe<sub>3</sub>C?

### Задание № 28

1. Форма графита в сером чугуне и ее влияние на свойства.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 3,8 % углерода.
  - б) Нарисовать фазовый и структурный состав этого сплава при 500°C.
  - в) При 900°C сплав содержит 10 % цементита и 90 % феррита. Найти содержание углерода в сплаве.
  - г) Что происходит в т. S на диаграмме Fe-Fe<sub>3</sub>C?

### Задание № 29

1. Механизм горячей пластической деформации.
2. Диаграмма Fe – Fe<sub>3</sub>C:

- а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 4,6% углерода.
- б) Указать химический состав фаз, содержащихся в этом сплаве при 900°C.
- в) При 700°C сплав состоит из 40% перлита и 60% феррита. Найти содержание углерода в сплаве.
- г) Что происходит в т. С на диаграмме Fe-Fe<sub>3</sub>C?

### Задание № 30

1. Влияние скорости нагрева до температуры рекристаллизации на размер рекристаллизованного зерна.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 4,8% углерода.
  - б) Указать химический состав фаз, содержащихся в этом сплаве при 600°C.
  - в) При 750 °C в структуре сплава 50 % феррита и 50 % аустенита. Найти содержание углерода в сплаве.
  - г) Что происходит в т. J на диаграмме Fe-Fe<sub>3</sub>C ?

### Задание № 31

1. Типы связей атомов в твердых веществах. Металлический тип связи. Свойства, обусловленные металлическим типом связи.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 0,4 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 20°C.
  - б) Описать сущность эвтектического превращения в системе Fe-Fe<sub>3</sub>C.
  - в) Найти содержание феррита в сплаве (Fe + 0,4% C) при 750°C и его химический состав.
  - г) Что называется линией ликвидус?

### Задание № 32

1. Типы кристаллических решеток, наиболее часто встречающихся в металлах. Элементарная ячейка и ее основные характеристики (период, координационное число, плотность упаковки).

## 2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 0,02% углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 20°C.

б) Найти содержание аустенита в сплаве (Fe + 0,4% C) при 800°C и его химический состав.

в) Описать сущность эвтектоидного превращения в системе Fe-Fe<sub>3</sub>C.

г) Что называется линией солидус?

### Задание № 33

1. Аллотропия металлов и ее влияние на свойства. Аллотропия железа.

## 2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 0,8% углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при комнатной температуре.

б) Найти содержание феррита в сплаве (Fe + 0,8% C) при 20°C и его химический состав.

в) Описать сущность перитектического превращения в системе Fe-Fe<sub>3</sub>C.

г) Что происходит на линии GS диаграммы Fe-Fe<sub>3</sub>C?

### Задание № 34

1. Влияние типа кристаллической решетки на пластичность металлов.

## 2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 0,6% углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 300°C.

б) В структуре стали содержится 90% перлита и 10% цементита. Каково приблизительное содержание углерода в этой стали?

в) Чем объяснить появление на кривых охлаждения стали температурных остановок?

г) Что такое ковкий чугун?

### Задание № 35

1. Влияние пластической деформации на анизотропию свойств.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 0,7 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 900°C.
  - б) В структуре стали содержится 50 % перлита и 50 % феррита. Каково приблизительное содержание в ней углерода?
  - в) В чем отличие серого чугуна от ковкого?
  - г) Как влияет наличие эвтектики на свойства сплавов железа с углеродом?

### Задание № 36

1. Собирабельная рекристаллизация и ее влияние на свойства металлов.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 3,5 % углерода; указать фазовый и структурный состав этого сплава при 800°C.
  - б) В структуре стали содержится 50 % цементита и 50 % феррита. Указать приблизительное содержание углерода в этом сплаве.
  - в) Что происходит при охлаждении в точке S на диаграмме Fe-Fe<sub>3</sub>C ?
  - г) Что такое правило фаз?

### Задание № 37

1. Полигонизация и ее влияние на свойства.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 4 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 950 °C.
  - б) В структуре сплава Fe-Fe<sub>3</sub>C содержится 70 % ледебурита и 30 % цементита. Указать содержание углерода в этом сплаве.
  - в) Какое превращение называется перитектическим? В сплавах с каким содержанием углерода оно протескает?
  - г) Какой чугун называется ковким?

### Задание № 38

1. Наклеп. Его физическая сущность.

2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 4,5 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 500°C.

б) Сплав железа и углерода состоит при 900°C из 80 % аустенита и 20 % цементита. Найти содержание углерода в этом сплаве.

в) Что происходит в точке G на диаграмме Fe-Fe<sub>3</sub>C при охлаждении?

г) В чем смысл эвтектоидного превращения?

### Задание № 39

1. Хрупкий и вязкий излом в металлах.

2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 6 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 600°C.

б) Структура сплава железа с углеродом при 600°C состоит из 40 % перлита и 60 % феррита. Найти содержание углерода в сплаве.

в) В чем суть аллотропического превращения в железе?

г) Что происходит на линии SE на диаграмме Fe-Fe<sub>3</sub>C ?

### Задание № 40

1. Правило отрезков.

2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 1,7 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 750°C.

б) В сплаве, содержащем 1,7 % углерода, найти весовое количество и химический состав аустенита при 800°C.

в) Из каких фаз состоит ледебурит при 700°C?

г) Какой чугуны называется белым?

### Задание № 41

1. Дендритная ликвация. Причины ее возникновения.

2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 0,16 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 750°C.

б) В структуре белого чугуна содержится 90 % ледобурита и 10 % цементита. Каково приблизительное содержание в нем углерода?

в) Как влияет содержание углерода на прочность стали?

г) Что такое аустенит?

### Задание № 42

1. Механизм двойникования при холодной пластической деформации металлов.

2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 0,3 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 20°C.

б) В структуре стали при 20°C содержится 20 % перлита и 80 % феррита. Каково приблизительное содержание в ней углерода?

в) Чем отличается серый чугун от белого?

г) Из каких фаз состоит ледобурит при 900°C?

### Задание № 43

1. Химические соединения и промежуточные фазы в сплавах.

2. Диаграмма Fe – Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 2,5 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при температуре 1000°C.

б) Определить весовое содержание аустенита и его химический состав в сплаве, содержащем 2,5 % углерода при 900°C.

в) Какое превращение протекает в точке N диаграммы Fe-Fe<sub>3</sub>C?

г) Что такое перлит?

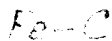


### Задание № 44

1. Твердые растворы замещения. Условия образования неограниченных твердых растворов.

2. Диаграмма Fe – Fe<sub>3</sub>C:





а) Нарисовать диаграмму  $Fe-Fe_3C$  и кривую охлаждения для сплава, содержащего 2 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 700°C.

б) Определить весовое содержание перлита в сплаве, содержащем 2 % углерода при 600°C.

в) Какое превращение протекает на линии JE на диаграмме  $Fe-Fe_3C$ ? ( $Fe-C$ )

г) Что такое феррит?

#### Задание № 45

1. Правило фаз и его использование при построении кривых охлаждения сплавов.

2. Диаграмма  $Fe-Fe_3C$ :

а) Нарисовать диаграмму  $Fe-Fe_3C$  и кривую охлаждения для сплава, содержащего 0,5 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 20°C.

б) Описать превращения, происходящие в точке G на диаграмме  $Fe-Fe_3C$  при нагреве.

в) Что такое перитектика? На какой линии диаграммы  $Fe-Fe_3C$  протекает перитектическая реакция?

г) В чем отличие стали от чугуна?

#### Задание № 46

1. Твердые растворы замещения. Условия образования неограниченных твердых растворов.

2. Диаграмма  $Fe-Fe_3C$ :

а) Нарисовать диаграмму  $Fe-Fe_3C$  и кривую охлаждения для сплава, содержащего 0,35% углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 700°C.

б) Каково содержание ледебурита в сплаве с 5% углерода при 900°C?

в) Какова предельная растворимость углерода в аустените?

г) В какой форме находится углерод в белом чугуне?

#### Задание № 47

1. Явление упорядочения в твердых растворах и его влияние на свойства.

2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 0,55 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 600°C.

б) В сплаве Fe-Fe<sub>3</sub>C при 1000°C содержится 50 % аустенита и 50 % цементита. Каково содержание углерода в этом сплаве?

в) Какова предельная растворимость углерода в феррите?

г) В чем смысл перитектического превращения?

**Задание № 48**

1. Твердые растворы внедрения. Условия их образования.

2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 0,25 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 600°C.

б) В структуре заэвтектоидной стали содержится 90 % перлита. Определить содержание углерода в этой стали.

в) Как влияет повышение содержания углерода на прочность стали?

г) Что такое линия ликвидус?

**Задание № 49**

1. Рекристаллизация, ее сущность и влияние на механические свойства. Влияние различных факторов на температуру начала первичной рекристаллизации.

2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 1,2 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 400°C.

б) В структуре сплава содержится 70 % перлита и 30 % феррита. Найти содержание углерода в сплаве.

в) Какой чугун называется высокопрочным?

г) Что такое цементит и каковы его свойства?

**Задание № 50**

1. Изменение размера зерна при рекристаллизации в зависимости от температуры, времени и степени деформации.

## 2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 1,4 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 800°С.

б) В сплаве Fe-Fe<sub>3</sub>C при 900° С содержится 70 % аустенита и 30 % цементита. Найти содержание углерода в сплаве.

в) Какая форма графитных включений в наименьшей степени уменьшает прочность серого чугуна?

г) Что происходит в точке С на диаграмме Fe-Fe<sub>3</sub>C ?

### Задание № 51

1. Сущность холодной и горячей пластической деформации.

#### 2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 2,4 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 700°С.

б) Какое содержание перлита в сплаве с 0,45% углерода при 750°С?

в). Что такое эвтектоид?

г). По какому принципу подразделяют серый чугун, ковкий и высокопрочный?

### Задание № 52

1. Особенности пластической деформации поликристаллов.

#### 2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 1 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 700°С.

б) В структуре стали содержится 60 % перлита и 40 % феррита. Указать приблизительное процентное содержание углерода в этой стали.

в) Что происходит на линии PG при нагреве в этих сталях?

г) Чем отличается феррит от аустенита?

### Задание № 53

1. Влияние пластической деформации на структуру и свойства металлов. Наклеп.

2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 1,2 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 20°C.

б) Структура сплава состоит из 80 % ледобурита и 20 % цементита. Указать содержание углерода в сплаве.

в) Как влияет форма графитных включений на свойства серого чугуна?

г) Что такое перлит?

**Задание № 54**

1. Влияние нагрева на структуру и свойства наклепанного металла.

2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 0,45 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 400°C.

б) В структуре заэвтектоидной стали содержится 80 % перлита. Определить приблизительное содержание углерода в этой стали.

в) Как влияет увеличение содержания углерода в стали на ее пластичность?

г) В сплавах с каким содержанием углерода протекает эвтектическое превращение?

**Задание № 55**

1. Строение монокристаллов и поликристаллов. Блочная структура. Влияние размера зерна на свойства.

2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 4,3 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при комнатной температуре.

б) Найти весовое содержание аустенита и его химический состав в сплаве Fe-Fe<sub>3</sub>C с содержанием углерода 4,3 % при 800°C.

в) Какое превращение протекает на линии СД на диаграмме Fe-Fe<sub>3</sub>C ?

г) Что такое цементит?

### Задание № 56

1. Механизм упругой деформации металлов. Модуль упругости 1-го рода.

2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 5 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при комнатной температуре.

б) Найти весовое содержание ледебурита в сплаве с содержанием углерода 5 % при 900°C.

в) Какое превращение протекает на линии PSK диаграммы Fe-Fe<sub>3</sub>C ?

г) Что такое аустенит?

### Задание № 57

1. Механизм скольжения при холодной пластической деформации. Роль дислокаций в данном процессе.

2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 0,9 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 500°C.

б) В структуре стали содержится 40 % перлита и 60 % феррита. Найти приблизительное содержание углерода в этой стали.

в) В чем суть эвтектического превращения в системе Fe-Fe<sub>3</sub>C?

г) Как влияет форма графита на свойства серого чугуна?

### Задание № 58

1. Текстура в поликристаллических металлах. Ее влияние на анизотропию свойств.

2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 1,5 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при комнатной температуре.

б) Найти содержание аустенита в сплаве (Fe+1,5 % C) при 800°C и его химический состав.

в) В чем отличие аустенита от феррита?

г) Что происходит в точке S на диаграмме Fe-Fe<sub>3</sub>C ?

### Задание № 59

1. Точечные дефекты в кристаллической решетке металлов и их влияние на свойства.

2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 2,14 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при комнатной температуре.

б) При исследовании структуры доэвтектоидной стали установлено, что в ней при 20°C примерно 30 % перлита. Каково процентное содержание углерода в этой стали?

в) Какое превращение происходит в точке G на диаграмме Fe-Fe<sub>3</sub>C ?

г) Какое превращение называется эвтектическим?

### Задание № 60

1. Линейные дефекты в кристаллической решетке и их влияние на свойства металлов.

2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 3% углерода . Указать фазовый и структурный состав этого сплава при комнатной температуре.

б) При исследовании заэвтектоидной стали в ней обнаружили 98 % перлита и 2 % цементита. Каково процентное содержание углерода в этой стали?

в) Какое превращение происходит на линии GS на диаграмме Fe-Fe<sub>3</sub>C ?

г) Что такое эвтектика?

### Задание № 61

1. Механизм двойникования при холодной пластической деформации металлов.

2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 0,3 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 20°C.

- б) В структуре стали при 20°C содержится 20 % перлита и 80 % феррита. Каково приблизительное содержание в нем углерода?
- в) Чем отличается серый чугу́н от белого?
- г) Из каких фаз состоит ледебурит при 900°C?

### Задание № 62

1. Возврат 1-го рода и его влияние на свойства наклепанного металла.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
- а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения при кристаллизации сплава, содержащего 0,1 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 20°C.
- б) Определить содержание аустенита в сплаве с 0,1 % С при 750°C.
- в) Каков фазовый состав ледебурита при  $t > 727^\circ\text{C}$  и при  $t < 727^\circ\text{C}$ .
- г) Записать перитектическую реакцию и указать, где она протекает на диаграмме Fe-Fe<sub>3</sub>C.

### Задание № 63

1. Рекристаллизация, ее сущность и влияние на механические свойства. Влияние различных факторов на температуру начала первичной рекристаллизации.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
- а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 1,2 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 400°C.
- б) В структуре сплава содержится 70 % перлита и 30 % феррита. Найти содержание углерода в сплаве.
- в) Какой чугу́н называется высокопрочным?
- г) Что такое цементит и каковы его свойства?

### Задание № 64

1. Высокопрочный чугу́н. Маркировка, термообработка, области применения.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

- а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 2,7% углерода.
- б) Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 1000°C.
- в) Найти весовое количество фазы аустенита и химический состав аустенита в сплаве, содержащем 2,7% углерода при 1000°C.
- г) Что такое ледебурит?

#### **Задание № 65**

1. Влияние примесей на свойства стали.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 4,2 % углерода.
  - б) Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 20°C.
  - в) Найти содержание фазы цементита в сплаве, содержащем 4,2 % при 900°C.
  - г) Какова максимальная растворимость углерода в Fe-α?

#### **Задание № 66**

1. Твердость металлов и методы ее определения.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 0,95 % углерода.
  - б) Найти содержание углерода в сплаве системы Fe-Fe<sub>3</sub>C, в структуре которого содержится 30 % ледебурита и 70 % цементита.
  - в) Найти химический состав аустенита в сплаве, содержащем 1,5 % C при t = 800°C.
  - г) Что такое чугуны?

#### **Задание № 67**

1. Механизм процесса кристаллизации металлов.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 0,15 % углерода.
  - б) Найти содержание углерода в сплаве системы Fe-Fe<sub>3</sub>C, если фазовый состав его при 600°C состоит из 50 % феррита и 50 % цементита.



- в) Найти химический состав феррита в сплаве, содержащем 5% углерода при 600°C.
- г) Что такое сталь?

### Задание № 68

1. Строение слитка.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения при кристаллизации сплава, содержащего 1,65 % углерода.
  - б) Найти весовое количество жидкой фазы в этом сплаве и ее химический состав при 1350°C.
  - в) Указать фазовый и структурный состав сплава, содержащего 5 % углерода при 900°C.
  - г) Что такое компонент?

### Задание № 69

1. Влияние несовершенств в кристаллической решетке (точечных, линейных, поверхностных) на механические свойства металлов.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 1,8 % углерода.
  - б) Найти весовое количество аустенита в этом сплаве и его химический состав при 1300°C.
  - в) Указать фазовый и структурный состав сплава, содержащего 2,5 % углерода при 900°C.
  - г) Что такое структура?

### Задание № 70

1. Твердые растворы вычитания.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 5,2 % углерода.
  - б) Найти фазовый и структурный состав сплава, содержащего 0,5 % углерода при 400°C.

- в) Найти содержание аустенита и его химический состав в сплаве, содержащем 5,2 % углерода при 1000°C.
- г) Что происходит на линии GS диаграммы Fe-Fe<sub>3</sub>C.

### Задание № 71

1. Ковкий чугун. Маркировка, классификация, термообработка и области применения.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
- а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения сплава, содержащего 1,95 % углерода.
- б) Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 300°C.
- в) Найти весовое количество аустенита и его химический состав в сплаве, содержащем 1,95 % углерода при 850°C.
- г) Что происходит при нагреве на линии NH диаграммы Fe-Fe<sub>3</sub>C?

### Задание № 72

1. Фазы внедрения.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
- а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения при кристаллизации для сплава, содержащего 5,3 % углерода.
- б) В структуре сплава содержится 90 % ледобурита и 10 % цементита. Найти содержание углерода в сплаве.
- в) Указать фазовый и структурный состав сплава, содержащего 4,3 % углерода при 900°C.
- г) Что такое перитектическое превращение?

### Задание № 73

1. Фазы внедрения.
2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:
- а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения при кристаллизации для сплава, содержащего 5,3 % углерода.
- б) В структуре сплава содержится 90 % ледобурита и 10 % цементита. Найти содержание углерода в сплаве.
- в) Указать фазовый и структурный состав сплава, содержащего 4,3 % углерода при 900°C.
- г) Что такое перитектическое превращение?

### Задание № 74

1. Аллотропия металлов и ее влияние на свойства. Аллотропия железа.

2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 0,8 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при комнатной температуре.

б) Найти содержание феррита в сплаве (Fe + 0,8 %C) при 20°C и его химический состав.

в) Описать сущность перитектического превращения в системе Fe-Fe<sub>3</sub>C.

г) Что происходит на линии GS на диаграмме Fe-Fe<sub>3</sub>C.

### Задание № 75

1. Влияние пластической деформации на структуру и свойства металлов. Наклеп.

2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 1,2 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 20°C.

б) Структура сплава состоит из 80 % ледобурита и 20 % цементита. Указать содержание углерода в сплаве.

в) Как влияет форма графитных включений на свойства серого чугуна?

г) Что такое перлит?

### Задание № 76

1. Строение монокристаллов и поликристаллов. Блочная структура. Влияние размера зерна на свойства.

2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 4,3 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при комнатной температуре.

б) Найти весовое содержание аустенита и его химический состав в сплаве Fe-Fe<sub>3</sub>C с содержанием углерода 4,3 % при 800°.

в) Какое превращение протекает на линии СД на диаграмме Fe-Fe<sub>3</sub>C ?

г) Что такое цементит?

### Задание № 77

1. Механизм упругой деформации металлов. Модуль упругости 1-го рода.

2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 5 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при комнатной температуре.

б) Найти весовое содержание ледебурита в сплаве с содержанием углерода 5 % при 900°C.

в) Какое превращение протекает на линии PSK на диаграмме Fe-Fe<sub>3</sub>C ?

г) Что такое аустенит?

### Задание № 78.

1. Механизм скольжения при холодной пластической деформации. Роль дислокаций.

2. Диаграмма Fe-Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 0,9 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 500°C.

б) В структуре стали содержится 40 % перлита и 60 % феррита. Найти приблизительное содержание углерода в этой стали.

в) В чем суть эвтектического превращения в системе Fe-Fe<sub>3</sub>C ?

г) Как влияет форма графита на свойства серого чугуна?

### Задание № 79

1. Химические соединения и промежуточные фазы в сплавах.

2. Диаграмма Fe – Fe<sub>3</sub>C:

а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 2,5 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при температуре 1000°C.

- б) Определить весовое содержание аустенита и его химический состав в сплаве, содержащем 2,5 % углерода при 900°C?
- в) Какое превращение протекает в точке N диаграммы Fe-Fe<sub>3</sub>C?
- г) Что такое перлит?

### **Задание № 80**

1. Твердые растворы замещения. Условия образования неограниченных твердых растворов.
2. Диаграмма Fe – Fe<sub>3</sub>C:
  - а) Нарисовать диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C и кривую охлаждения для сплава, содержащего 2 % углерода. Указать фазовый и структурный состав этого сплава при 700°C.
  - б) Определить весовое содержание перлита в сплаве, содержащем 2 % углерода при 600°C.
  - в) Какое превращение протекает на линии JE на диаграмме Fe-Fe<sub>3</sub>C ?
  - г) Что такое феррит?

### **ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ № 2 по курсу “Материаловедение и технология материалов”**

#### **Задание № 1**

1. Диаграмма изотермического превращения аустенита стали У8.
2. Опишите механизм упрочняющей термообработки, протекающей без полиморфного превращения (на примере сплава Д16).

#### **Задание № 2**

1. Объясните причину применения на практике полной закалки для доэвтектоидных сталей и неполной закалки для заэвтектоидных сталей (охлаждающая среда – вода).
2. Естественное и искусственное старения как окончательная упрочняющая термообработка алюминиевых сплавов.

#### **Задание № 3**

1. Сущность, назначение и структура, получаемая после операции “улучшения” в конструкционных сталях.

2. Опишите виды термообработки, применяемые к двухфазным титановым сплавам.

#### **Задание № 4**

1. Опишите влияние отпуска как заключительной операции термической обработки на свойства сталей.

2. Для обшивки летательных аппаратов выбран сплав ВТ6. Укажите химический состав сплава, упрочняющую термообработку и окончательную структуру.

#### **Задание № 5**

1. Закалочные среды и способы закалки углеродистых сталей. Нанесите кривые охлаждения для разных способов закалки на диаграмму изотермического распада аустенита для стали У8.

2. Опишите по стадиям операцию термообработки, которая позволяет в сплаве Д16 получить основную фазу – упрочнитель  $\text{CuAl}_2$ .

#### **Задание № 6**

1. Разновидность отжигов с фазовой перекристаллизацией. Нормализация стали.

2. Описать зависимость структуры титановых сплавов от скорости их охлаждения из  $\beta$ -области при термической обработке и от концентрации  $\alpha$  и  $\beta$ -стабилизаторов в сплаве.

#### **Задание № 7**

1. Методы определения прокаливаемости сталей. Полу-мартенситная зона. Критический диаметр. Факторы, увеличивающие прокаливаемость.

2. Сталь 40 подвергалась закалке от температур 760°C и 840°C. Опишите структурные превращения и объясните причины получения разных структур. Какой режим закалки является оптимальным для стали 40?

#### **Задание № 8**

1. Выбор температуры закалки доэвтектоидных и заэвтектоидных сталей в зависимости от температуры критических точек

$A_{c3}$  и  $A_{c1}$ . Фазовые превращения в данных сталях после охлаждения с критической скоростью.

2. В чем отличие обычной закалки от ступенчатой и изотермической? Каковы преимущества и недостатки каждого из этих видов закалки?

### Задание № 9

1. Классификация видов термической обработки. Опишите фазовые превращения и изменение свойств в результате проведения термической обработки.

2. Вычертите диаграмму изотермического превращения для стали У8, нанесите на нее кривую режима термической обработки, обеспечивающую получение твердости HRC = 60-63 единицы. Как называется этот режим, какова его сущность и структура, получаемая при этом?

### Задание № 10

1. Мартенситное превращение, его механизм, особенности и условия образования мартенсита при закалке стали.

2. Изделия из стали 45 были подвергнуты операции термообработки – “улучшению”. Опишите режим термической обработки, сущность происходящих фазовых превращений, окончательную структуру и свойства стали.

### Задание № 11

1. Кривые изотермического превращения аустенита для стали У8. Бейнитное превращение, его механизм, особенности и структура.

2. Изделия из стали после правильно выполненной закалки и последующего отпуска имеют твердость более низкую, чем предусмотрено техническими условиями. Опишите дефекты, возникающие после термической обработки. Особо отметьте дефект, вызывающий понижение твердости; чем он вызван и как можно его исправить.

### Задание № 12

1. Влияние упрочняющей термической обработки на свойства доэвтектоидных сталей.

2. Механизм полиморфного превращения в титановых сплавах при медленном и быстром охлаждении.

### **Задание № 13**

1. Опишите четыре основных превращения при термической обработке стали.

2. Детали самолета изготовлены из сплава АМг6. Укажите химический состав. К какой группе он относится по отношению к термической обработке? Характеристики механических свойств в зависимости от способа упрочнения данного сплава.

### **Задание № 14**

1. Классификация видов термической обработки сталей.

2. Опишите механизм и изменения структуры деформируемых термически упрочняемых алюминиевых сплавов (типа Д1, Д16) в процессах старения.

### **Задание № 15**

1. Виды, сущность и назначение отжигов I и II рода.

2. Детали самолета изготовлены из сплава Д16. Укажите химический состав, свойства и способ термического упрочнения данного сплава.

### **Задание № 16**

1. Поверхностная закалка токами высокой частоты. Регулирование глубины закаленного слоя.

2. С помощью диаграммы железо-цементит определите температуры нормализации, отжига и закалки для стали У10. Опишите микроструктуру, режим термообработки и свойства стали после каждого вида обработки.

### **Задание № 17**

1. Цементация стали, ее разновидности. Цементуемые стали. Термообработка после цементации. Структура поверхностного слоя.

2. По диаграмме железо-цементит определите температуры закалки и отпуска для углеродистой стали 40, необходимые для



получения твердости  $HV = 400$ . Опишите фазовые превращения в стали в процессе закалки и отпуска.

### **Задание № 18**

1. Особенности термической обработки быстрорежущих сталей. Назначение обработки холодом.

2. После закалки стали 45 (скорость охлаждения выше критической) была получена структура, состоящая из мартенсита и феррита. С помощью диаграммы железо-цементит по химическому составу стали назовите температуру закалки. Назовите такой вид закалки. Опишите фазовые превращения в стали при нагреве и охлаждении.

### **Задание № 19**

1. Основные превращения при отпуске стали. Структуры и механические свойства после разных видов отпуска.

2. С помощью диаграммы железо-цементит определите температуру полного, неполного отжига и нормализации для стали 30. Охарактеризуйте эти режимы термической обработки. Опишите микроструктуру и свойства стали после каждого вида обработки.

### **Задание № 20**

1. Кривые изотермического распада аустенита для стали У8. Перлитное превращение, его механизм, особенности структуры.

2. Пружину из стали 65 термически обработать на окончательную твердость  $HRC = 40-42$  единицы. Опишите виды термической обработки, фазовые превращения, окончательную структуру и соответствующие ей свойства.

### **Задание № 21**

1. Токонпроводящие упругие элементы изготовлены из сплава БрБНТ-1,9. Опишите химический состав, режим термической обработки, природу упрочнения. Приведите свойства данного сплава.

2. Процесс прочностного азотирования. Назовите марки азотируемых сталей, их термообработку и структуру поверхностного слоя.

### **Задание № 22**

1. Латунь Л80 используют для изготовления деталей путем глубокой вытяжки. Опишите структуру сплава, химический состав и режим термической обработки, применяемой между отдельными операциями вытяжки для повышения пластичности сплава.

2. Опишите влияние упрочняющей термообработки на свойства заэвтектоидных углеродистых сталей и их микроструктуру (используйте диаграмму железо-цементит); опишите механические свойства.

### **Задание № 23**

1. Детали, работающие в слабых агрессивных средах, изготавливают из стали 30Х13.

Укажите химический состав стали и назначение хрома. Назовите группу стали по структуре, получаемой после термической обработки. Опишите операции термообработки.

2. Опишите отличие способа закалки стали в двух охладителях от ступенчатой и изотермической, используя кривые изотермического распада аустенита для стали У8. Назовите преимущества и недостатки каждого из этих видов закалки. Структура.

### **Задание № 24**

1. Назначьте режим термической обработки (виды, температуру, охлаждающую среду) инструмента из стали У12А. Используя диаграмму железо-цементит, опишите сущность происходящих превращений в стали, окончательную микроструктуру и твердость после термообработки.

2. Литейные магниевые сплавы. Особенности легирования, структуры, литья, термической обработки; маркировка.

### **Задание № 25**

1. Детали подшипников качения изготавливают из стали ШХ15СГ. Укажите химический состав стали. Назначьте режим термообработки и приведите свойства стали после нее.

2. Цианирование. Особенности и разновидности данного процесса химико-термической обработки. Структура поверхностного слоя в зависимости от режимов.

### **Задание № 26**

1. Назначьте режим упрочняющей поверхностной обработки зуба шестерни, которая изготовлена из стали 20ХГР. Опишите микроструктуру и свойства поверхности зуба с твердостью HRC = 58-62 единицы и сердцевины шестерни с твердостью HRC = 20-24 единицы после данной обработки.

2. Основы теории закалки без полиморфного превращения. Ее влияние на свойства сплавов.

### **Задание № 27**

1. Назначьте и обоснуйте режим термической обработки деталей машин, изготовленных из стали 40ХН, после которой можно получить твердость HB = 250-280 единиц по всему сечению. Какая эта сталь по назначению? Опишите структуру и свойства стали после данной термической обработки.

2. Диффузионная металлизация. Ее разновидности в зависимости от насыщающих элементов. Режимы. Свойства поверхностных слоев.

### **Задание № 28**

1. Назначьте режим термической обработки (температуру, охлаждающую среду) рессор из стали 65Г, которые должны иметь окончательную твердость HRC = 40-45 единиц. Опишите микроструктуру и главное свойство, полученное после данной термообработки.

2. Понятие красностойкости. Режим и особенности термообработки быстрорежущей стали. Структура. Маркировка.

### **Задание № 29**

1. Силовые лопатки авиационных газовых турбин изготовлены из сплава ХН77ТЮР (ЭИ 437Б). Укажите химический состав, группу сплава по назначению, его главные свойства, режим термообработки и окончательную структуру.

2. Опишите разновидности закалки стали. В каких случаях они применяются? Структуры.

### **Задание № 30**

1. Детали, работающие в окислительной атмосфере при температуре  $800^{\circ}\text{C}$ , изготовлены из жаростойкой стали 08X17T. Укажите химический состав стали, назначение хрома и титана. Назовите группу стали по структуре, обоснуйте выбор стали для данных условий работы.

2. Опишите основы зонного и фазового старения алюминиевых сплавов и их влияние на свойства.

### **Задание № 31**

1. Пружины из стали 65 после правильно выполненной закалки и последующего отпуска имеют твердость значительно ниже, чем требуется по техническим условиям. Указать структуру, обеспечивающую упругие свойства пружин. Назвать виды закалки и отпуска, дающие нужную твердость наряду с упругостью.

2. Назвать критические точки на диаграмме железо-цементит и разновидности термической обработки стали, связанные с ними.

### **Задание № 32**

1. Детали самолета изготовлены из сплава В95. Укажите его химический состав, способ изготовления из него деталей. Опишите природу упрочнения данного сплава и окончательную микроструктуру.

2. Изделия из стали У10 были подвергнуты следующим видам термообработки: нормализации, отжигу, закалке. Охарактеризуйте данные режимы, определите по диаграмме железо-цементит их температуры. Опишите микроструктуру и свойства стали У10 после каждого вида обработки.

### **Задание № 33**

1. Назовите вид обработки, упрочняющей поверхность изделий из стали 15X. Опишите технологию, происходящие превращения в стали, окончательную структуру и свойства поверхности и сердцевины.

2. Литейные алюминиевые сплавы. Маркировка, группы по химическому составу, термообработка, модифицирование, свойства, структура.

### **Задание № 34**

1. Детали машин из стали 45 закалены с разных температур: одни – с 760°C, другие – с 850°C. Используя диаграмму железо-цементит, объясните, какие детали будут иметь более высокую твердость и лучшие механические свойства. Назовите виды закалки и структуру, получаемую после них.

2. Деформируемые магниевые сплавы. Особенности их легирования и термической обработки. Маркировка, свойства.

### **Задание № 35**

1. Детали, работающие в окислительной атмосфере, изготовлены из коррозионно-стойкой стали 10X13. Укажите ее химический состав, структуру и класс. Объясните назначение хрома и обоснуйте выбор стали для этих условий работы.

2. Шарикоподшипниковые стали, маркировка, режим термообработки, в результате которой обеспечивается стабильность размеров подшипников качения (так как они в процессе эксплуатации могут нагреваться до 160°C) и HRC  $\geq$  62 единицы. Структура, свойства.

### **Задание № 36**

1. Резцы изготовлены из стали P18. Укажите ее химический состав, назначьте и обоснуйте режим термообработки, приведите окончательную микроструктуру и основные свойства.

2. Опишите режимы и отличительные особенности в проведении термообработки цементированных и азотированных сталей и в свойствах; маркировка.

### **Задание № 37**

1. Расшифруйте химический состав сплава Д18П, применяемого в самолетостроении. Укажите механические свойства и способ упрочнения, а также объясните природу упрочнения данного сплава и назначение.

2. Сущность и особенности термомеханической обработки сталей. Микроструктура, свойства. Графики.

### **Задание № 38**

1. Детали двигателя внутреннего сгорания изготовлены из сплава АК4. Расшифруйте химический состав и укажите способ изготовления деталей из данного сплава. Опишите микроструктуру и механические свойства.

2. Понятие жаропрочности. Режимы термообработки, свойства, типовые марки и применение деформированных сплавов на основе никеля (нимоники).

### **Задание № 39**

1. Детали в самолетостроении изготавливают из сплава АМгЗ. Укажите химический состав сплава, характеристики его механических свойств. Опишите, каким способом производится упрочнение данного сплава, и объясните природу упрочнения.

2. Преимущества закалки стали токами высокой частоты по сравнению с другими способами закалки. Структура, свойства.

### **Задание № 40**

1. ЛО 70-1 – марка латуни, коррозионно-устойчивой в морской воде. Приведите ее химический состав, структуру и основные свойства.

2. Опишите разновидности процессов отжига и цель их применения для сталей. Структура, свойства.

### **Задание № 41**

1. Кривые изотермического распада аустенита для стали У8. Перлитное превращение, его механизм, особенности, структура.

2. Детали, работающие в слабых агрессивных средах, изготавливают из стали 30Х13.

Укажите химический состав и назначение хрома. Опишите операции термообработки. Назовите группу стали по структуре, получаемой после термообработки.

### **Задание № 42**

1. Классификация видов термической обработки. Опишите фазовые превращения и изменение свойств в результате проведения термической обработки.

2. Детали самолета изготовлены из сплава В95. Укажите его химический состав, способ изготовления из него деталей, природу упрочнения данного сплава и окончательную микроструктуру.

#### **Задание № 43**

1. Закалочные среды и способы закалки углеродистых сталей. Нанесите кривые охлаждения для разных способов закалки на диаграмму изотермического распада аустенита для стали У8.

2. Детали двигателя внутреннего сгорания изготовлены из сплава АК4. Расшифруйте химический состав, опишите микроструктуру, термообработку, механические свойства и способ изготовления деталей из данного сплава.

#### **Задание № 44**

1. Основные превращения при отпуске стали. Структуры и механические свойства после разных видов отпуска.

2. Назначьте и обоснуйте режим термической обработки деталей машин, изготовленных из стали 40ХН, после которой можно получить твердость  $HV = 250 - 280$  единиц по всему сечению. Какая это сталь по назначению? Опишите структуру и свойства после данной термообработки.

#### **Задание № 45**

1. Опишите четыре основных превращения при термической обработке стали.

2. Расшифруйте химический состав сплава Д18П, применяемый в самолетостроении.

Укажите механические свойства, способ и природу его упрочнения, а также назначение.

#### **Задание № 46**

1. Виды, сущность и назначение отжигов I и II рода.

2. Резцы изготовлены из стали P18. Укажите ее химический состав. Назначьте и обоснуйте режим термообработки. Приведите окончательную микроструктуру и основные свойства.

### **Задание № 47**

1. Поверхностная закалка токами высокой частоты. Регулирование глубины закаленного слоя.
2. Детали самолета изготовлены из сплава АМг3. Укажите химический состав сплава, механические свойства, термообработку. Опишите способ упрочнения данного сплава.

### **Задание № 48**

1. Кривые изотермического превращения аустенита для стали У8. Бейнитное превращение, его механизм, особенности и структура.
2. Латунь Л80 применяется для изготовления деталей путем глубокой вытяжки. Укажите химический состав, структуру и режим термической обработки, применяемый между отдельными операциями вытяжки для повышения пластичности сплава.

### **Задание № 49**

1. Влияние упрочняющей термической обработки на свойства доэвтектоидных сталей.
2. Силовые лопатки авиационных газовых турбин изготовлены из сплава ХН77ТЮР (ЭИ 437Б). Укажите химический состав сплава, группу по назначению, главные свойства, режим термообработки и окончательную структуру.

### **Задание № 50**

1. Сущность, назначение и структура, получаемая после операции “улучшения” в конструкционных сталях.
2. ЛО 70-1 – марка латуни, коррозионно-устойчивая в морской воде. Укажите химический состав, структуру, основные свойства.

### **Задание № 51**

1. Цементация стали, ее разновидности. Цементуемые стали, термообработка после цементации. Структура поверхностного слоя.
2. Назначьте режим термической обработки рессор из стали 65Г, которые должны иметь окончательную твердость HRC = 40-45 единиц; опишите микроструктуру и главное свойство, полученное после данной термообработки.



### **Задание № 52**

1. Мартенситное превращение, его механизм, особенности и условия образования мартенсита при закалке стали. Критическая скорость закалки.

2. Детали, работающие в окислительной атмосфере при температуре 800°C, изготовлены из жаростойкой стали 08X17T. Укажите химический состав, назначение хрома, титана, углерода. Назовите группу стали по структуре.

### **Задание № 53**

1. Классификация видов термической обработки сталей.

2. Опишите режим термической обработки инструмента из стали У12А (виды, температуры, охлаждающие среды). Назовите происходящие превращения (согласно диаграмме железо-цементит) в стали, окончательную структуру и твердость после термообработки.

### **Задание № 54**

1. Объясните причину применения на практике полной закалки для доэвтектоидных сталей и неполной закалки для заэвтектоидных сталей (охлаждающая среда – вода).

2. Токопроводящие упругие элементы изготовлены из сплава БрБНТ-1,9. Опишите химический состав, режим термической обработки и природу упрочнения. Приведите свойства данного сплава.

### **Задание № 55**

1. Методы определения прокаливаемости сталей. Полу-мартенситная зона. Критический диаметр. Факторы, увеличивающие прокаливаемость.

2. Детали машин из стали 45 закалены с разных температур: одни – с 760°C, другие – с 850°C. Используя диаграмму железо-цементит, объясните, у каких деталей будет более высокая твердость и лучшие механические свойства. Назовите виды закалки и структуру стали после них.

### Задание № 56

1. Диаграмма изотермического превращения аустенита стали У8.
2. Пружины из стали 65 после правильно выполненной закалки и последующего отпуска имеют твердость значительно ниже, чем требуется по техническим условиям. Назвать вид закалки и отпуска, дающий нужную твердость наряду с упругостью. Указать структуру, обеспечивающую упругие свойства пружин.

### Задание № 57

1. Особенности термической обработки быстрорежущих сталей. Назначение обработки холодом.
2. Детали, работающие в окислительной атмосфере, изготовлены из коррозионно-стойкой стали 10X13. Объясните назначение хрома и обоснуйте выбор стали для этих условий.

### Задание № 58

1. Разновидность отжигов с фазовой перекристаллизацией. Нормализация стали. Микроструктура, свойства.
2. Назовите вид обработки, упрочняющей поверхность изделий из стали 15X. Опишите технологию упрочнения, превращения и окончательную структуру. Укажите свойства поверхности и сердцевины.

### Задание № 59

1. Выбор температуры закалки доэвтектоидных и заэвтектоидных сталей в зависимости от температуры критических точек  $A_{с3}$  и  $A_{с1}$ . Фазовые превращения в данных сталях после охлаждения с критической скоростью.
2. Детали подшипников качения изготовлены из стали П1Х15СГ. Укажите химический состав стали, режим термообработки и свойства после нее.

### Задание № 60

1. Опишите влияние отпуска как заключительной операции термической обработки на свойства сталей и микроструктуру.

2. Назначьте режим упрочняющей поверхностной обработки зуба шестерни, которая изготовлена из стали 20ХГР. Опишите микроструктуру и свойства поверхности зуба с твердостью HRC = 58–62 единицы и сердцевины с твердостью HRC = 20–24 единицы.

### **Задание № 61**

1. Детали самолета изготовлены из сплава Д16. Укажите химический состав, свойства и способ термического упрочнения данного сплава.

2. Основы теории закалки с полиморфным превращением и ее влияние на свойства сплавов и микроструктуру.

### **Задание № 62**

1. С помощью диаграммы железо-цементит определите температуры нормализации, отжига и закалки для стали У11. Опишите микроструктуру, режим термообработки и свойства стали после каждого вида обработки.

2. Цианирование; особенности и разновидности данного процесса химико-термической обработки. Изменение структуры поверхностного слоя в зависимости от режимов.

### **Задание № 63**

1. По диаграмме железо-цементит определите температуры закалки и отпуска для углеродистой стали 40, необходимые для получения твердости HB = 400. Опишите фазовые превращения в стали в процессе закалки и отпуска.

2. Литейные алюминиевые сплавы. Группы по химическому составу, маркировка, термообработка, модифицирование, свойства, структура.

### **Задание № 64**

1. Описать зависимость структуры титановых сплавов от скорости их охлаждения из  $\beta$ -области при термической обработке и от концентрации  $\alpha$  и  $\beta$ -стабилизаторов в сплаве. Привести марки сплавов.

2. Зубило из стали У8 подвергнуто термической обработке. Указать режим термообработки, твердость и структуру инструмента.

### **Задание № 65**

1. Для обшивки летательных аппаратов выбран сплав ВТ6. Укажите химический состав сплава, упрочняющую термообработку и окончательную структуру.

2. Процесс прочностного азотирования. Марки азотируемых сталей. Структура поверхностного слоя, термообработка, свойства.

### **Задание № 66**

1. Опишите по стадиям операцию термообработки, которая позволяет в сплаве Д16 получить основную фазу – упрочнитель  $\text{CuAl}_2$ . Приведите микроструктуру.

2. Разновидности отжига сталей. Их цель, назначение, структура, режимы.

### **Задание № 67**

1. В чем отличие обычной закалки от ступенчатой и изотермической? Каковы преимущества и недостатки каждого из этих видов закалки?

2. Для изготовления деталей в авиастроении применяют сплав МА2. Приведите химический состав, характеристики механических свойств. Укажите способ изготовления деталей из этого сплава.

### **Задание № 68**

1. Изделия из стали 45 были подвергнуты операции термообработки – “улучшению”. Опишите режим термической обработки, сущность происходящих фазовых превращений, окончательную структуру и свойства стали.

2. Понятие красностойкости. Быстрорежущие стали. Режим и особенности термообработки. Структура, маркировка.

### **Задание № 69**

1. Детали самолета изготовлены из сплава АМг6. Укажите химический состав. К какой группе он относится по отношению к

термической обработке и характеристики механических свойств в зависимости от способа упрочнения данного сплава.

2. Опишите влияние упрочняющей термообработки на свойства заэвтектидных углеродистых сталей (используйте диаграмму железо – цементит). Микроструктура и свойства.

### **Задание № 70**

1. С помощью диаграммы железо-цементит определите температуру полного, неполного отжига и нормализации для стали 30. Охарактеризуйте эти режимы термической обработки. Опишите микроструктуру и свойства стали после каждого вида термообработки.

2. Опишите основы зонного и фазового старения алюминиевых сплавов и их влияние на свойства.

### **Задание № 71**

1. Пружину из стали 60С2 термически обработать на окончательную твердость HRC = 40-42 единицы. Опишите виды термической обработки, фазовые превращения, окончательную структуру и соответствующие ей свойства. Приведите химический состав стали 60С2.

2. Литейные магниевые сплавы. Маркировка. Особенности их легирования, литья, структуры, термической обработки.

### **Задание № 72**

1. Опишите виды термообработки, применяемые к двухфазным титановым сплавам.

2. Шарикоподшипниковые стали. Маркировка. Режим термообработки, в результате которой обеспечивается стабильность размеров подшипников качения (так как они в процессе эксплуатации могут нагреваться до 160°C) и твердость HRC  $\geq$  62 единицы. Структура. Свойства.

### **Задание № 73**

1. Опишите механизм изменения структуры деформируемых термически упрочняемых алюминиевых сплавов (типа Д1, Д16) в процессах старения.

2. Преимущества закалки стали токами высокой частоты по сравнению с другими способами закалки.

#### **Задание № 74**

1. Опишите режимы и отличительные особенности в проведении термообработки цементированных и азотированных сталей. Привести маркировки.

2. Детали самолета изготовлены из сплава АЛ2. Приведите химический состав, способ изготовления деталей и метод повышения механических свойств. Как он называется?

#### **Задание № 75**

1. Сталь 40 подвергалась закалке от температур 750°C и 840°C. Опишите структурные превращения и объясните причины получения разных структур. Какой режим закалки является оптимальным для стали 40?

2. Изделия из стали У10 нормализованы, закалены, отожжены. Охарактеризуйте данные режимы термообработки. Определите по диаграмме железо-цементит их температуры. Назовите скорости охлаждения и опишите микроструктуры и свойства после каждого вида термообработки изделий.

#### **Задание № 76**

1. Вычертите диаграмму изотермического превращения для стали У8, нанесите на нее кривую режима термической обработки, обеспечивающую получение твердости HRC = 60-63 единицы. Как называется режим, какова его сущность и структура, получаемая при этом ?

2. Для изготовления деталей в авиационном строении применяется сплав МЛ5. Укажите химический состав, способ изготовления деталей, микроструктуру и механические свойства.

#### **Задание № 77**

1. Изделия из стали 50 после правильно выполненной закалки и последующего отпуска имеют твердость более низкую, чем предусмотрено техническими условиями. Опишите дефекты,

возникающие после термической обработки. Особо отметьте дефект, вызывающий понижение твердости, чем он вызван и как можно его исправить.

2. Понятие жаропрочности. Режимы термообработки, свойства, типовые марки и структура деформированных сплавов на основе никеля (нимоники).

### **Задание № 78**

1. После закалки стали 45 (скорость охлаждения выше критической) была получена структура, состоящая из мартенсита и феррита. С помощью диаграммы железо-цементит по химическому составу стали назовите температуру закалки и вид закалки. Опишите фазовые превращения в стали при нагреве и охлаждении.

2. Сущность и особенность термомеханической обработки сталей. Графики.

### **Задание № 79**

1. Механизм полиморфного превращения в титановых сплавах при медленном и быстром охлаждении. Микроструктуры. Механические свойства.

2. Произвести поверхностное упрочнение изделий из стали 20. Опишите технологию, превращения, структуру, свойства.

### **Задание № 80**

1. Опишите механизм упрочняющей термообработки, протекающей без полиморфного превращения (на примере сплава Д16).

2. Различия и особенности способов закалки сталей: ступенчатой, изотермической, в двух охладителях. Преимущество и недостатки каждого. Структура (используйте кривые изотермического распада аустенита для стали У8).

## ТЕМЫ РЕКОМЕНДУЕМЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Макроскопический метод исследования металлов и сплавов.
2. Микроскопический метод исследования металлов и сплавов.
3. Наклеп и рекристаллизация металлов.
4. Изучение диаграмм состояния двойных сплавов.
5. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов. Структуры сталей и чугунов.
6. Закалка и отпуск углеродистой стали. Структуры. Свойства.
7. Химико-термическая обработка стали.
8. Термическая обработка и микроисследование алюминиевых сплавов.
9. Микроисследование магниевых, титановых и медных сплавов. Баббиты.
10. Пластмассы. Их классификация, свойства и области применения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арзамасов Б.Н., Макарова В.И., Мухин Г.Г. и др. Материаловедение. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. 648 с.
2. Козлов Ю.С. Материаловедение. СПб.: Агар, 1999. 168 с.
3. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1990. 528 с.
- 4. Гуляев А.П. Металловедение. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1986. 544 с.
5. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1984. 513 с.
6. Мозберг Р.К. Материаловедение. Таллин. Валгус, 1976. 554 с.
7. Блантер М.Е. Материаловедение и термическая обработка. М.: Машиностроение, 1963. 416 с.
8. Сидорин И.И. Руководство к лабораторным работам по материаловедению. М.: Высшая школа, 1967. 252 с.
9. Термическая обработка сталей: Методические указания / Сост. В.С. Уварова, Г.З. Бунова и др. / Самара: СГАУ, 2000. 60 с.



## ПРИЛОЖЕНИЕ

*Диаграммы состояния двойных сплавов* – дают возможность для любой температуры определить число фаз, состав фаз и их количественное соотношение, используя правило фаз (закон Гиббса) и правило отрезков (правило рычага).

*Правило фаз* выражает зависимость между числом степеней свободы “С” (инвариантностью), числом компонентов “К” и числом фаз системы “Ф” по формуле

$$C = K - \Phi + 1$$

с учетом, что все превращения в металлах и сплавах происходят при постоянном атмосферном давлении.

Уравнение правила фаз позволяет корректировать правильность построения диаграмм состояния. Под числом степеней свободы понимают совокупность внешних и внутренних факторов (давление, концентрация, температура), которые можно менять, не изменяя числа фаз.

Если  $C = 1$ , можно менять только одну степень свободы (например, температуру) – без изменения числа фаз.

Если  $C = 0$  – нельзя менять ни давление, ни температуру, ни концентрацию, иначе изменится число фаз.

*Правило отрезков* в двойных сплавах применимо только в двухфазных областях.

Так как в процессе кристаллизации изменяются концентрации фаз и их количества, то эти изменения можно определить в любой точке диаграммы, если в заданном сплаве одновременно две фазы. Если заданный сплав находится в однофазной области, то любая точка в ней характеризует ее концентрацию.

### **1-е положение правила отрезков**

Для определения концентрации компонентов в каждой из двух фаз через заданную точку, характеризующую состояние сплава (температура, концентрация), проводят горизонтальную линию (коподу) до пересечения с линиями, ограничивающими данную

двухфазную область на диаграмме. Проекции точек пересечения на ось концентраций показывают составы компонентов в каждой из фаз.

## 2-е положение правила отрезков

Для определения количественного соотношения фаз через заданную точку, характеризующую состояние сплава, проводят коноду. Отрезки этой горизонтали между заданной точкой сплава и точками, определяющими составы фаз, обратно пропорциональны количествам этих фаз.

**Пример:**

### Диаграмма состояния сплавов, образующих растворы с неограниченной растворимостью

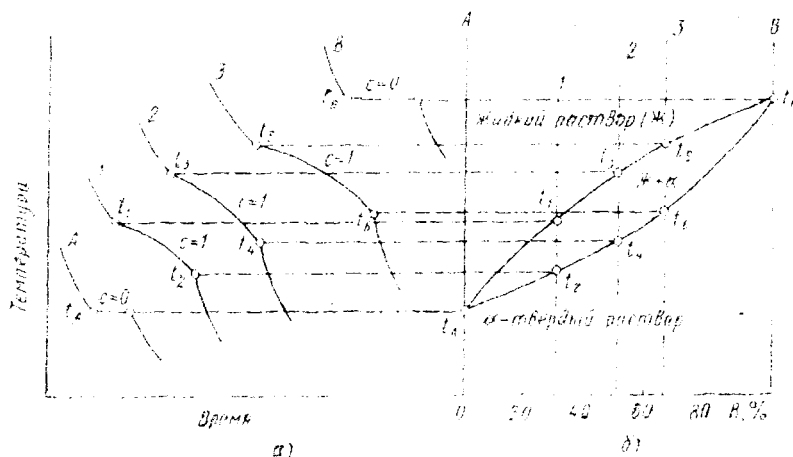


Рис. П1. Диаграмма состояния для случая неограниченной растворимости компонентов А и В в твердом и жидком состояниях:  
а - кривые охлаждения; б - диаграмма состояния

В данной диаграмме буквами А и В обозначены чистые компоненты, а буквой  $\alpha$  - неограниченный твердый раствор компонентов А и В.

### ***Кривые охлаждения для чистых компонентов А и В и подсчет числа степеней свободы (С)***

При охлаждении температура чистого компонента А понижается равномерно до  $t_A$  (рис. П1, а, кривая А), при которой компонент А затвердевает.

На кривой охлаждения отмечается температурная остановка (горизонтальная линия), так как согласно правилу фаз только при постоянной температуре могут сосуществовать две фазы данного компонента: жидкая и твердая.

$C = K - \Phi + 1$ ;  $K = 1$  (компонент А);  $\Phi = 2$  (жидкая фаза и твердая), отсюда при  $t_A$   $C = 1 - 2 + 1 = 0$ .

После затвердевания компонента А число фаз ( $\Phi$ ) становится равным 1 (твердая фаза), поэтому температура снова равномерно понижается.

Аналогично протекает процесс кристаллизации компонента В (рис. П1, а, кривая В).

### ***Кривые охлаждения для сплавов 1, 2, 3 и подсчет числа степеней свободы (С)***

*Сплав 1* - содержит 30% В и 70% А. Его кривая охлаждения отличается от кривых охлаждения чистых компонентов А и В. При охлаждении сплава 1 температура равномерно понижается до  $t_1$  (рис. П1, а, кривая 1), при которой на кривой охлаждения отмечается перегиб (критическая точка), связанный с уменьшением скорости охлаждения вследствие выделения скрытой теплоты кристаллизации при появлении первых кристаллов  $\alpha$ -твердого раствора из жидкой фазы. Процесс кристаллизации  $\alpha$  протекает при переменной (понижающейся) температуре, так как, согласно правилу фаз, при наличии двух фаз ( $J$  и  $\alpha$ ) в данной области  $C = 2 - 2 + 1 = 1$ .

При достижении температуры  $t_2$  сплав 1 полностью затвердевает. При более низких температурах существует только  $\alpha$ -твердый раствор.

Аналогично строятся кривые охлаждения для сплавов 2 (50% В + 50% А) и 3 (65% В + 35% А).

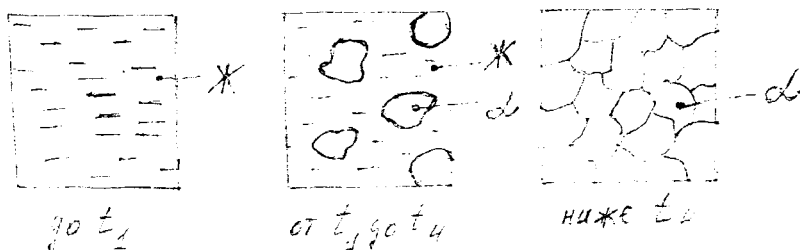
Для сплавов, образующих в твердом состоянии неограниченно твердые растворы, структурный и фазовый составы совпадают.

**Процесс кристаллизации сплава, содержащего 50% А + 50% В,  
и определение по Правилу отрезков количественного  
соотношения жидкого сплава и  $\alpha$  - твердого раствора  
и концентрации фаз (рис. П2)**

Процесс кристаллизации протекает при изменении температуры. Кристаллизация данного сплава начинается при температуре  $t_1$ , выше которой сплав находится в однофазном жидком состоянии. В интервале температур ниже  $t_1$  до  $t_4$  сплав становится двухфазным (Ж +  $\alpha$ ) за счет выделения из жидкости кристаллов твердого раствора.

Ниже  $t_4$  сплав полностью состоит из зерен однородного  $\alpha$ -раствора.

**Микроструктура сплава (50% А + 50% В)**



Линия  $t_A m' m t_B$  – называется линией ликвидус (означает начало кристаллизации  $\alpha$ -раствора).

Линия  $t_A t_4 n' n t_B$  – называется линией солидус (означает конец кристаллизации  $\alpha$ -раствора).

Для определения состава фаз, находящихся в равновесии при любой температуре, лежащей между линией ликвидус и солидус, например  $t_2$  или  $t_3$ , нужно через данную температурную точку  $t_2$  или  $t_3$  провести линию, параллельную оси концентрации, до пересечения с линией ликвидус и солидус. Тогда проекция точки пересечения этой линии с ликвидусом ( $m, m'$ ) на ось концентрации укажет состав жидкой фазы, а точки пересечения с линией солидус ( $n, n'$ ) – состав твердой фазы ( $\alpha$ -раствора).

Прямые линии  $mn$  и  $m'n'$  (коноды) соединяют состав фаз, находящихся в равновесии.

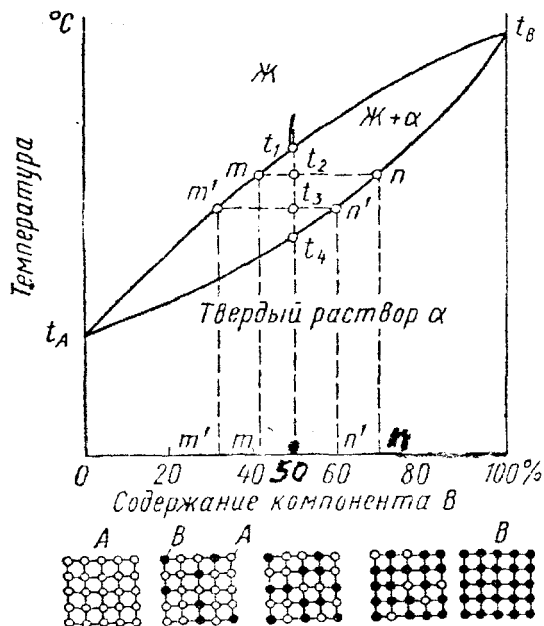


Рис. П2. Диаграмма состояния сплавов, образующих твердые растворы с неограниченной растворимостью

Если точка, которая показывает состав сплава при данной температуре, попадает в область однофазного состояния, например на рис. П2, выше линии ликвидус или ниже линии солидус, то весовое количество данной фазы составляет 100%, а ее состав соответствует исходному составу сплава.

В процессе кристаллизации меняется не только состав фаз, но и количественное соотношение между ними. Чем ниже температура, тем больше будет твердой фазы и меньше жидкой фазы.

Для определения количественного (весового) соотношения фаз, находящихся в равновесии при данной температуре, пользуются

правилом рычага или правилом отрезков. Согласно этому правилу для определения весового или объемного количества твердой фазы необходимо взять отношение длины отрезка, примыкающего к составу жидкой фазы, к длине всей коноды; для определения же количества жидкой фазы берется отношение длины отрезка, примыкающего к составу твердой фазы, к длине коноды. Следовательно, количество твердой фазы (в процентах) при температуре  $t_2$  (рис. П2) определится отношением отрезка  $t_2m$  к длине коноды  $mn$ :

$$\alpha = \frac{t_2 m}{mn} 100\%,$$

а при температуре  $t_3$  – отношением отрезка  $m't_3$  к длине коноды  $m'n'$ :

$$\alpha = \frac{m't_3}{m'n'} 100\%.$$

Вес или объем жидкой фазы при температуре  $t_2$  определится из соотношения

$$\text{Ж} = \frac{t_2 n}{mn} 100\%,$$

а при температуре  $t_3$  из соотношения

$$\text{Ж} = \frac{t_3 n'}{m'n'} 100\%.$$

Если дан общий вес сплава  $Q$ , то количество твердой фазы (в кг), например при  $t_2$ , определится следующим образом:

$$\alpha = \frac{t_2 m}{mn} Q,$$

а жидкой фазы

$$\text{Ж} = \frac{t_2 n}{mn} Q.$$

### ***Порядок разбора диаграмм состояния двойных сплавов***

1. Начертить заданную диаграмму состояния.
2. Дать буквенное обозначение всем линиям диаграммы.

3. Сделать фазовый анализ всех областей и определить количественное соотношение фаз при заданной температуре (температура задается преподавателем).

4. Описать все изотермические превращения в данной диаграмме.

5. Во всех областях диаграммы указать структуры, образующиеся в сплавах данной системы в состоянии равновесия.

6. Построить кривую охлаждения в координатах температура – время и для заданной концентрации  $X$  объяснить превращения, происходящие в процессе охлаждения. На каждом участке кривой указать структурные составляющие и фазы.

7. Определить количественное соотношение структурных составляющих сплава при комнатной температуре и зарисовать структуру.

### *Методические указания*

1. Для построения кривой охлаждения используют вертикальный разрез в соответствии с заданным химическим составом сплава.

2. Графическое построение кривой охлаждения должно сопровождаться объяснением всех фазовых превращений, происходящих в процессе его. Кривые строятся справа от диаграммы, используя точки пересечения вертикали с линиями диаграммы.

3. Правильность построения кривой охлаждения проверить, применяя правило фаз.

4. При определении количественного соотношения фаз при заданной температуре воспользоваться правилом отрезков.

### *Диаграмма состояния железо-цементит*

На диаграмме состояния железо – цементит (рис. ПЗ ) имеются следующие важнейшие линии:

ABCD – линия ликвидуса;

АНJECF – линия солидуса;

GOS – линия начала выделения феррита из аустенита;

ES – линия начала выделения цементита вторичного из аустенита;

PSK – эвтектоидная линия.

По линии HJB ( $t = 1499^{\circ}\text{C}$ ) протекает перитектическая реакция, в результате которой образуется аустенит. Эта реакция имеет место только у сплавов, содержащих углерод в пределах 0,1 – 0,5 %.

По линии ECF ( $t = 1147^{\circ}\text{C}$ ) протекает эвтектическая реакция выпадения ледебуритной эвтектики. Этот процесс имеет место у сплавов с содержанием углерода свыше 2,14 %. Ниже линии MO ( $768^{\circ}\text{C}$ ) – железо ферромагнитно.

### Железоуглеродистые сплавы

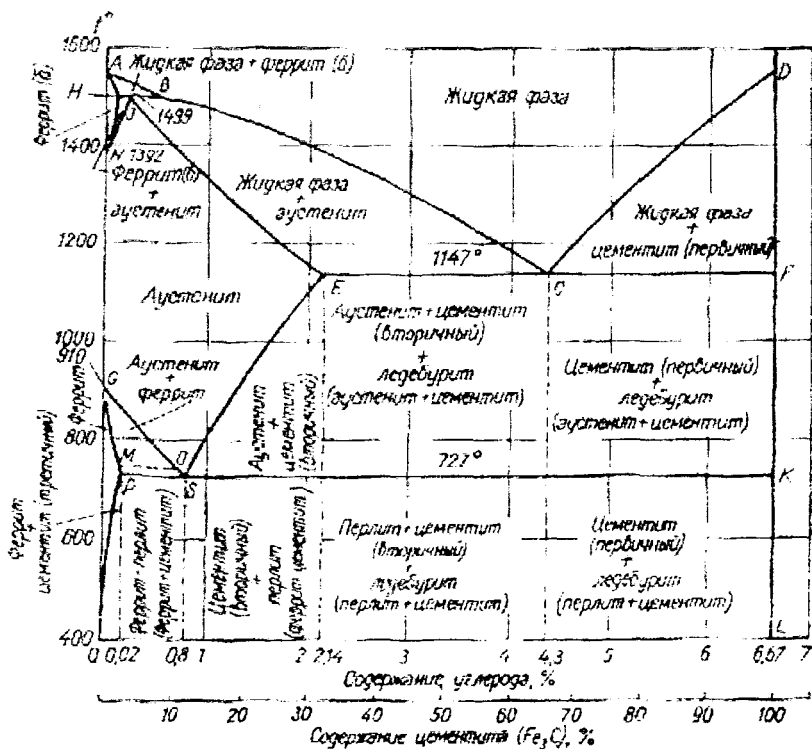


Рис. ПЗ. Диаграмма состояния (фазового равновесия) железо – цементит ( $\text{Fe} - \text{Fe}_3\text{C}$ )



По линии PSK ( $t = 727^{\circ}\text{C}$ ) протекает реакция распада аустенита с образованием перлита. Этот процесс протекает у всех железо-углеродистых сплавов, содержащих углерод свыше 0,02%.

Характеристика важнейших точек на диаграмме Fe-Fe<sub>3</sub>C приведена в табл. III.

Критические точки в диаграмме состояния железо-углерод обозначаются:

A<sub>T1</sub> – критическая точка превращения аустенита в перлит;

A<sub>C1</sub> – критическая точка превращения перлита в аустенит;

A<sub>T1</sub> – начало выделения вторичного цементита из аустенита;

A<sub>C3</sub> – конец растворения вторичного цементита в аустените.

Превращения в сплавах железо-углерод могут быть двух типов:

- при кристаллизации и переходе из жидкого в твердое состояние (первичный процесс);
- в твердом состоянии (вторичный процесс).

Таблица III

Точка	Концентрация углерода в сплаве, %	Температура, °C	Точка	Концентрация углерода в сплаве, %	Температура, °C
A	0	1539	F	6,67	1147
B	0,5	1499	D	6,67	1600 (1260)*
H	0,1	1499	G	0	910
J	0,16	1499	P	0,02	727
N	0	1392	S	0,8	727
E	2,14	1147	Q	< 0,006	400
C	4,3	1147	L	6,67	400

\* Температуру плавления цементита (Fe<sub>3</sub>C) трудно определить в связи с его распадом при нагреве. Поэтому в старых учебниках температура плавления цементита, получаемая при использовании традиционных способов нагрева, составляла 1600°C. В настоящее время более совершенный способ нагрева лазерным лучом установил температуру плавления цементита (Fe<sub>3</sub>C) равной 1260°C, что несколько видоизменяет положение участка CD (линия ликвидус) на диаграмме железо – цементит. Таким образом, в зависимости от условий нагрева цементита получают ту или другую его температуру плавления.

### ***Разбор диаграммы Fe-Fe<sub>3</sub>C. Методические указания***

1. Вычертить в масштабе диаграмму Fe-Fe<sub>3</sub>C с указанием температур фазовых превращений и концентраций точек H, J, В, С, Р, Q, S.
2. В различных областях диаграммы указать фазы и структурные составляющие.
3. Записать фазовые реакции, протекающие при охлаждении на горизонтальных линиях диаграммы: ECF, PSK, HJB.
4. Построить кривые охлаждения для сплавов, концентрации которых заданы преподавателем.
5. Описать превращения, происходящие при охлаждении из состояния жидкого раствора до комнатной температуры.
6. Указать конечное структурное состояние сплава и схематически зарисовать его.
7. Подсчитать число степеней свободы, относительное количество фаз в двухфазной области и содержание углерода в каждой составляющей.

### ***Диаграмма изотермического превращения аустенита стали У8***

Диаграмма (рис. П5) позволяет проанализировать, в каком сечении детали и при охлаждении в каких средах могут получить сквозную закалку или на какую глубину можно прокалить данные детали, какие структуры могут получиться в зоне термического влияния сварного соединения, а также решить целый ряд других важных практических вопросов. На этой диаграмме пунктирная прямая, проведенная при 727°C, является границей устойчивого аустенита, выше 727°C аустенит в эвтектоидной стали может существовать бесконечно долго.

По горизонтальной оси для времени принят логарифмический масштаб, который позволяет на одном графике совместить очень малые промежутки времени, соответствующие длительности инкубационного периода при 500 - 600°C, и очень большие, соответствующие времени до конца превращения около критической точки A<sub>1</sub>. В первом случае превращение начинается в течение долей секунды, во втором для его завершения требуются тысячи и даже десятки тысяч секунд.

## Разновидности термической обработки сталей

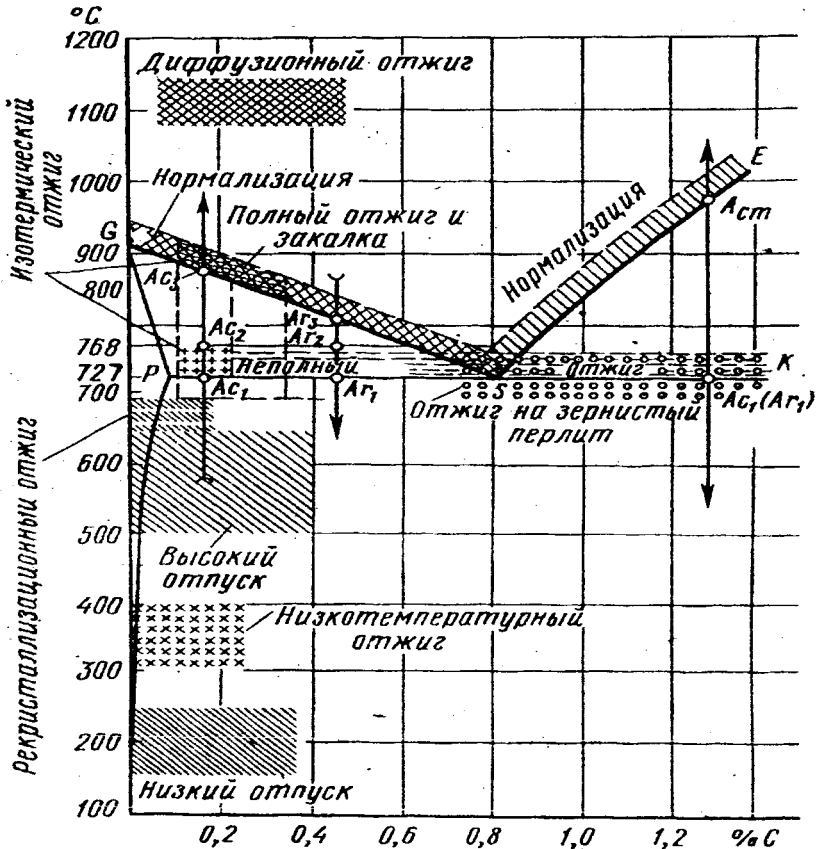


Рис. 114. Диаграмма состояния с интервалами нагрева углеродистой стали для отжига, нормализации, закалки и отпуска

Аустенит превращается в перлит при небольших степенях переохлаждения. С увеличением переохлаждения пластинки феррита и цементита становятся мельче. Мелкопластинчатый перлит, образующийся при 650 - 600°C, называют сорбитом. Пластинчатое строение перлита можно обнаружить на световом микроскопе при увеличении в 300 - 500 раз. Пластинчатое строение сорбита

### Диаграмма изотермического превращения аустенита стали У8

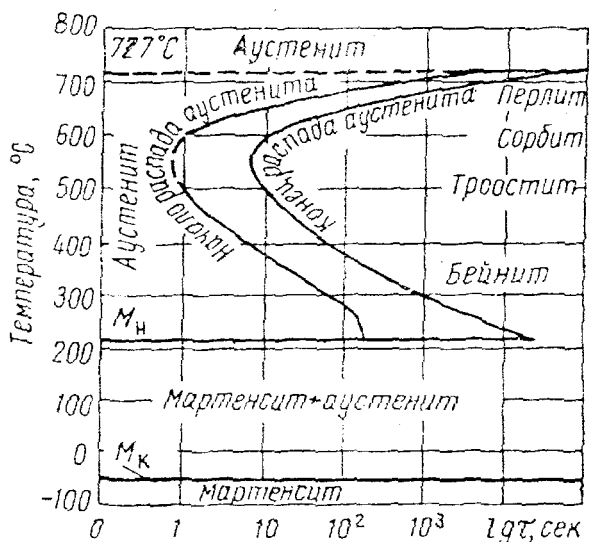


Рис. П5. Диаграмма изотермического распада аустенита для стали с 0,8%С

дифференцируется только при увеличении около 2000 раз. В районе выступа кривых начала и конца распада получается очень тонкодисперсный перлит, который называют трооститом. Пластинчатое строение троостита нельзя обнаружить при помощи светового микроскопа (расстояние между пластинками меньше разрешающей способности микроскопа). Но отдельные пластинки хорошо различимы при исследовании структуры под электронным микроскопом при увеличении в 7000 – 10000 раз.

Ниже выступа кривых начала и конца распада аустенит превращается в особую структуру, называемую бейнитом. Подобно трооститу, он состоит из мелкодисперсных частичек феррита и цементита. Размер этих частиц еще меньше, чем у троостита. Превращение аустенита в бейнит происходит при относительно низких температурах. Превращение сопровождается увеличением объема, приводящим к большим внутренним напряжениям. В аустените

происходят сдвиги слоев атомов внутри зерен, по линиям сдвига образуются пластинки бейнита.

В связи с различным строением продукты распада аустенита обладают разными механическими свойствами. Перлит наиболее пластичен, но твердость и прочность его ниже, чем у остальных структур. По мере повышения дисперсности строения прочность возрастает, а пластические свойства снижаются. Сорбит пластичнее троостита, который, в свою очередь, пластичнее бейнита. Твердость и прочность наибольшие у бейнита. В зависимости от требуемого комплекса механических свойств применяют различные режимы термической обработки, обеспечивающие получение соответствующих структур и механических свойств.

### **Продукты превращения аустенита и их твердость НRC**

<b>Перлит</b>	<b>10</b>
<b>Сорбит</b>	<b>25</b>
<b>Троостит</b>	<b>40</b>
<b>Бейнит</b>	<b>50</b>
<b>Мартенсит</b>	<b>60</b>

Диаграмму строят по результатам изменения структуры стали при изотермических выдержках. На диаграмме проводят горизонтальные линии, соответствующие температурам изотермических выдержек. На них откладывают время до конца распада. Затем точки, соответствующие началу и концу распада, соединяют кривыми. Время до начала и конца распада определяют по твердости после изотермической выдержки и закалки на основании исследования микроструктуры и по данным магнитотермического анализа:

$M_n$  - линия начала бездиффузионного мартенситного превращения, протекающего при распаде аустенита со скоростью выше критической;

$M_k$  - линия конца мартенситного превращения.

## Классификация и свойства неметаллических материалов

Таблица П2

Свойства термопластичных пластмасс

Материал	$\sigma_{в}$ , МПа	$\delta$ , %	КС*, кДж/м <sup>2</sup>	Максимальная температура эксплуатации (без нагрузки), °С
Полиэтилен:				
низкой плотности (< 0,94 т/м <sup>3</sup> )	10 - 18	300 - 1000	Не ломается	60 - 75
высокой плотности (> 0,94 т/м <sup>3</sup> )	18 - 32	100 - 600	5 - 20	70 - 80
Полипропилен	26 - 38	700 - 800	3 - 15	100
Полистирол	40 - 60	3 - 4	2	50 - 70
Ацетобутиратстирол	30 - 55	15 - 30	8 - 40	75 - 85
Поливинилхлорид:				
жесткий	50 - 65	20 - 50	2 - 4	65 - 85
пластикат	10 - 40	50 - 350	Не ломается	50 - 55
Фторопласт - 4	20 - 40	250 - 500	16	250
Фторопласт - 3	37	160 - 190	8 - 10	150
Органическое стекло	80	5 - 6	2	65 - 90
Поликарбонат:				
без наполнителя	60 - 65	80 - 120	20 - 30	135
с 30% волокна	90	3,5	8	145
Капрон:				
сухой	75 - 85	50 - 130	3 - 10	80 - 100
насыщенный водой	35 - 50	160 - 250	≥ 45	-
сухой + 30% волокна	180	3	12	100 - 130
насыщенный водой + 30% волокна	100-125	4	18	-
Эпоксидный пластик	60	4	≥ 1,8	-
То же + 65% стеклянной ткани	500	~ 2,5	-	130

\* По ГОСТ 4647-80.

Таблица ПЗ

Свойства термореактивных пластмасс

Материал	$\sigma_b$ , МПа	$\delta$ , %	КС*, кДж/м <sup>2</sup>	Максимальная температура эксплуатации (без нагрузки), °С
Термореактивные полимеры без наполнителей:				
фенолоформальдегидные	15 - 35	1 - 5	< 1	200
полиэфирные	42 - 70	2	< 1	95 - 120
эпоксидные	28 - 70	3 - 6	< 1	150 - 175
кремнийорганические	22 - 42	5 - 10	< 1	350
Порошковые пластмассы	30 - 60	1 - 3	0,5 - 5	100 - 200
Волокниты	30 - 90	1 - 3	10 - 20	120 - 140
Гетинаксы	60 - 70	-	4 - 5	125
Текстолиты	65 - 100	1 - 3	20 - 35	90 - 105
Стеклотекстолиты	200 - 600	1 - 3	50 - 200	200 - 400
Пористые пластмассы	0,5 - 2,5	-	~ 1	-

\* По ГОСТ 4647-80.

Учебное издание

## **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

*Методические указания и контрольные задания  
для студентов заочной формы обучения*

Составители: Уварова Вера Сергеевна  
Уваров Вячеслав Васильевич  
Бунова Галина Захаровна

Редактор Т. К. Крестинина

Компьютерная верстка Т. Е. Половнева

Подписано в печать 20.11.2002 г. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 5,1. Усл. кр.-отг. 5,2. Уч.-изд.л. 5,5.

Тираж 300 экз. Заказ 58. Арт. С-36(Д1)/2002.

Самарский государственный аэрокосмический  
университет им. академика С. П. Королёва.  
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

---

Отпечатано в УПД  
443001 Самара, ул. Молодогвардейская, 151.