



Министерство образования и науки Самарской области  
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Самарской области  
«САМАРСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»  
(ГБПОУ «СЭК»)

Е.А. Морозова

## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Методические рекомендации по выполнению практических работ,  
задания для домашней контрольной работы  
и методические указания к её выполнению  
для студентов-заочников специальности

13.02.09 Монтаж и эксплуатация линий электропередачи

Самара 2017

Методические рекомендации по выполнению практических работ, задания для домашней контрольной работы и методические указания к её выполнению по дисциплине *Материаловедение* для студентов специальности 13.02.09 / авт. Морозова Е.А. – Самара: ГБПОУ «СЭК», 2017 – 39 с.

Издание содержит методические рекомендации по самостоятельной работе студентов, задания для домашней контрольной работы и методические указания к её выполнению по дисциплине *Материаловедение*. Составлено в соответствии с требованиями ФГОС специальности 13.02.09.

Рассмотрено и рекомендовано к изданию методическим советом ГБПОУ «СЭК» (протокол № 4 от 10.02.2017 г.)

Рецензент:

Закамов Д.В. – к.т.н, доцент кафедры МиРЭ СамГТУ

Замечания, предложения и пожелания направлять в ГБПОУ «Самарский энергетический колледж» по адресу: 443001, г. Самара, ул. Самарская 205-А или по электронной почте [info@sam-ek.ru](mailto:info@sam-ek.ru)

© ГБПОУ «Самарский энергетический колледж», 2017 г.

## ВВЕДЕНИЕ

Объем часов на самостоятельную работу студентов, обучающихся по специальности 13.02.09 (заочная форма обучения), составляет 82 часа, из них:

- подготовка к практическим занятиям (оформление отчета и подготовка к последующему тестированию) – 25 часов;
- самостоятельное изучение разделов – 12 часов;
- выполнение домашней контрольной работы – 45 часов.

## ОСНОВНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ И ПОСЛЕДУЮЩЕМУ ТЕСТИРОВАНИЮ

### РАЗДЕЛ 2 Железоуглеродистые сплавы

#### *Практическая работа 1*

Микроструктура углеродистых сталей в равновесном состоянии

Оформление отчета и подготовка к тестированию

Оформление отчета к данному практическому занятию (а также к последующим) производится в специальных тетрадях (максимум 24 листа) и включает в себя:

- название практического занятия;
- цель практического занятия;
- порядок выполнения работы;
- краткий конспект по теории.

После выполнения практической работы студент готовится к тестированию.

Примерный перечень контрольных вопросов

1. Дать определение основных фаз системы (феррит, аустенит, цементит).
2. Охарактеризовать полиморфизм железа.
3. Выяснить сущность и различие эвтектического и эвтектоидного превращений.
4. Рассмотреть классификацию сталей по структуре и назначению.
5. Оценить влияние углерода на механические свойства стали.
6. Перечислить постоянные примеси углеродистых сталей и указать их влияние на свойства.
7. Проанализировать характер превращений в системе Fe-Fe<sub>3</sub>C при нагреве и охлаждении с применением правила фаз.
8. Проиллюстрировать применение правила отрезков на диаграмме Fe-Fe<sub>3</sub>C.

#### *Практическая работа 2*

Микроструктура чугунов

Оформление отчета и подготовка к тестированию (см. рекомендации к практической работе 1)

Примерный перечень контрольных вопросов

1. В чем различие между сталями и чугунами?
2. Особенности структурных превращений при кристаллизации и последую-

щем охлаждении чугунов до комнатной температуры.

3. Строение и свойства белых чугунов.
4. Строение и свойства серых, ковких и высокопрочных чугунов.
5. Сущность и назначение модифицирования чугунов.
6. Каковы необходимые условия для графитизации?
7. Как получается ковкий чугун?
8. Классификация, маркировка и области применения чугунов.

### РАЗДЕЛ 3 Термическая обработка металлов и сплавов

#### *Практическая работа 3*

Микроструктура углеродистых сталей после термической обработки

Оформление отчета и подготовка к тестированию (см. рекомендации к практической работе 1)

#### Примерный перечень контрольных вопросов

1. Приведите характеристику мартенсита, троостита, сорбита.
2. От каких условий зависит количество остаточного аустенита при закалке?
3. В чем сходство и различие между перлитом, трооститом и сорбитом?
4. В чем различие структур троостита и сорбита отпуска и закалки?
5. Как изменяются структура и свойства стали при отпуске?
6. Какие изменения в структуру стали вносит перегрев при отжиге и закалке?
7. Как изменяются структура и механические свойства стали 45 и У12 при различных температурах нагрева (680, 710, 740, 760, 810, 850 °С) и постоянной охлаждающей среде (вода)?
8. Как изменяется микроструктура сталей 45 и У12 после охлаждения с различными скоростями (вода, масло, воздух) от одной и той же оптимальной температуры нагрева?

### ОСНОВНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ

На самостоятельное изучение выносятся тема «Цветные металлы и сплавы». Студентам предложено изучить следующие вопросы:

1. Основные характеристики цветных металлов.
  - 1.1. Как делятся цветные металлы (технические и благородные).
  - 1.2. Типичные представители технических цветных металлов.
  - 1.3. Типичные представители благородных металлов.
  - 1.4. Основные свойства цветных металлов (цветовая гамма, твердость, прочность, как делятся по плотности, температуре плавления и т.д.).
  - 1.5. Явление полиморфизма, применимое к цветным металлам.
2. Сплавы на основе алюминия.
  - 2.1. Литейные алюминиевые сплавы.
    - 2.1.1. Типичные представители.
    - 2.1.2. Маркировка литейных алюминиевых сплавов.
  - 2.2. Деформируемые алюминиевые сплавы.

- 2.2.1. Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой.
- 2.2.2. Деформируемые литейные сплавы, неупрочняемые термической обработкой
- 2.2.3. Маркировка деформируемых алюминиевых сплавов
- 3. Сплавы на основе меди
  - 3.1. Латунни (простые, легированные)
  - 3.2. Маркировка деформируемых и литейных латуней
  - 3.3. Бронзы
    - 3.3.1. Оловянные бронзы
    - 3.3.2. Свинцовые бронзы
    - 3.3.3. Алюминиевые бронзы

#### Список рекомендуемой литературы

1. Материаловедение (Раздел «Основы металловедения»). Учебно-методическое пособие для студентов заочной формы обучения / В.С. Муратов, Е.А. Морозова. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2013. - 280 с.
2. Материаловедение производства товаров: учебное пособие / В.С. Муратов, Е.А. Морозова. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2008.- 395 с.
3. Материаловедение в машиностроении и промышленных технологиях. Учебн. справочное руководство / В.А. Струк и др. – Долгопрудный,: Интеллект, 2010. – 535 с.
4. Шкаруба М.В. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Учебное пособие, Омск. гос. техн. ун-т. – Омск; Б.И., 2010. – 115 с.
5. Комаров О.С. Материаловедение в машиностроении. Учебн. / О.С. Комаров, Л.Ф. Корженцева, Г.Г. Макаева. – Минск: Вышэйш. шк., 2009. – 304 с.; ил.: табл.
6. Никифоров В.М. Технология металлов и других конструкционных материалов: Учебник для техникумов. СПб.: Политехника, 2006 . – 382 с.

#### ОСНОВНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ДОМАШНЕЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

В данных методических указаниях представлены 50 вариантов заданий для выполнения контрольной работы по дисциплине «Материаловедение». Номер варианта соответствует номеру студента в списке студентов группы. Например, студент Иванов А.А., имеющий 5-й порядковый номер в журнале успеваемости, соответственно выполняет 5-й вариант заданий.

Контрольная работа выполняется на листах формата А4 (допускается рукописная работа).

Пример оформления титульного листа (в данном случае допускается только машинописный текст) представлен ниже.

Министерство образования и науки Самарской области  
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
Самарской области  
«САМАРСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ»  
(ГБПОУ «СЭК»)

ДОМАШНЯЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

Выполнил:  
Студент МЭЛ \_\_\_\_\_ А.А.Иванов

Проверил:  
к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Е.А. Морозова

Работа защищена с  
оценкой \_\_\_\_\_  
(оценка) (дата) (подпись преподавателя)

Самара 2016

**ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ  
ПО КУРСУ "МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ"  
ВАРИАНТ 1**

1. Дайте определение твердости. Какими методами измеряют твердость металлов и сплавов? Опишите их.
2. Вычертите диаграмму состояния Fe - Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 3,2 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?
3. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8, нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 45...50 HRC. Укажите, как этот режим называется, опишите сущность превращений и какая структура получается в данном случае.
4. С помощью диаграммы состояния железо - цементит обоснуйте выбор режима термической обработки, применяемой для устранения цементитной сетки в заэвтектоидной стали. Дайте определение выбранного режима обработки и опишите превращения, которые происходят при нагреве и охлаждении.
5. Укажите назначение, химический состав стали Ст 3кп.

**ВАРИАНТ 2**

1. Опишите физическую сущность и механизм процесса кристаллизации.
2. Вычертите диаграмму состояния Fe - Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 6 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?
3. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8, нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 150 НВ. Укажите, как этот режим называется, опишите сущность превращений, и какая структура получается в данном случае.
4. После термической обработки углеродистой стали получена структура цементит + мартенсит отпуска + аустенит остаточный. Нанесите на диаграмму состояния железо - цементит ординату заданной стали (примерно) и обоснуйте температуру нагрева этой стали под закалку. Так же укажите температуру отпуска. Опишите превращения, которые произошли при термической обработке.
5. Укажите назначение, химический состав стали 110Г13Л.

**ВАРИАНТ 3**

1. Дайте определение ударной вязкости (KCV). Опишите методику измерения этой характеристики механических свойств металла.
2. Вычертите диаграмму состояния Fe - Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего

0,05%С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8, нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 60...63 HRC. Укажите, как этот режим называется, и какая структура при этом получается. Опишите сущность превращений, и какая структура получается в данном случае.

4. Сталь 45 подверглась отжигу при температурах 830 и 1000 °С. Опишите превращения, происходящие при данных режимах отжига, укажите, какие образуются структуры, и объясните причины получения различных структур и свойств. Дайте определение процесса отжига и рекомендуйте оптимальную температуру нагрева.

5. Укажите назначение, химический состав стали Р6М5К5.

#### ВАРИАНТ 4

1. Какими стандартными характеристиками механических свойств оценивается пластичность металлов и сплавов? Как они определяются?

2. Вычертите диаграмму состояния Fe - Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 4,4 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Как можно устранить крупнозернистую структуру в ковеной стали 30? Используя диаграмму состояния железо - цементит, обоснуйте выбор режима термической обработки для исправления структуры. Опишите структурные превращения и характер изменения свойств.

4. Укажите температуры, при которых производится процесс прочностного азотирования. Объясните, почему азотирование не производится при температурах ниже 500 и выше 700 °С (используя диаграмму состояния железо-азот). Назовите марки сталей, применяемых для азотирования, и опишите полный цикл их термической и химико-термической обработки.

5. Укажите назначение, химический состав стали 9ХС.

#### ВАРИАНТ 5

1. В чем сущность явления наклепа, и какое он имеет практическое использование?

2. Вычертите диаграмму состояния Fe - Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,1 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Углеродистая сталь 45 после закалки и отпуска имеет твердость 50 HRC. Используя диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C и учитывая превращения, происходящие в стали при отпуске, укажите температуры закалки и отпуска. Опишите превращения, которые происходят при выбранных режимах термической обработки, и окончательную структуру.

4. Начертите диаграмму состояния Fe - Fe<sub>3</sub>C и определите температуру полного и неполного отжига и нормализации для стали 40. Охарактеризуйте эти виды термической обработки, опишите структур и свойства стали.

5. Укажите назначение, химический состав стали 10.

#### ВАРИАНТ 6

1. Что такое дендрит? Как и почему образуются дендриты при кристаллизации реального слитка?

2. Вычертите диаграмму состояния Fe - Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 4,3 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8, нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 500 НВ. Укажите, как этот режим называется, и какая структура при этой обработке получается.

4. Назначьте режим термической обработки углеродистой конструкционной стали, используемый для снижения уровня внутренних напряжений, твердости и улучшения обрабатываемости резанием. Приведите конкретный пример.

5. Укажите назначение, химический состав стали АС 30ХН.

#### ВАРИАНТ 7

1. Укажите, какие из распространенных металлов имеют гексагональный тип кристаллической решетки? Начертите элементарную ячейку и укажите ее параметры.

2. Вычертите диаграмму состояния Fe - Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 3,3 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. С помощью диаграммы состояния железо - цементит установите температуру полного и неполного отжига и нормализации для стали 20. Охарактеризуйте эти режимы термической обработки и опишите структур и свойства стали.

4. Плашки из стали У11А закалены: первая – от температуры 760°C, вторая – от температуры 850 °С. Используя диаграмму состояния железо - цементит, укажите температуры закалки, объясните, какая из этих плашек закалена правильно, имеет более высокие режущие свойства и почему.

5. Укажите назначение, химический состав стали 08Ю.

#### ВАРИАНТ 8

1. В чем сущность процесса модифицирования? Приведите пример использования модификаторов для повышения свойств литейных алюминиевых сплавов.

2. Вычертите диаграмму состояния Fe - Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кри-

вую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 6,5 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Углеродистые стали 35 и У8 после закалки и отпуска имеют структуру мартенсит отпуска и твердость: первая 45HRC, вторая – 60 HRC. Используя диаграмму состояния железо - цементит и учитывая превращения, происходящие при отпуске, укажите температуру закалки и температуру отпуска для каждой стали. Опишите превращения, происходящие в этих сталях в процессе закалки и отпуска, и объясните, почему сталь У8 имеет большую твердость, чем сталь 35.

4. Почему для изготовления инструмента применяется сталь с исходной структурой зернистого перлита? В результате какой термической обработки можно получить эту структуру? Приведите конкретный режим для любой инструментальной стали.

5. Укажите назначение, химический состав стали 8Х4В2М2Ф2.

#### ВАРИАНТ 9

1. Опишите явление полиморфизма в приложении к железу. Какое практическое значение оно имеет?

2. Вычертите диаграмму состояния Fe - Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,08 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Используя диаграмму состояния железо - цементит и кривую изменения твердости в зависимости от температуры отпуска, назначьте для углеродистой стали 40 температуру закалки и температуру отпуска, необходимые для обеспечения твердости 400 НВ. Опишите превращения на всех этапах термической обработки и получаемую структуру.

4. Сталь 40 подвергалась закалке от температур 760 и 840 °С. С помощью диаграммы состояния железо - цементит укажите, какие структуры образуются в каждом случае. Объясните причины образования разных структур и рекомендуйте оптимальный режим нагрева под закалку данной стали.

5. Укажите назначение, химический состав стали Р6М5.

#### ВАРИАНТ 10

1. Объясните, в чем различие между холодной и горячей пластической деформацией? Опишите особенности обоих видов деформации.

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 5,9 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8. Нанесите на нее кривую режима термической обработки, обеспечивающей получение твердости 200 НВ. Укажите, как этот режим называется, и какая структура получается в этом случае.

4. Как изменяются структура и свойства стали 40 и У12 в результате закалки от температуры 750 и 850 °С. Объясните с применением диаграммы состояния железо-цементит. Выберите оптимальный режим нагрева под закалку каждой стали.

5. Укажите назначение, химический состав стали 0Н6.

#### ВАРИАНТ 11

1. Что такое дислокация? Укажите виды дислокаций и их влияние на механические свойства металла.

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,7 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8. Нанесите на нее кривую режима термической обработки, обеспечивающей получение твердости 350 НВ. Опишите сущность превращений, и какая структура получается при этой обработке.

4. Как изменяются структура и свойства стали 40 и У11 в результате закалки от температуры 750 и 850 °С. Объясните с применением диаграммы состояния железо - цементит. Выберите оптимальный режим закалки каждой стали.

5. Укажите назначение, химический состав стали 55ГС.

#### ВАРИАНТ 12

1. Начертите диаграмму состояния для случая ограниченной растворимости компонентов в твердом виде. Укажите структурные составляющие во всех областях этой диаграммы и опишите строение типичных сплавов различного состава, встречающихся в этой системе.

2. Вычертите диаграмму состояния Fe –Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 2,4 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. При непрерывном охлаждении стали У8 получена структура троостит + мартенсит. Нанесите на диаграмму изотермического превращения аустенита кривую охлаждения, обеспечивающую получение данной структуры. Укажите интервалы температур превращений и опишите характер превращения в каждом из них.

4. Используя диаграмму состояния железо - цементит и кривую изменения твердости в зависимости от температуры отпуска, назначьте для углеродистой стали 40 температуру закалки и отпуска, необходимые для обеспечения твердости 250 НВ. Опишите превращения, происходящие при термической обработке, и полученную после обработки структуру.

5. Укажите назначение, химический состав стали ХГС.

#### ВАРИАНТ 13

1. Что такое ограниченные и неограниченные твердые растворы? Каковы необходимые условия образования неограниченных твердых растворов?

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 2,14 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Используя диаграмму изотермического превращения аустенита, объясните, почему нельзя получить в стали чисто мартенситную структуру при охлаждении ее со скоростью меньше критической.

4. Режущий инструмент требуется обработать на максимальную твердость. Для его изготовления выбрана сталь У13А. назначьте режим термической обработки, опишите структуру и свойства стали.

5. Укажите назначение, химический состав стали ШХ15.

#### ВАРИАНТ 14

1. Какие процессы протекают при нагреве деформированного металла выше температуры рекристаллизации? Как изменяются при этом структура и свойства?

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 1 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8, нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 50HRC. Укажите, как этот режим называется, опишите сущность превращения, и какая структура получается в данном случае.

4. Используя диаграмму состояния железо - цементит, определите температуру полной и неполной закалки для стали 40. Дайте описание структуры и свойств стали после каждого вида термической обработки.

5. Укажите назначение, химический состав стали А35Е.

#### ВАРИАНТ 15

1. Что такое переохлаждение и как оно влияет на величину зерна кристаллизующегося металла?

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 4,8 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита заэвтектоидной стали и нанесите на нее кривую режима изотермического отжига. Опишите превращения и получаемую после такой обработки структуру, ее свойства.

4. С помощью диаграммы состояния железо - цементит опишите структурные превращения, происходящие при нагреве стали У12. Укажите критические

точки и выберите оптимальный режим нагрева этой стали под закалку. Охарактеризуйте процесс закали, опишите получаемую структуру и свойства стали.

5. Укажите назначение, химический состав стали 95Х18-Ш.

#### ВАРИАНТ 16

1. Как и почему изменяется плотность дислокаций при пластической деформации? Укажите влияние дислокации на свойства металла.

2. Вычертите диаграмму состояния Fe- Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 4,0 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8, нанесите на нее кривые режимов обычной закали, ступенчатой и изотермической. Каковы преимущества и недостатки каждого из этих видов закалики?

4. Что такое нормализация? Используя диаграмму состояния железо - цементит, укажите температуру нормализации стали 45 и стали У12. Опишите превращения, происходящие в сталях при выбранном режиме обработки, получившуюся структуру и свойства.

5. Укажите назначение, химический состав сталей Р18, Р9.

#### ВАРИАНТ 17

1. Опишите сущность наклепа и приведите примеры его практического использования.

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,16 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Используя диаграмму состояния железо - цементит и график зависимости твердости от температуры отпуска, назначьте режим термической обработки (температуру закали, охлаждающую среду и температуру отпуска) различных приспособлений из стали 60, которые должны иметь твердость 30...35 НРС. Опишите превращения, происходящие на всех этапах термической обработки, получаемую структуру.

4. С помощью диаграммы состояния железо-цементит установите температуру полной и неполной закали для стали 45 и опишите структуру и свойства после каждого вида термической обработки.

5. Укажите назначение, химический состав улучшаемых сталей 30Г2, 40Г2.

#### ВАРИАНТ 18

1. Объясните, от каких основных факторов зависит величина зерна закристаллизовавшегося металла и почему?

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,4 % С.

Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Используя диаграмму состояния железо - цементит, опишите структурные превращения, происходящие при нагреве стали У10. Укажите критические точки и выберите оптимальный режим нагрева этой стали под закалку. Охарактеризуйте этот вид термической обработки и опишите получаемую структуру и свойства стали.

4. В структуре углеродистой стали 30 после закалки не обнаруживается остаточного аустенита, а в структуре стали У12 наблюдается до 30% остаточного аустенита. Объясните причину этого явления. Какой обработкой можно устранить остаточный аустенит.

5. Укажите назначение, химический состав стали 38Х2МЮА.

#### ВАРИАНТ 19

1. Укажите назначение и выбор режима рекристаллизационного отжига. Рассмотрите на примере алюминия.

2. Вычертите диаграмму состояния Fe- Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,5 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита стали У8. Нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей твердость 20...25 HRC. Укажите, как этот режим называется, и какая структура образуется в данном случае.

4. Изделия из стали 40 требуется подвергнуть улучшению. Назначьте режим термической обработки, опишите сущность происходящих превращений, структур и свойства стали.

5. Укажите назначение, химический состав стали ХВГ.

#### ВАРИАНТ 20

1. Опишите явление полиморфизма в приложении к цирконию. Начертите элементарные кристаллические ячейки, укажите их параметры и координационное число.

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,8 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Используя диаграмму состояния железо-цементит, опишите структурные превращения, происходящие при нагреве стали У11. Укажите критические точки и назначьте температуру нагрева этой стали под закалку и под нормализацию. Охарактеризуйте эти виды термической обработки, опишите получаемую структуру и свойства.

4. С помощью диаграммы состояния железо-цементит опишите структурные превращения, происходящие при нагреве доэвтектоидной стали. Покажите критические точки А<sub>С1</sub> и А<sub>С3</sub> для выбранной вами стали. Установите режим на-

грева этой стали под закалку. Охарактеризуйте процесс закалки, опишите получаемую структуру и свойства стали.

5. Укажите назначение, химический состав стали А12.

#### ВАРИАНТ 21

1. Укажите, какими стандартными характеристиками механических свойств оценивается прочность металлов и сплавов? Как эти характеристики определяются?

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 1,2 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Режущий инструмент из стали У10 был перегрет при закалке. Чем вреден, и как можно исправить этот дефект? Произведите исправление структуры и назначьте режим термической обработки, обеспечивающей нормальную работу инструмента. Опишите его структур и свойства.

4. С помощью диаграммы состояния железо - цементит определите температуру нормализации, отжига и закалки для стали 30. Охарактеризуйте эти режимы термической обработки и опишите структур и свойства стали после каждого вида обработки.

5. Укажите назначение, химический состав стали 15Х.

#### ВАРИАНТ 22

1. Укажите, как изменяются свойства деформированного металла при нагреве, какие процессы происходят при этом?

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 6,6 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8, нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 45 HRC. Укажите, как этот режим называется, опишите сущность превращений, и какая структура получается в данном случае.

4. С помощью диаграммы состояния железо - цементит определите температуру полного и неполного отжига и нормализации для стали 40. Охарактеризуйте эти режимы термической обработки и опишите структур и свойства стали.

5. Укажите назначение, химический состав стали 9Х5ВФ.

#### ВАРИАНТ 23

1. Укажите, что представляют собой твердые растворы замещения и внедрения? Приведите примеры.

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего

1,6 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8. Нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 55 HRC. Укажите, как этот режим называется, опишите сущность превращений, и какая структура получается в данном случае.

4. Используя диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, установите температуру нормализации, отжига и закалки для стали У12. Охарактеризуйте этот режим термической обработки и опишите структуру и свойства сталей после каждого вида обработки.

5. Укажите назначение, химический состав азотируемой стали 30X2MЮА.

#### ВАРИАНТ 24

1. Объясните, почему пластическую деформацию свинца при комнатной температуре считают горячей деформацией, а деформация вольфрама даже при температуре 1000 °С является холодной пластической деформацией.

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 2,6 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Углеродистая сталь после закалки и отпуска имеет твердость 55...60 HRC. используя диаграмму состояния железо - цементит и учитывая превращения, происходящие в стали при отпуске, выберите температуру закалки и температуру отпуска. Опишите превращения, которые происходят при выбранных режимах термической обработки и окончательную структуру.

4. Поковки из стали 40 имеют крупнозернистое строение. С помощью диаграммы состояния железо-цементит назначьте режим термической обработки для получения мелкого зерна и объясните, почему выбранный режим обеспечивает мелкозернистое строение стали.

5. Укажите назначение, химический состав стали 12X18H9T.

#### ВАРИАНТ 25

1. Укажите, в чем различие между упругой и пластической деформацией? Между хрупким и вязким разрушением?

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 1,8 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Используя диаграмму состояния железо - цементит и кривую изменения твердости в зависимости от температуры отпуска, назначьте для углеродистой стали 40 температуру закалки и температуру отпуска, необходимые для обеспечения твердости 450 НВ. Опишите превращения, которые совершались в стали в процессе закалки и отпуска, и полученную после термической обработки структуру.

4. После закалки углеродистой стали была получена структура, состоящая из феррита и мартенсита. Проведите на диаграмме состояния железо-цементит ординату, соответствующую заданной стали (примерно). Укажите принятую в данном случае температуру нагрева под закалку. Как называется такой вид закалки? Какие превращения произошли при нагреве и охлаждении?

5. Укажите назначение, химический состав стали 8Х4В9Ф2-Ш.

#### ВАРИАНТ 26

1. Укажите, как и почему при холодной пластической деформации изменяются свойства металлов.

2. Вычертите диаграмму состояния Fe - Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 5,1 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8. Нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 25 HRC. Укажите, как этот режим называется, и какая структура получается в данном случае.

4. Метчики из стали У10 закалены: первый – от температуры 760 °С, а второй – от температуры 850 °С. нанесите на диаграмму состояния железо-цементит выбранные температуры нагрева и объясните, какой из этих метчиков закален правильно, имеет более высокие режущие свойства и почему.

5. Укажите назначение, химический состав сталей 08Х18Н10, 08Х18Н20.

#### ВАРИАНТ 27

1. Как влияет степень чистоты металла или наличие примесей в сплаве на протекание процесса кристаллизации?

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 1,9 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8. Нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 250 НВ. Укажите, как этот режим называется, какая структура получается в этом случае.

4. С помощью диаграммы состояния железо - цементит определите температуру полного, неполного отжига и нормализации стали 45. Охарактеризуйте эти режимы термической обработки и опишите структур и свойства стали.

5. Укажите назначение, хим. состав стали У8А.

#### ВАРИАНТ 28

1. Опишите линейные несовершенства кристаллического строения. Как они влияют на свойства металлов и сплавов?

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего

0,2 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита стали У8, нанесите на нее кривую режима изотермической закалки. Охарактеризуйте этот режим термической обработки и опишите структуру и свойства стали.

4. После закалки углеродистой стали была получена структура, состоящая из феррита и мартенсита. Проведите на диаграмме состояния железо-цементит ординату, соответствующую составу заданной стали (примерно), укажите принятую в данном случае температуру нагрева под закалку. Как называется такая обработка? Какие превращения произошли при нагреве и охлаждении стали?

5. Укажите назначение, химический состав стали 9ХФ.

#### ВАРИАНТ 29

1. Каким видом пластической деформации (холодной или горячей) является деформирование железа при температуре 500 °С? Объясните, как при этом изменяются структура и свойства железа.

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 3,8 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Что такое закалка? используя диаграмму состояния железо-цементит, укажите температуру нагрева под закалку стали 50 и У12. Опишите превращения, происходящие в сталях при выбранном режиме обработки, получаемую структуру и свойства.

4. После термической обработки углеродистой стали получена структура: цементит + мартенсит отпуска. Нанесите на диаграмму состояния железо-цементит ординату заданной стали (примерно) и укажите температуру нагрева этой стали под закалку. Назначьте температуру отпуска, обеспечивающую получение указанной структуры и опишите все превращения, которые совершились в стали в процессе закалки и отпуска.

5. Укажите назначение, химический состав стали 0Н9.

#### ВАРИАНТ 30

1. Укажите, как и почему скорость охлаждения при кристаллизации влияет на строение слитка?

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 2,0 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8, нанесите на нее кривую режима термической обработки, обеспечивающей получение твердости 60...63 НRC. Укажите, как этот режим называется, опишите сущность превращений, и какая структура получается при этом.

4. Изделия после правильно выполненной закалки и последующего отпуска имеют твердость более низкую, чем предусмотрено техническими условиями. Чем вызван этот дефект, и как можно его исправить?

5. Укажите назначение, химический состав стали У10А.

#### ВАРИАНТ 31

1. Что такое ликвация? Укажите виды ликвации, причины их возникновения и способы устранения.

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 2,2 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Изделия из стали 50 закалены: первое – от температуры 740 °С, а второе – от температуры 820 °С. Используя диаграмму состояния железо-цементит, укажите выбранные температуры нагрева и объясните, какое из этих изделий имеет более высокую твердость и лучшие эксплуатационные свойства и почему.

4. В чем заключается отрицательное влияние цементитной сетки на свойства инструментальной стали У10 и У12? Какой термической обработкой можно ее уничтожить? С помощью диаграммы состояния железо-цементит обоснуйте выбранный режим термической обработки.

5. Укажите назначение, химический состав стали АС12ХН.

#### ВАРИАНТ 32

1. Что такое временное сопротивление разрыву ( $\sigma_B$ )? Как определяется эта характеристика механических свойств металла?

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 5,3 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Доэвтектоидная углеродистая сталь имеет крупнозернистую структуру перегрева. Какой вид термической обработки следует применить для устранения состояния перегрева? Нанесите на диаграмму состояния железо-цементит ординату любой доэвтектоидной стали и объясните, какие изменения происходят в структуре стали при этой термообработке.

4. Углеродистая сталь У8 после одного вида термической обработки получила структур пластинчатого перлита, а после другого вида – зернистого перлита. Какая термообработка была применена в первом и во втором случаях?

5. Укажите назначение, химический состав стали У12А.

#### ВАРИАНТ 33

1. Укажите, как влияют дислокации на механические свойства металлов?

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего

0,3 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Используя диаграмму состояния железо - цементит, определите температуру полного, неполного отжига и нормализации для стали 40. Охарактеризуйте эти режимы термической обработки и опишите структуру и свойства стали.

4. Назначьте режим обработки шестерни из стали 10, обеспечивающий твердость зуба 58...62 HRC. Опишите происходящие в стали превращения, структуру и свойства поверхности зуба и сердцевины шестерни после термической обработки.

5. Укажите назначение, химический состав азотируемой стали 38Х2ВФЮА.

#### ВАРИАНТ 34

1. Укажите, для каких целей применяется диффузионный отжиг? Как выбирается режим такого отжига? Приведите примеры.

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,17 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. После закалки углеродистой стали была получена структура, состоящая из феррита и мартенсита. Нанесите на диаграмму состояния железо-цементит ординату, соответствующую составу заданной стали (примерно), укажите принятую в данном случае температуру нагрева под закалку и опишите все превращения, которые совершились в стали при нагреве и охлаждении. Как называется такой вид закалки?

4. В чем заключается обработка стали холодом, и в каких случаях она применяется? (Объясните с применением С-образных кривых).

5. Укажите назначение, хим. состав улучшаемых легированных сталей 30ХНЗА, 40ХН.

#### ВАРИАНТ 35

1. Опишите виды твердых растворов. Приведите примеры.

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 4,5 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Используя диаграмму состояния железо-цементит, определите температуру полного и неполного отжига и нормализации для стали 15. Охарактеризуйте эти режимы термической обработки и опишите микроструктуру и свойства стали.

4. Для каких целей применяется отжиг на зернистый перлит? Объясните выбор режима и цель этого вида обработки.

5. Укажите назначение, химический состав стали У13А.

### ВАРИАНТ 36

1. Как влияет модифицирование на строение и свойства литого металла? Объясните причину воздействия.

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 6,4 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. После закалки углеродистой стали У8 была получена структура, состоящая из троостита и мартенсита. Проведите на диаграмме изотермического превращения переохлажденного аустенита кривую охлаждения, обеспечивающую получение такой структуры. Опишите превращения, которые совершились в стали при охлаждении, ее твердость.

4. Сталь 40 подвергалась закалке от температур 750 и 830 °С. используя диаграмму состояния железо-цементит, укажите выбранные температуры и опишите превращения, которые произошли при двух режимах закалки. Какому режиму следует отдать предпочтение и почему?

5. Укажите назначение, химический состав пружинной стали Х12Н8К5М2ТЮ.

### ВАРИАНТ 37

1. Что такое предел усталости? Опишите методику определения этой характеристики свойств металла.

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 6,4% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8, нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 150 НВ. Укажите, как этот режим называется, опишите сущность превращения и какая структура получается в данном случае.

4. Покажите графически режим отжига для получения ферритного ковкого чугуна. Опишите структурные превращения, происходящие в процессе отжига. Каковы механические свойства чугуна после термической обработки, его структура?

5. Укажите назначение, химический состав криогенной стали 10Х14Г14Н4Т.

### ВАРИАНТ 38

1. Как изменяется плотность дислокаций при пластической деформации металлов? Укажите, влияние дислокаций на свойства металла.

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 2,5 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8, нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 500 НВ. Укажите, как этот режим называется, опишите сущность превращения, и какая структура получается в данном случае.

4. Почему для изготовления инструмента применяется сталь с исходной структурой зернистого перлита? В результате какой термической обработки можно получить эту структуру? Приведите конкретный пример.

5. Укажите назначение, химический состав стали Ст 1сп.

#### ВАРИАНТ 39

1. Опишите точечные несовершенства кристаллического строения металла. Каково их влияние на свойства?

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 3,1 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Что такое закалка? Используя диаграмму состояния железо - цементит, укажите температуру нагрева под закалку стали 40 и У10. Опишите превращения, происходящие в сталях при выбранном режиме обработки, получаемую структуру и свойства.

4. Используя диаграмму состояния железо - цементит, опишите структурные превращения, происходящие при нагреве любой заэвтектоидной стали. Покажите критические точки A<sub>C1</sub> и A<sub>Cm</sub> для выбранной вами стали, установите оптимальную температуру нагрева этой стали под закалку. Охарактеризуйте процесс заковки, опишите происходящие превращения и получаемую структуру.

5. Укажите назначение, химический состав азотируемой стали 30ХН2ВФА.

#### ВАРИАНТ 40

1. Какие основные характеристики механических свойств определяются при испытании на растяжение? Опишите их.

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,06 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. В чем отличие процесса цементации в твердом карбюризаторе от процесса газовой цементации? Как можно исправить крупнозернистую структуру перегрева цементированных изделий?

4. Опишите структуру и свойства стали 45 и У12 после заковки от температуры 760 и 840 °С. Выберите оптимальный режим нагрева под закалку.

5. Укажите назначение, химический состав стали 7ХФ.

#### ВАРИАНТ 41

1. Что такое твердый раствор внедрения? Приведите пример.

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте

кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,12 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Требуется произвести поверхностное упрочнение изделий из стали 15. Назначьте вид обработки, опишите технологию, происходящие в стали превращения, структуру и свойства поверхности и сердцевины изделия.

4. Шестерни из стали 45 закалены: первая – от температуры 740 °С, а вторая – от 820 °С. Используя диаграмму состояния железо - цементит, нанесите выбранные температуры нагрева и объясните, какая из этих шестерен имеет более высокую твердость и лучшие эксплуатационные свойства и почему.

5. Укажите назначение, химический состав стали 30Х13.

#### ВАРИАНТ 42

1. Чем объясняется упрочнение металла при пластической деформации?

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 1,1 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8, нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 450 НВ. Укажите, как этот режим называется, опишите сущность превращения, и какая структура получается в данном случае.

4. Каковы причины возникновения внутренних напряжений при закалке? Каким способом можно предохранить изделие от образования закалочных трещин?

5. Укажите назначение, химический состав улучшаемых легированных сталей 30ХН2МА, 40ХН2МА.

#### ВАРИАНТ 43

1. Укажите, в чем сущность явления полиморфизма, и какое он имеет практическое значение. Приведите пример.

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 4,2 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Что такое нормализация? Используя диаграмму состояния железо - цементит, назначьте температуру нормализации любой доэвтектоидной и любой заэвтектоидной стали. Опишите явления, происходящие в сталях при выбранном режиме обработки, получаемую структуру и свойства.

4. Используя диаграмму состояния железо - цементит и кривую изменения твердости в зависимости от температуры отпуска, назначьте режим термической обработки для углеродистой стали 45, необходимый для обеспечения твердости 550 НВ. Опишите превращения, происходящие на всех этапах термической обработки, и получаемую после обработки структуру.

5. Укажите назначение, химический состав стали 55ХГР.

#### ВАРИАНТ 44

1. Укажите, как выбирается режим рекристаллизационного отжига? Для каких целей он назначается? Рассмотрите на примере никеля.

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 1,4 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. После закалки углеродистой стали была получена структура мартенсит + цементит + A<sub>ост</sub>. Нанесите на диаграмму состояния железо - цементит ординату (примерно) обрабатываемой стали, укажите температуру ее нагрева под закалку. Опишите превращения, которые произошли при нагреве и охлаждении стали.

4. Используя диаграмму состояния железо - цементит, определите температуру полного и неполного отжига и нормализации для стали 40. Охарактеризуйте эти режимы термической обработки и опишите изменение структуры и свойств стали в процессе каждого вида обработки.

5. Укажите назначение, химический состав цементуемой легированной стали 20ХГР.

#### ВАРИАНТ 45

1. Укажите, как изменяются структура и свойства металла при холодной пластической деформации?

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 3,4 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Детали машин из стали 40 закалены: одни – от температуры 760 °С, а другие – от температуры 830 °С. Используя диаграмму состояния железо - цементит, нанесите выбранные температуры нагрева и объясните, какие из этих деталей имеют более высокую твердость и лучшие эксплуатационные свойства и почему.

4. Изделия из стали 50 требуется подвергнуть улучшению. Назначьте режим термической обработки, опишите сущность происходящих превращений, структуру и свойства стали после обработки.

5. Укажите назначение, химический состав стали У9А.

#### ВАРИАНТ 46

1. Опишите явление полиморфизма в приложении к олову.

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 1,7 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. С помощью диаграммы состояния железо - цементит определите температуру нормализации, отжига, закалки стали 45. Охарактеризуйте эти режимы термической обработки и опишите структур и свойства после каждого вида обработки.

4. Укажите, в чем отличие обычной закалки от ступенчатой и изотермической? Каковы преимущества и недостатки каждого из этих видов?

5. Укажите назначение, химический состав стали Ст 6сп.

#### ВАРИАНТ 47

1. Какая температура разделяет районы холодной и горячей пластической деформации и почему? Рассмотрите на примере железа.

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 5,4 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. С помощью диаграммы состояния железо - цементит и графика зависимости твердости от температуры отпуска назначьте режим термической обработки (температуру закалки, охлаждающую среду и температуру отпуска) изделий из стали 50, которые должны иметь твердость 230...250 НРС. Опишите микроструктуру и свойства стали 50 после термической обработки.

4. В чем преимущества и недостатки поверхностного упрочнения стальных изделий при нагреве токами высокой частоты по сравнению с упрочнением методом цементации? Назовите марки стали, применяемые для этих видов обработки.

5. Укажите назначение, химический состав стали 17Х18Н9.

#### ВАРИАНТ 48

1. Сохраняется ли наклеп металла, если пластическая деформация осуществляется при температуре выше температуры рекристаллизации? Дайте подробное объяснение.

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 3,5 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. С помощью диаграммы состояния железо - цементит определите температуру нормализации, отжига и закалки для стали У10. Охарактеризуйте эти виды термической обработки и опишите структуру и свойства стали после каждого режима обработки.

4. Сталь 40 подвергалась закалке от температур 760 и 840 °С. Используя диаграмму состояния железо - цементит, укажите выбранные температуры нагрева и опишите превращения, которые произошли при двух режимах закалки. Какому режиму следует отдать предпочтение и почему?

5. Укажите назначение, химический состав стали 15ХФ.

#### ВАРИАНТ 49

1. Опишите явление полиморфизма в приложении к титану. Какое практичес-

кое значение оно имеет?

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 6,2 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Углеродистые стали после закалки и отпуска имеют структуру мартенсит отпуска и твердость: первая – 50 HRC, вторая – 60 HRC. используя диаграмму состояния железо - цементит и учитывая превращения, происходящие в этих сталях при отпуске, укажите температуру закалки и температуру отпуска для каждой стали. Опишите превращения, происходящие в этих сталях в процессе закалки и отпуска, и объясните, почему сталь У8 имеет большую твердость, чем сталь 45.

4. Изделия из стали 40ХФА требуется подвергнуть улучшению. Назначьте режим термической обработки, опишите сущность происходящих превращений.

5. Укажите назначение, химический состав стали 8Х4М4В2Ф1-Ш.

#### ВАРИАНТ 50

1. Опишите условия получения мелкозернистой структуры металла при самопроизвольно развивающейся кристаллизации (используя кривые Таммана).

2. Вычертите диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 3,0 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре, и как такой сплав называется?

3. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали 40, нанесите на нее кривую режима термической обработки, обеспечивающей получение твердости 57...59 HRC. Укажите, как этот режим называется, опишите сущность превращений, и какая структура при этом получается.

4. Используя диаграмму состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C, установите температуру нормализации, отжига и закалки для стали У11. Охарактеризуйте эти режимы термической обработки и опишите структуру и свойства стали после каждого вида обработки.

5. Укажите назначение, химический состав стали ШХ 15СГ.

#### РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО КУРСУ "МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ"

##### Рекомендации для выполнения вопроса 1

Во всех 50 предложенных вариантах контрольной работы вопрос № 1 носит теоретический характер. При ответе на него можно воспользоваться любым из учебников по курсу "Материаловедение", предложенных в библиографическом списке.

Объем ответа строго не регламентирован – оптимально 2 - 3 стр.

В качестве примера рассмотрим ответ на следующий вопрос.

Опишите линейные несовершенства кристаллического строения. Как они влияют на свойства металлов и сплавов?

Основными линейными дефектами являются дислокации. Априорное представление о дислокациях впервые использовано в 1934 году Орована и Тейлером при исследовании пластической деформации кристаллических материалов, для объяснения большой разницы между практической и теоретической прочностью металла.

*Дислокация* – это дефекты кристаллического строения, представляющие собой линии, вдоль и вблизи которых нарушено характерное для кристалла правильное расположение атомных плоскостей.

Простейшие виды дислокаций – краевые и винтовые.

*Краевая дислокация* представляет собой линию, вдоль которой обрывается внутри кристалла край "лишней" полуплоскости (рис. 1).

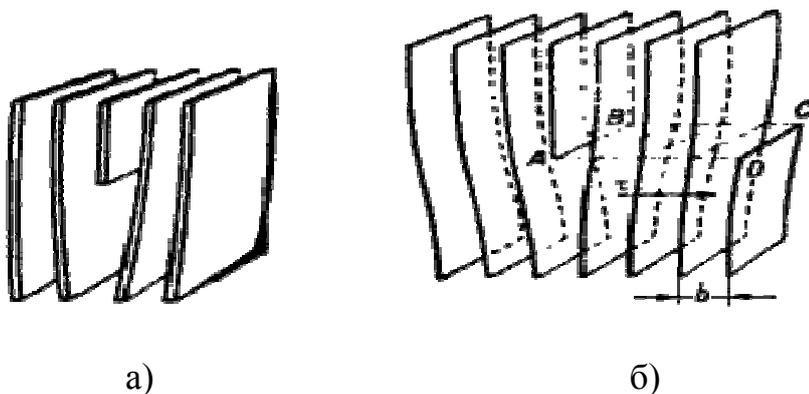


Рис. 1. Краевая дислокация (а) и механизм ее образования (б)

Неполная плоскость называется экстраплоскостью.

Большинство дислокаций образуются путем сдвигового механизма. Ее образование можно описать при помощи следующей операции. Надрезать кристалл по плоскости ABCD, сдвинуть нижнюю часть относительно верхней на один период решетки в направлении, перпендикулярном АВ, а затем вновь сблизить атомы на краях разреза внизу.

Наибольшие искажения в расположении атомов в кристалле имеют место вблизи нижнего края экстраплоскости. Вправо и влево от края экстраплоскости эти искажения малы (несколько периодов решетки), а вдоль края экстраплоскости искажения простираются через весь кристалл, и могут быть очень велики (тысячи периодов решетки) (рис. 2).

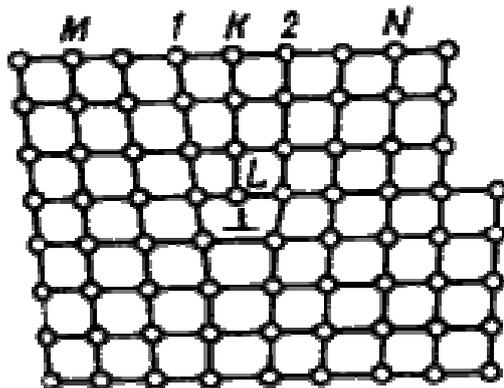


Рис. 2. Искажения в кристаллической решетке при наличии краевой дислокации

Если экстраплоскость находится в верхней части кристалла, то краевая дислокация – положительная (  $\perp$  ), если в нижней, то – отрицательная (  $\top$  ). Дислокации одного знака отталкиваются, а противоположные – притягиваются.

Другой тип дислокаций был описан Бюргерсом, и получил название *винтовая дислокация*. Винтовая дислокация получена при помощи частичного сдвига плоскости Q вокруг линии EF (рис. 3). На поверхности кристалла образуется ступенька, проходящая от точки E до края кристалла. Такой частичный сдвиг нарушает параллельность атомных слоев, кристалл превращается в одну атомную плоскость, закрученную по винту в виде полого геликоида вокруг линии EF, которая представляет границу, отделяющую часть плоскости скольжения, где сдвиг уже произошел, от части, где сдвиг не начинался. Вдоль линии EF наблюдается макроскопический характер области несовершенства, в других направлениях ее размеры составляют несколько периодов.

Если переход от верхних горизонтов к нижним осуществляется поворотом по часовой стрелке, то дислокация *правая*, а если поворотом против часовой стрелки – *левая*.

Винтовая дислокация не связана с какой-либо плоскостью скольжения, она может перемещаться по любой плоскости, проходящей через линии дислокации.

Вакансии и дислоцированные атомы к винтовой дислокации не стекают.

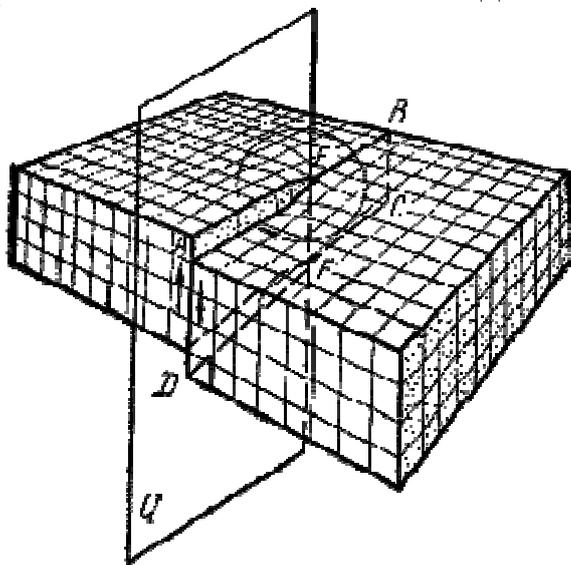


Рис. 3. Механизм образования винтовой дислокации

Линии дислокаций не могут обрываться внутри кристалла, они должны быть замкнутыми, образуя петлю, либо разветвляться на несколько дислокаций, либо выходить на поверхность кристалла.

Дислокационная структура материала характеризуется плотностью дислокаций.

*Плотность дислокаций* в кристалле определяется как среднее число линий дислокаций, пересекающих внутри тела площадку площадью  $1 \text{ м}^2$ , или как суммарная длина линий дислокаций в объеме  $1 \text{ м}^3$

$$\rho = \frac{\sum l}{V} (\text{см}^{-2}; \text{м}^{-2}).$$

Плотность дислокаций изменяется в широких пределах и зависит от состояния материала. После тщательного отжига плотность дислокаций составляет  $10^5 \dots 10^7 \text{ м}^{-2}$ , в кристаллах с сильно деформированной кристаллической решеткой плотность дислокаций достигает  $10^{15} \dots 10^{16} \text{ м}^{-2}$ .

Плотность дислокации в значительной мере определяет пластичность и прочность материала (рис. 4).

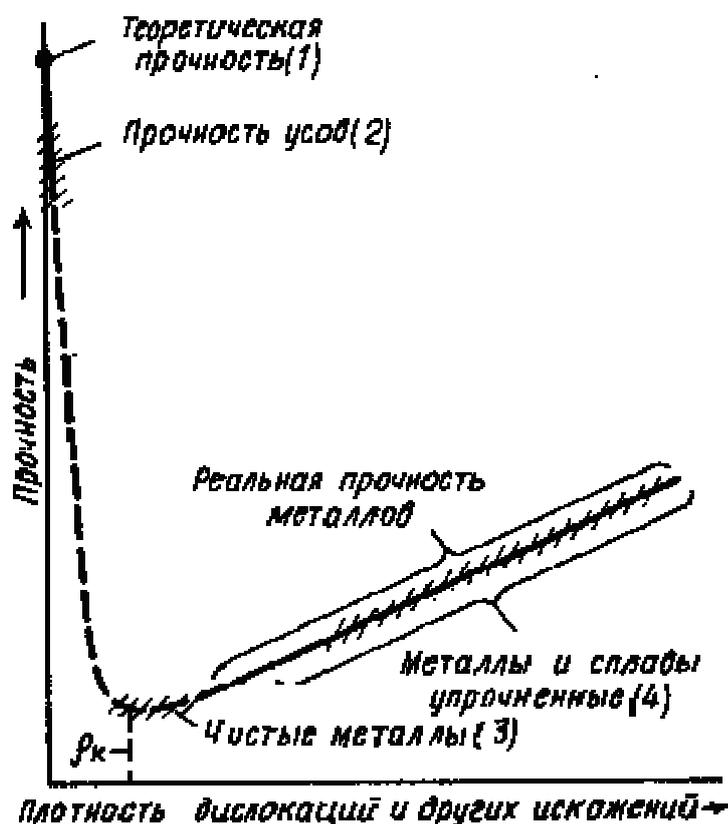


Рис. 4. Влияние плотности дислокаций на прочность

Минимальная прочность определяется критической плотностью дислокаций  $\rho = 10^5 \dots 10^7 \text{ м}^{-2}$ .

Если плотность меньше значения  $a$ , то сопротивление деформированию резко возрастает, а прочность приближается к теоретической. Повышение прочности достигается созданием металла с бездефектной структурой, а также повышением плотности дислокаций, затрудняющей их движение. В настоящее время созданы кристаллы без дефектов – нитевидные кристаллы длиной до 2мм, толщиной 0,5...20 мкм – "усы" с прочностью, близкой к теоретической: для железа  $\sigma_b = 13000 \text{ МПа}$ , для меди  $\sigma_b = 30000 \text{ МПа}$ . При упрочнении металлов увеличивается плотность дислокаций, она не должна превышать значений  $10^{15} \dots 10^{16} \text{ м}^{-2}$ . В противном случае образуются трещины.

Дислокации влияют не только на прочность и пластичность, но и на другие свойства кристаллов. С увеличением плотности дислокаций возрастает внутренне напряжение, изменяются оптические свойства, повышается электросопротивление металла. Дислокации увеличивают среднюю скорость диффузии в кристалле, ускоряют старение и другие процессы, уменьшают химическую стойкость, поэтому в результате обработки поверхности кристалла специальными веществами в местах выхода дислокаций образуются ямки.

Дислокации образуются при образовании кристаллов из расплава или газообразной фазы, при срастании блоков с малыми углами разориентировки. При перемещении вакансий внутри кристалла, они концентрируются, образуя полости в виде дисков. Если такие диски велики, то энергетически выгодно "захлопывание" их с образованием по краю диска краевой дислокации. Образуются дислокации при деформации, в процессе кристаллизации, при термической обработке.

## Рекомендации при выполнении вопроса 2

Задание вопроса № 2 для всех вариантов формулируется одинаково, изменяется лишь концентрация углерода в сплаве. В качестве примера рассмотрим кристаллизацию сплава **I - I**, содержащего **5,8 % C** (рис. 5).

Обозначим основные точки пересечения (точки **1, 2, 3, 4**) с линиями фазовых превращений на диаграмме Fe – Fe<sub>3</sub>C (рис. 5,а).

До точки **1** при охлаждении сплава I – I происходит охлаждение жидкости. На кривой охлаждения (рис. 5, б) отмечаем наличие жидкости на участке **0 – 1**.

Применяем правило фаз, которое устанавливает математическую зависимость между числом степеней свободы, числом компонентов и числом фаз на участке **0 – 1**

$$C = k - f + 1,$$

где  $k$  – число компонентов, образующих систему;  $k = 2(\text{Fe}, \text{C})$ ;

$f$  – число фаз, находящихся в равновесии.

Напомним, что на диаграмме Fe – Fe<sub>3</sub>C всего 4 фазы: жидкость (L), феррит ( $\alpha\text{-Fe}$ ), аустенит ( $\gamma\text{-Fe}$ ) и цементит (Fe<sub>3</sub>C). Здесь  $f = 1$  (L).

1 – число внешних факторов (внешним фактором считаем только температуру, т.к. давление, за исключением очень высокого, мало влияет на фазовое равновесие сплавов в твердом и жидком состояниях.

$C$  – число степеней свободы (или вариантность системы) показывает число внешних и внутренних факторов (температура, давление, концентрация), которые можно изменять без изменения числа фаз в системе.

Определим число степеней свободы для участка **0 – 1**.

$$C = 2 - 1 + 1 = 2.$$

Первичная кристаллизация сплавов системы Fe – C начинается по достижении температуры, соответствующей линии **ABCD** (линии ликвидус).

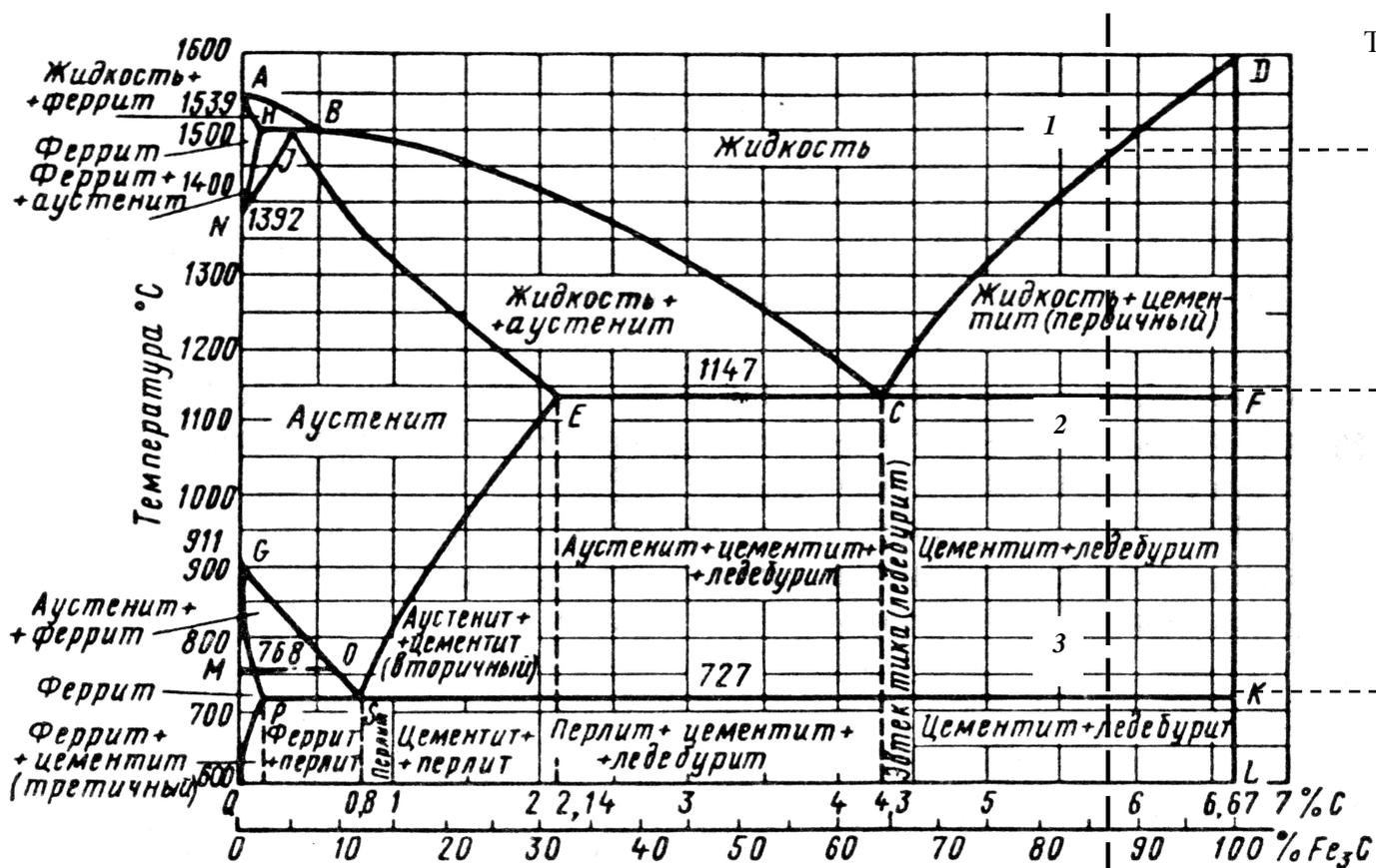
В сплавах, содержащих от 4,3 % до 6,67 % углерода, при температурах, соответствующих линии **CD**, начинают выделяться кристаллы цементита первичного. Цементит, кристаллизующийся из жидкой фазы, называется **первичным**. Участок **1 - 2** характеризуется наличием двух фаз – жидкости и цементита первичного (L + Fe<sub>3</sub>C). Рассмотрим правило фаз для участка **1 – 2**.

$$c = k - f + 1$$

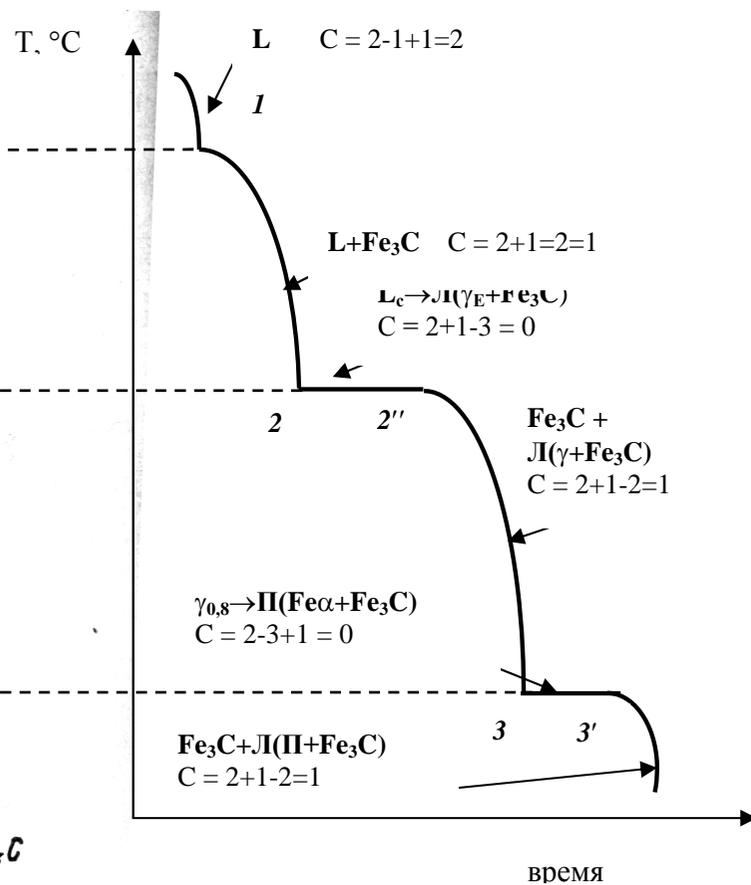
$$k = 2 (\text{Fe}, \text{C})$$

$$f = 2 (\text{L} + \text{Ц}_1)$$

$$c = 2 - 2 + 1 = 1.$$



а)



5,8

б)

Рис. 5. Диаграмма состояния железо – цементит (а) и кривая охлаждения для сплава, содержащего 5,8 % углерода (б)

В точке 2 при температуре 1147 °С происходит эвтектическое превращение жидкости с образованием ледебурита. Процесс имеет определенную протяженность по времени, и рис. 5,б будет выглядеть как горизонтальная линия. Таким образом, процесс первичной кристаллизации чугунов заканчивается по линии *ECF* образованием ледебурита.

Напомним, что высокотемпературная модификация ледебурита (от 1147 до 727 °С) представляет собой



К точке 2 (см. диаграмме Fe – Fe<sub>3</sub>C) примыкают: от температуры больше 1147 °С – жидкость и цементит первичный; от температуры меньше 1147 °С – цементит первичный и ледебурит.

Определяем количество фаз на участке 2 - 2': это жидкость, цементит первичный и аустенит. Следовательно,

$$c = k - f + 1$$

$$k = 2 (\text{Fe}, \text{C})$$

$$f = 3 (\text{L}, \text{Fe}_3\text{C}, \gamma\text{-Fe})$$

$$c = 2 - 3 + 1 = 0, \text{ что соответствует невариантному равновесию.}$$

При дальнейшем понижении температуры участок 2' - 3 характеризуется наличием цементита вторичного и ледебурита. В правило фаз подставляем  $f = 2$ , т.к. напоминаем, что высокотемпературный ледебурит представляется смесь аустенита и цементита.

$$c = k - f + 1$$

$$k = 2 (\text{Fe}, \text{C})$$

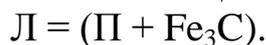
$$f = 2 (\text{Fe}_3\text{C}, \gamma\text{-Fe})$$

$$c = 2 - 2 + 1 = 1.$$

На линии 727 °С в точке 3 происходит эвтектоидное превращение аустенита, которое также имеет протяженность во времени. В результате образуется *перлит* – эвтектоидная смесь, которая состоит из феррита и цементита.



Следовательно, низкотемпературный ледебурит представляет собой смесь



Определяем число степеней свободы на участке 3 - 3':

$$c = k - f + 1$$

$$k = 2 (\text{Fe}, \text{C})$$

$f = 3$ . При температуре больше 727 °С к точке 3 примыкает цементит первичный и ледебурит  $Л = (\gamma\text{-Fe} + \text{Fe}_3\text{C})$ . При температуре ниже 727°С к точке 3 примыкают цементит и низкотемпературный ледебурит ( $Л = П + Ц$ ). В свою очередь, перлит – структурная составляющая:

$П = \Phi + Ц$ ,  $П = \alpha\text{-Fe} + \text{Fe}_3\text{C}$ . Таким образом,  $f = 3 (\gamma\text{-Fe}, \alpha\text{-Fe}, \text{Fe}_3\text{C})$ .

$c = 2 - 3 + 1 = 0$ . На горизонтальной линии *PSK* также наступает невариантное равновесие.

Участок 3' – 4 характеризуется наличием двух фаз – феррита и цементита третичного ( $\alpha$ -Fe и  $Fe_3C$ ).

$$c = k - f + 1$$

$$k = 2 \text{ (Fe, C)}$$

$$f = 2 \text{ (\alpha-Fe, Fe}_3\text{C)}$$

$$c = 2 - 2 + 1 = 1.$$

При комнатной температуре сплав, содержащий 5,8 % C, представляет собой заэвтектический чугун со структурой ледебурита и цементита первичного (рис. 6).

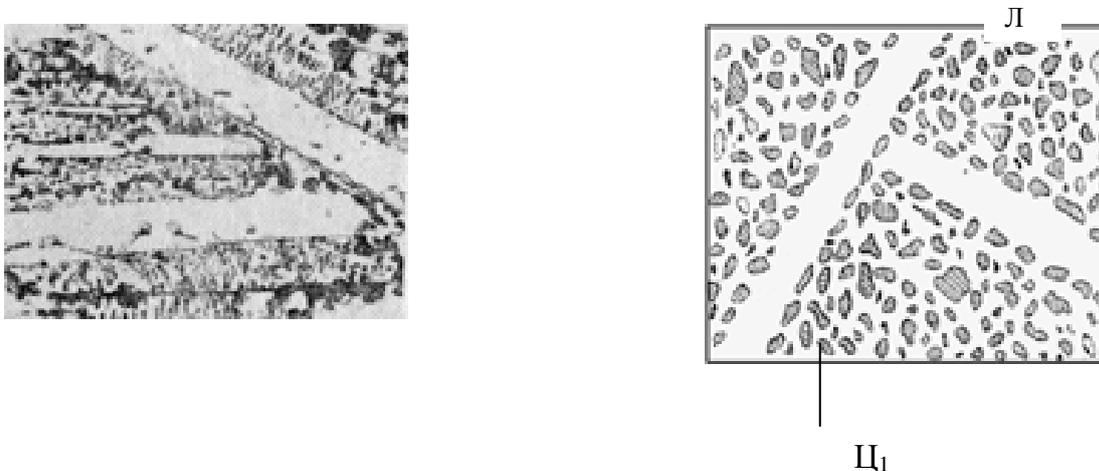


Рис. 6. Микроструктура белого заэвтектического чугуна

Следует заметить, что на участке 2' - 3 из-за уменьшения растворимости углерода в аустените идет выделение цементита вторичного ( $Ц_{II}$ ), а на участке 3' - 4 из-за уменьшения растворимости углерода в феррите – выделение цементита третичного ( $Ц_{III}$ ). Однако их выделение идет уже на имеющихся участках цементита и структурно они не выявляются.

#### Рекомендации для выполнения вопросов 3, 4

Ответы на 3 и 4 вопросы данной контрольной работы базируются на знаниях, полученных при изучении раздела "Основы термической обработки углеродистых сталей".

В качестве примеров рассмотрим наиболее часто встречающиеся вопросы. **Пример 1.** Изделия из стали 50 закалены: первое от температуры 740°C, а второе от температуры 820°C. Используя диаграмму железо – цементит, укажите выбранные температуры нагрева и объясните, какое из этих изделий имеет большую твердость и лучшие эксплуатационные свойства и почему?

При ответе на данный вопрос необходимо привести диаграмму Fe –  $Fe_3C$ , указать на ней все фазы, структурные составляющие, нанести линию для данной стали при указанных режимах нагрева.

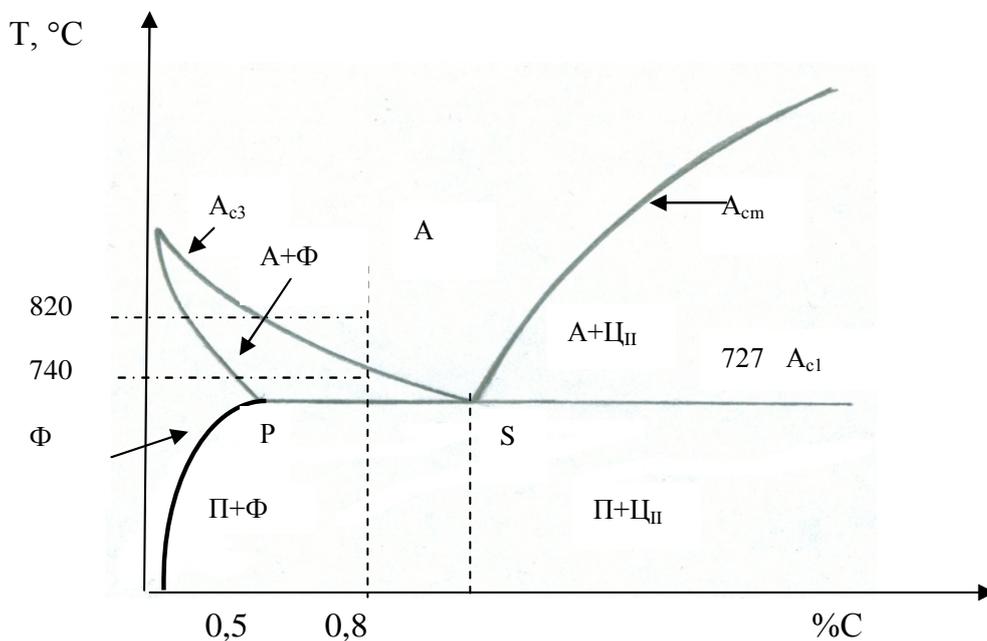


Рис. 7. Участок диаграммы состояния Fe – C

Известно, что доэвтектоидные стали (к которым относится сталь 50) подвергают полной закалке, при этом оптимальной температурой нагрева является температура на 30 – 50°C выше линии  $A_{C3}$ . Значение линии  $A_{C3}$  для стали 50 составляет примерно 790°C. При нагреве до указанной температуры 820°C образуется однофазный мелкозернистый аустенит и, соответственно, при резком охлаждении в воду – мелкокристаллический мартенсит со значением твердости HRC 58.

При закалке от 740°C сталь будет нагрета до межкритической температуры (между линиями  $A_{C1}$  и  $A_{C3}$ ), в структуре сохранятся кристаллы доэвтектоидного феррита и при охлаждении получится феррито-мартенситная структура. Данный режим закалки называется неполной закалкой, он обеспечивает получение твердости примерно 40 – 43 HRC и не обеспечивает максимальное упрочнение стали.

В заключение ответа делается вывод о том, что во втором случае (температура нагрева 820°C) твердость будет наибольшей, а при последующем отпуске будет достигнута и нужная пластичность, следовательно, наилучшие эксплуатационные свойства будет иметь второе изделие.

В данных контрольных заданиях содержится большое количество вопросов, касающихся термообработки заэвтектоидных сталей. Следует помнить, что заэвтектоидные стали подвергают неполной закалке и оптимальная температура нагрева для них – нагрев выше линии  $A_{C1}$  на 20 – 30°C.

**Пример 2.** Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8. Нанесите на нее кривую режима термической обработки, обеспечивающей получение твердости 60...63 HRC. Укажите, как этот режим называется, и какая структура при этом получается. Опишите сущность происходящих превращений.

Для получения твердости 60...63 HRC первоначально сталь У8 нужно нагреть (вспоминаем, что оптимальной температурой нагрева для эвтектоидной стали является нагрев на 20 – 30 °C выше линии  $A_{C1}$ ) (рис. 8). На диаграмме Fe-

С отмечаем, что температура нагрева для стали У8 составляет примерно 750 °С. Основное превращение, которое наблюдается при нагреве (перлитно-аустенитное), протекает на линии  $A_{C1}$  (727 °С):  $P(\alpha\text{-Fe} + \text{Fe}_3\text{C}) \rightarrow A(\gamma\text{-Fe})$ .

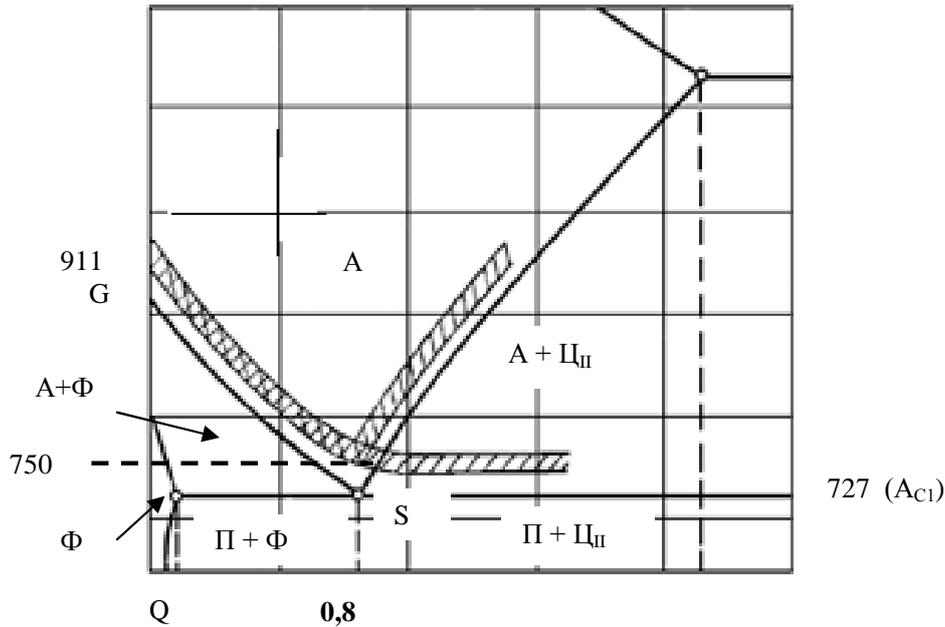


Рис. 8. Температура нагрева для эвтектоидной стали У8

Последующий этап обработки – выдержка при температуре аустенизации. При таком нагреве образуется аустенит.

Окончательный этап процесса термической обработки - охлаждение. Для получения указанного значения твердости 60...63 HRC необходимо охладить со скоростью, превышающей критическую. Среда охлаждения – вода, где значение скорости охлаждения составляет  $\approx 600$  °С (рис. 9). При этом происходит мгновенная перестройка ГЦК решетки аустенита и образуется мартенсит с ОЦК решеткой. Линия начала мартенситного превращения лежит на температуре 220 °С. Линия окончания - -50 °С. Получаемая структура мартенсит + аустенит остаточный ( $M + A_{ост}$ ).

Обращаем Ваше внимание, что в ряде вариантов необходимо получить значения твердости, указанной по шкале Роквелла (или по шкале Бринелля). Для перевода значений твердости рекомендуем использовать таблицу 1.

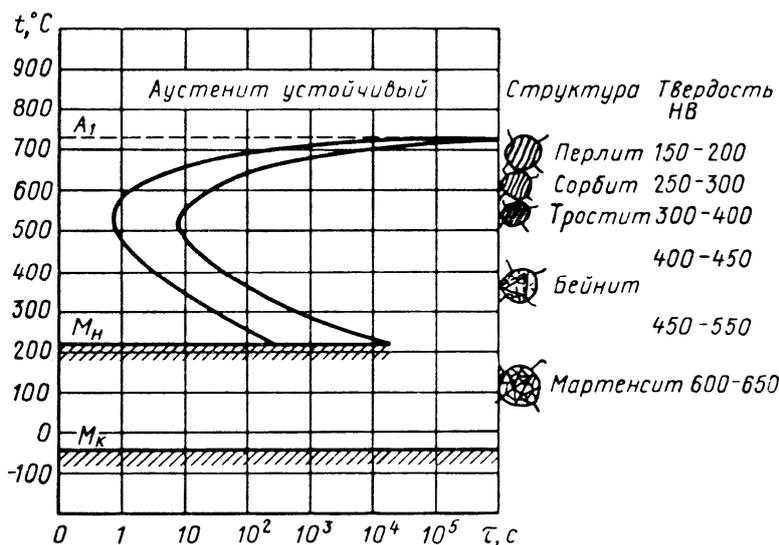


Рис. 9. Диаграмма изотермического превращения аустенита стали У8

Соотношение чисел твердости, определенных различными методами

HRC	HB	HRC	HB
66	682	30	293
60	601	25	255
56	555	20	229
50	495	15	212
45	429	10	189
40	375	7	179
35	331		

В некоторых заданиях контрольной работы требуется выбрать оптимальную температуру отпуска для обеспечения соответствующего значения твердости. Данные кривые по изменению механических свойств доэвтектоидной закаленной стали 40 представлены на рис. 10.

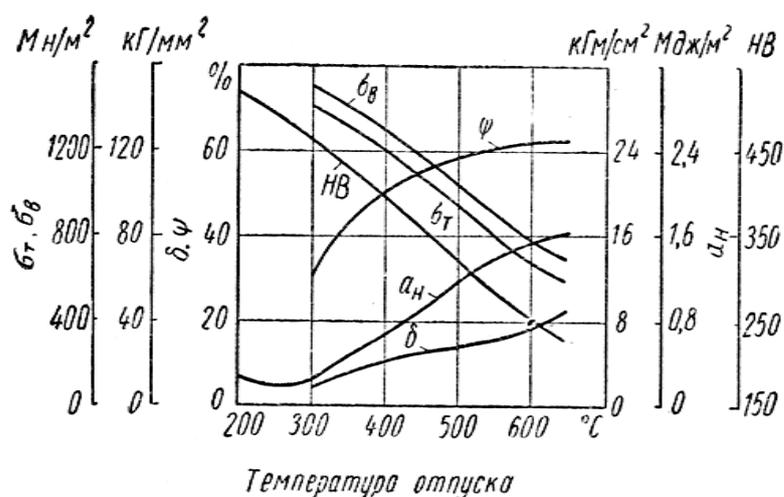


Рис. 10. Изменение механических свойств закаленной стали 40 в зависимости от температуры отпуска

### Рекомендации для выполнении вопроса 5

Целью данного вопроса является изучение химического состава, а также назначения как углеродистых, так и легированных сталей. При поиске ответа на заданный вопрос можно использовать любой источник из библиографического списка. Ответ может занимать 0,5 – 1 страницу.

**Пример.** Укажите назначение и химический состав стали ШХ15.

Подшипниковые стали обычно классифицируются по условиям работы: различают стали общего применения, используемые для изготовления деталей подшипников (колец, шариков, роликов), работающих при температурах – -60 – 300 °С в неагрессивных средах, и стали специального назначения, предназначенные для изготовления теплостойких и коррозионных подшипников.

ШХ 15 относится к подшипниковым сталям общего назначения.

Состав сталей для подшипников общего назначения регламентируется ГОСТом 801-78 [11]. В таблице 2 приведен состав некоторых подшипниковых сталей, в том числе и ШХ 15.

Таблица 2

Состав и области применения подшипниковых сталей

Марка стали	Содержание основных элементов, %						Область применения
	С	Si	Mn	Cr	Mo	другие	
ШХ15	0,95 - 1,05	0,17 – 0,37	0,20 – 0,40	1,3 – 1,65	-	-	Интервал рабочих температур -60 - 300°С
ШХ15СГ	0,95 - 1,05	0,40 – 0,65	0,90 – 1,20	1,3 – 1,65	-	-	
ШХ20СГ	0,95 – 1,05	0,55 – 0,85	1,40 – 1,70	1,4 – 1,7	-	-	
95Х18-Ш	0,9 – 1,1	0,8	0,7	17 – 19	-	-	Для работы в агрессивных средах, для подшипников и приборов
11Х18М	1,1 – 1,2	0,53 – 0,93	0,5 – 1,0	16,5 – 18	0,5 – 0,8	-	
8Х4М4В2Ф1Ш	0,75 – 0,85	0,40	0,40	3,9 – 4,4	3,9 – 4,4	1,5 - 2,0W 0,9 – 1,2V	
8Х4В9Ф2Ш	0,70 – 0,80	0,25	0,25	4,0 – 4,6	0,30	8,5 – 9,5W 1,4 – 1,7V	Интервал рабочих температур 300 – 500 °С

Примечание. Как правило, во всех сталях содержание P ≤ 0,30%, S ≤ 0,20%.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ И ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кабанова Т.А., Рыбалко В.В. Материаловедение. – М.: Высшая школа, 2007. – 360 с.
2. Елизаров Ю.Д., Шепелев А.Ф. Материаловедение. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. – 576 с.
3. Материаловедение и технология металлов/ Фетисов Г.П. и др. М.: Высш. школа, 2000. – 637 с.
4. Муратов В.С., Морозова Е.А. Материаловедение производства товаров: учебн. пособие. – Самара: Самар. госуд. техн. ун-т, 2008. – 395 с.
5. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. – М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.
6. Международный транслятор современных сталей и сплавов: Россия, США, европейские страны, Япония. Союз науч. инженер. об-в. Центр "Наука и техника". Т. 1. – М.: 192. – 1102 с.
7. ГОСТ 380-71. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки и общие технические требования.
8. ГОСТ 1050-88. Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия.
9. ГОСТ 1435-90. Прутки, полосы и мотки из инструментальной нелегированной стали. Общие технические условия.
10. ГОСТ 5950-73. Прутки и полосы из инструментальной легированной стали. Технические условия.
11. ГОСТ 801-78. Сталь подшипниковая. Технические условия.
12. ГОСТ 19265-73. Прутки и полосы из быстрорежущей стали. Технические условия.
13. ГОСТ 1414-75. Прокат из конструкционной стали высокой обрабатываемости резанием. Технические условия.
14. ГОСТ 5632-72. Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки.
15. ГОСТ 3882-74. Сплавы твердые спеченные. Марки.
16. ГОСТ 6862-71 (ОСТ 5-9443-84). Сталь электротехническая. Марки и назначение (ограничение ГОСТ 11036-75, ГОСТ 3836-83, ГОСТ 21427.0-75, ГОСТ 10994-74, ГОСТ 6862-71).
17. ГОСТ 1412-85. Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки.
18. ГОСТ 1215-79. Отливки из ковкого чугуна. Общие технические условия.
19. ГОСТ 7293-85. Чугун с шаровидным графитом для отливок. Марки.
20. ГОСТ 7769-82. Чугун легированный для отливок со специальными свойствами. Марки.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Основные рекомендации при подготовке к практическим занятиям и последующему тестированию	3
Основные рекомендации по самостоятельному изучению тем	4
Основные рекомендации по выполнению домашней контрольной работы	5
Задания на контрольную работу по курсу «Материаловедение»	7
Рекомендации для выполнения контрольной работы по курсу «Материаловедение» (примерные ответы на вопросы)	26
Список рекомендуемой и использованной литературы	38