

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ,
ТЕХНОЛОГИИ КОНСТРУКЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ**

(методические указания и контрольные задания)

**Санкт-Петербург
2020**

УДК 620.22р

Материаловедение, технологии конструкционных материалов: методические указания и контрольные задания / сост. А.Н. Евдокимов, М.Н. Жукова; ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб., 2020. - 30 с.

Методические указания предназначены для выполнения контрольных заданий и подготовки к зачету по курсу «Материаловедение, технологии конструкционных материалов» студентами, обучающимися по заочной форме по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Рецензент: канд. техн. наук, доцент кафедры промышленной теплоэнергетики ВШТЭ СПбГУПТД Е.Н. Громова.

Подготовлены и рекомендованы кафедрой материаловедения и технологии машиностроения ВШТЭ СПбГУПТД (протокол № 2 от 04.11.2020).

Утверждены к изданию методической комиссией института технологии ВШТЭ СПбГУПТД (протокол № 3 от 11.11.2020).

© Высшая школа технологии и энергетики
СПбГУПТД, 2020

© Евдокимов А.Н., Жукова М.Н., 2020

Введение

Методические указания предназначены для выполнения контрольной работы по дисциплине «Материаловедение, технологии конструкционных материалов» студентами, обучающимися по заочной форме по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». Кроме того, в них приводится краткое содержание курса и вопросы к зачету.

Для выполнения заданий контрольной работы студент может использовать справочные данные о материалах из любых изданий, в том числе сведения из сети Internet. В любом случае студент обязан указать источники информации, которыми он воспользовался при решении заданий.

Для каждой темы представлено 18 заданий. Номер своего варианта студент определяет по *сумме последних двух цифр шифра зачетной книжки*.

Контрольная работа состоит из четырех частей. Выбор конкретных частей для выполнения определяет преподаватель на установочной лекции. Задания выполняются в тетради в клетку. Перед изложением ответа следует переписать текст вопроса контрольного задания. Ответ должен быть ясный, краткий и полностью исчерпывать сущность вопроса. Графический материал необходимо представить четко и аккуратно.

1. Основные разделы дисциплины

1. Классификация материалов

Классификация материалов в зависимости от строения, свойств и областей их использования. Конструкционные материалы, классификация. Металлические материалы. Черные и цветные металлы и сплавы. Неметаллические конструкционные материалы. Композиционные материалы.

2. Строение и свойства металлов

Сведения о внутреннем строении, дефектах и свойствах металлов. Общие свойства металлов. Типы кристаллических решеток металлов. Полиморфизм. Анизотропия. Кристаллизация металлов. Понятие о комплексе механических свойств. несовершенства кристаллического строения.

3. Деформация металлов. Механические свойства металлов, методы их определения

Деформация металлов (виды деформации, несовершенства кристаллической решетки и прочность металлов, сверхпластичность, деформационное упрочнение и рекристаллизация металлов при нагреве). Механические свойства металлов и сплавов (прочность, упругость, твердость, вязкость, пластичность и др.) и методы их определения.

4. Сплавы. Элементы теории сплавов

Основы теории сплавов. Виды сплавов по структуре. Термины теории сплавов: компонент, система, фаза, структура. Анализ фазовых превращений сплавов по диаграммам состояний. Диаграмма состояний сплавов, образующих механические смеси. Правило фаз. Правило отрезков. Диаграмма состояний сплавов, образующих твердые растворы. Ликвация. Диаграмма состояний сплавов с ограниченной растворимостью компонентов. Диаграмма состояний

сплавов с химическим соединением. Эвтектика. Связь свойств сплавов и вида диаграмм состояний компонентов.

5. Стали и чугуны

Общие сведения о сталях и чугунах. Диаграмма состояний железоуглеродистых сплавов железо-цементит. Фазы. Фазовые превращения. Структуры сталей и чугунов. Связь с диаграммой состояний железо-цементит. Технологические добавки и вредные примеси. Классификация углеродистых сталей по качеству и содержанию углерода. Маркировка углеродистых сталей, белых и серых чугунов. Классификация серых чугунов по форме графитных включений и металлической основе. Маркировка чугунов. Свойства сталей и чугунов.

6. Производство чугуна и стали

Основные физико-химические процессы получения чугуна в современных доменных печах. Продукты доменного производства и области их применения. Физико-химические процессы получения стали. Производство стали в кислородных конвертерах, мартеновских печах, электропечах. Строение стального слитка спокойной и кипящей стали. Непрерывная разливка стали. Современные способы повышения качества стали.

7. Термическая обработка сталей

Определение понятия термической обработки. Виды термической обработки. Смягчающая и упрочняющая термическая обработка. Отжиг и нормализация. Виды отжига. Отжиг с полной и неполной фазовой перекристаллизацией. Рекристаллизационный отжиг. Диффузионный отжиг. Цели отжига. Сущность мартенситного превращения. Полная и неполная закалка. Устойчивость переохлажденного аустенита. Критическая скорость закалки. Зависимость структур стали от скорости охлаждения. Влияние содержания углерода на положение мартенситных точек стали. Закаливаемость

и прокаливаемость стали. Отпуск. Виды отпуска. Зависимость структуры и свойств закаленной стали от температуры отпуска. Химико-термическая обработка стали. Определение понятия химико-термической обработки. Виды. Цементация. Азотирование. Термодиффузионное хромирование. Режимы насыщения и термической обработки: структуры, свойства и применение. Использование основных способов термической и химико-термической обработки.

8. Легированные стали

Общие сведения о легированных сталях. Недостатки углеродистых сталей и преимущества легированных. Взаимодействие легирующих элементов с углеродом. Влияние легирующих элементов на полиморфные превращения, превращения переохлажденного аустенита, прокаливаемость. Классификация легированных сталей. Маркировка.

9. Конструкционные легированные стали

Конструкционные стали общего назначения: улучшаемые; подвергаемые поверхностному упрочнению; строительные; пружинные. Марки. Свойства. Применение. Конструкционные стали специального назначения. Коррозионностойкие стали. Сущность защиты от коррозии легированием. Хромистые и хромоникелевые коррозионностойкие стали. Коррозионностойкие сплавы: марки, структуры, свойства и назначение. Мартенситностареющие стали.

10. Материалы, применяемые в энергомашиностроении и эксплуатирующиеся при высоких температурах

Жаропрочность и окалиностойкость. Критерии жаропрочности: длительная прочность, ползучесть. Влияние легирующих элементов на жаропрочность и окалиностойкость. Теплоустойчивые, жаропрочные и окалиностойкие стали. Состав. Свойства. Области применения. Жаропрочные

сплавы. Состав. Свойства. Области применения. Использование теплоустойчивых, жаропрочных, окалиностойких сталей, а также жаропрочных сплавов.

11. Инструментальные материалы

Основные материалы, применяемые для изготовления режущих инструментов. Классификация и маркировка инструментальных материалов. Требования к инструментальным материалам. Углеродистые и малолегированные инструментальные стали. Быстрорежущие стали. Твердые режущие сплавы. Минералокерамические материалы. Состав, обработка, свойства и применение инструментальных материалов.

12. Титановые сплавы

Титан. Свойства титана. Титановые сплавы: состав, свойства, маркировка и области применения.

13. Тяжелые цветные металлы и сплавы

Медь и её свойства. Медные сплавы. Виды медных сплавов. Латунь. Классификация латуней по структуре. Марки латуней, состав, свойства и применение латуней. Бронзы. Виды бронз. Бронзы сложного химического состава: марки, состав, свойства и применение. Оловянные свинцовистые и алюминиевые бронзы: марки, состав, структура и применение. Баббиты: марки, состав, свойства, структуры, применение. Припой: виды и назначение. Мягкие и твердые припои.

14. Алюминиевые и магниевые сплавы

Алюминий и его свойства. Алюминиевые сплавы. Виды алюминиевых сплавов. Деформируемые алюминиевые сплавы, не упрочняемые термической обработкой, их марки и свойства. Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой. Дуралюмины, их марки, состав,

термическая обработка и свойства. Плакирование. Высокопрочные алюминиевые сплавы. Литейные и ковочные алюминиевые сплавы. Материалы САП. Магний и его свойства. Виды магниевых сплавов. Литейные и деформируемые магниевые сплавы. Технологические особенности магниевых сплавов. Защита магниевых сплавов от коррозии.

15. Неметаллические материалы

Виды неметаллических материалов. Пластмассы. Виды пластмасс их строение, свойства, применение. Резиновые материалы: типы, свойства и применение. Вулканизация. Стекло: состав и области применения. Керамические материалы: основные свойства, способы получения, классификация. Примеры огнеупорных материалов, их свойства, способы получения и области применения. Композиционные материалы, принципы создания, основа и наполнитель, свойства и применение. Керамические композиционные материалы. Варианты структур керамических композиционных материалов (ККМ). Примеры применения ККМ в энергетике, свойства, способы получения, области применения. Взаимосвязь структуры и прочности ККМ. Межфазные взаимодействия в ККМ. Влияние технологии синтеза на структуру ККМ.

16. Литейное производство

Назначение литейного производства. Виды литья. Литьё в песчано-глинистые (земляные) формы. Формовка. Литниковая система. Литейные сплавы и их производство. Свойства. Заливка форм. Обработка отливок. Специальные виды литья. Литьё в кокиль. Литьё под давлением. Литьё по выплавляемым моделям, литьё в оболочковые формы. Центробежное литьё.

17. Обработка, металлов давлением

Сущность обработки давлением. Назначение. Основные методы. Прокатка. Прессование. Волочение. Ковка. Объемная штамповка. Листовая штамповка. Пластическая деформация металлов. Наклеп. Рекристаллизация. Понятие о холодной и горячей обработке давлением.

18. Сварка металлов

Сущность сварки. Виды и способы сварки. Тепловое воздействие на металл при сварке. Понятие о зоне термического влияния при сварке. Сварные соединения встык, внахлест, тавровые и уголкового. Сварные швы. Дуговая электрическая сварка. Сварка неплавящимся и плавящимся электродами. Сварка открытой дугой, под слоем флюса и в защитных газах. Контактная электрическая сварка; стыковая, точечная, шовная. Сварка давлением. Газовая сварка. Дефекты сварки. Непровар. Подрез. Пористость. Шлаковые включения. Трещины. Методы контроля сварных соединений: магнитный, гамма-просвечивания, проникающих жидкостей.

19. Обработка металлов резанием

Сущность обработки металлов резанием. Понятие о припуске и допуске. Виды движений. Главное рабочее движение. Вспомогательные движения. Основные методы обработки металлов резанием. Токарная обработка. Фрезерование. Сверление. Протягивание. Строгание. Шлифование. Режущие инструменты, применяемые при обработке резанием.

2. Контрольные задания

2.1. Задание № 1

Вычертите диаграмму состояний железоуглеродистых сплавов железо-цементит ($\text{Fe-Fe}_3\text{C}$), укажите фазы во всех температурно-концентрационных областях, а также структуры сталей и белых чугунов. Выбрав в соответствии с шифром вариант задания по табл. 1, следует выполнить следующие задания.

Таблица 1

Варианты задания

Вариант	Марка стали	Чугун (содержание углерода, %)
1	У8	2,5
2	У10	2,8
3	У11	3,0
4	У12А	3,2
5	Сталь 10	3,5
6	Сталь 40	3,8
7	Сталь 25	4,0
8	Сталь30	4,2
9	Сталь 55	4,3
10	Сталь 60	4,4
11	Сталь 50	4,6
12	Сталь 15Л	4,8
13	Сталь 35Л	5,0
14	Сталь 9Х	5,3
15	Сталь 75ХМФ	5,5
16	Сталь 90ХМФ	5,8
17	Сталь 95Х18	6,2
18	Сталь 110Г13Л	6,4

а) построить для названных сталей и чугунов кривые охлаждения и описать превращения, совершающиеся в них при медленном охлаждении из расплавленного состояния до комнатной температуры, указать окончательную структуру;

б) выбрать температуру в двухфазной области для заданного сплава и определить содержание углерода в фазах и также их количество;

в) дать определение структурным составляющим, встречающимся в сплавах.

Ниже приводится пример выполнения этого задания, а также краткая форма записи, которую студент может использовать.

Рассмотрим решение на примере стали марки У14. Построим диаграмму состояний Fe-Fe₃C.

Для стали марки У14:
Содержание углерода – 1,4%

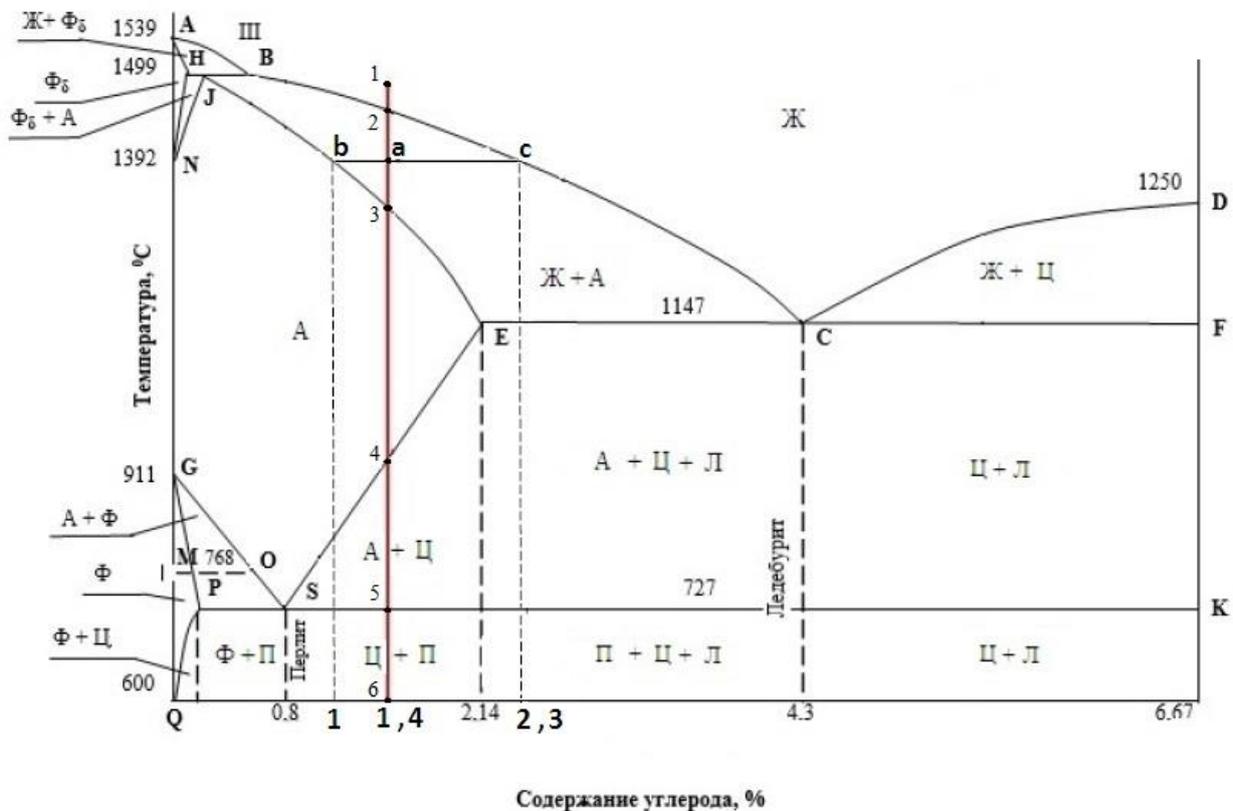


Рис. 1. Диаграмма состояний Fe-Fe₃C

Отметим указанный сплав, содержащий 1,4 % углерода, вертикалью, обозначим на этой вертикали характерные точки:

- 1- находится в области жидкости;
- 2- на линии ликвидус;
- 3- на линии солидус;
- 4- критическая точка A_{cm};
- 5- критическая точка A_I;
- 6- соответствует комнатной температуре.

а) Кривая охлаждения строится с применением правила фаз и правила отрезков (рис. 2). Начало отсчета времени идет от температуры, обозначенной точкой 1. До температуры, обозначенной точкой 2, происходит охлаждение жидкости.

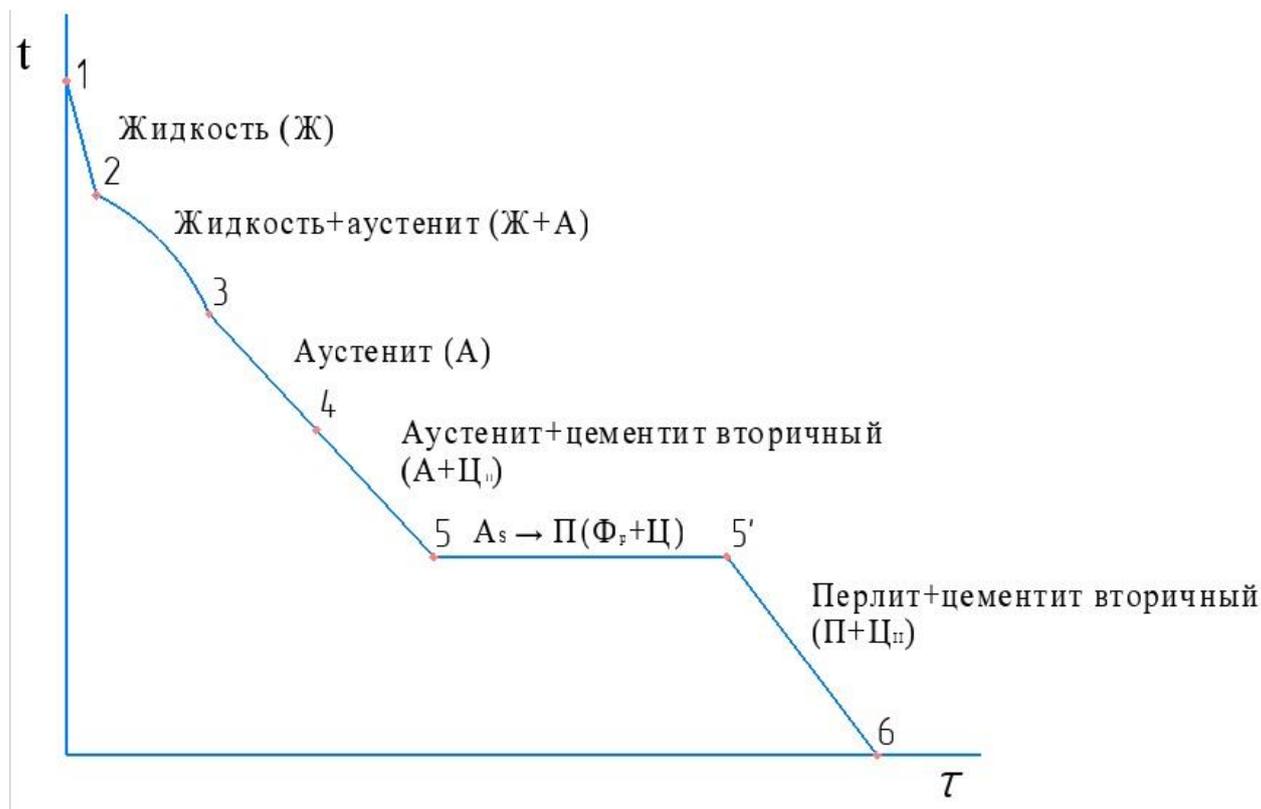


Рис. 2. Пример построения кривой охлаждения

При температуре, соответствующей точке 2, из жидкости начинает выделяться вторая фаза – аустенит. Чтобы понять, как это отразится на кривой охлаждения, воспользуемся правилом фаз $C = K - \Phi + 1$, где C – число факторов, которые можно изменять без изменения числа фаз в системе; K -- число компонентов, равно 2; Φ -- число фаз.

Для точки 2:

$$C_2 = 2 - 2 + 1 = 1.$$

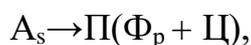
Следовательно, температура может снижаться и при этом, вплоть до точки 3, будут оставаться две фазы. В связи с тем, что при появлении второй фазы будет выделяться скрытая теплота кристаллизации, скорость охлаждения замедляется. Между точками 2 и 3 происходит кристаллизация аустенита. По достижении сплавом температуры, обозначенной точкой 3, в соответствии с диаграммой Fe-Fe₃C сплав достигает однофазной области, где правило фаз обычно не используют (по крайней мере при построении кривых охлаждения). При этом происходит охлаждение аустенита.

По достижении температуры, обозначенной точкой 4, из аустенита начинает выделяться вторичный цементит, и для построения кривой охлаждения снова воспользуемся правилом фаз:

$$C_4 = 2 - 2 + 1 = 1.$$

Следовательно, процесс кристаллизации вторичного цементита может осуществляться вплоть до точки 5; на кривой же охлаждения следует отметить замедление охлаждения в связи с выделением скрытой теплоты кристаллизации карбидной фазы.

По достижении сплавом температуры, соответствующей точке 5, вследствие выделения избыточного цементита аустенит обеднится углеродом до эвтектоидного содержания (точка S), и должна пойти эвтектоидная кристаллизация, т.е. аустенит должен превратиться в двухфазную смесь – перлит.



где A_s -- аустенит с содержанием углерода 0,8 %;

П -- перлит (эвтектоид);

$Ф_p$ -- феррит с содержанием углерода, соответствующим точке Р диаграммы Fe-Fe₃C;

Ц -- цементит (Fe₃C) с содержанием углерода 6,67 %.

Для того чтобы определить, пойдет ли эта реакция при постоянной температуре или в интервале температур, воспользуемся правилом фаз:

$$C_5 = 2 - 3 + 1 = 0$$

(во время реакции одновременно сосуществуют 3 фазы: аустенит состава точки S и образующиеся из него две фазы - феррит состава точки P и цементит).

Результат свидетельствует о том, что процесс вплоть до завершения превращения аустенита в эвтектоид будет происходить без изменения температуры, что и должно быть выражено горизонтальным отрезком на кривой охлаждения $5-5'$. В точке $5'$ аустенита больше нет, и поэтому сплав будет находиться в двухфазной области. Тогда

$$C_{5'} = 2 - 2 + 1 = 1.$$

Значит, идет процесс охлаждения образовавшейся структуры и ни о какой скрытой теплоте кристаллизации речи быть не может. Получившаяся кривая охлаждения представлена на рис. 2.

В заключение обозначим на кривой охлаждения фазовое и структурное состояние сплава, а также реакцию эвтектоидного превращения. Окончательная структура будет состоять из перлита и вторичного цементита.

б) Выберем температуру в двухфазной области и обозначим её буквой a .

Для определения содержания углерода в фазах и их количества воспользуемся правилом отрезков. Проведем через точку a горизонтальную линию до встречи с основными линиями диаграммы, в нашем случае -- с линиями ликвидус (точка c) и солидус (точка b). По правилу отрезков содержание углерода в аустените определяется положением точки b (примерно 1,0 %), а в жидкости -- точки c (примерно 2,3 %). Количество аустенита Q_A определится как отношение противоположного к нему отрезка ac ко всему отрезку bc . Выбирая величину отрезков в % углерода, получим:

$$Q_A = \frac{ac}{bc} 100 \% = \frac{0,9}{1,3} 100 \% = 69,23 \%$$

Количество жидкости определяется отношением отрезка *ва* к отрезку *вс*:

$$Q_{ж} = \frac{ba}{bc} 100 \% = \frac{0,4}{1,3} 100 \% = 30,77 \%$$

Так как $ba + ac = bc$, то $30,77 \% + 69,23 \% = 100 \%$. Так можно проверить правильность решения.

в) В стали У14 встречаются следующие структурные составляющие:

- аустенит (А) -- твердый раствор углерода в гамма-железе.

Максимальное содержание углерода при температуре 1147 °С 2,14 %; при температуре 727 °С – 0,8 %;

- перлит (П) -- эвтектоидная смесь феррита и цементита. Образуется при температуре 727 °С по реакции $A_s = П(Ф + Ц)$;

- цементит вторичный (Ц_{II}) -- химическое соединение Fe₃C. Выделяется из аустенита по границам зерен в виде сплошной или прерывистой сетки.

2.2. Задание № 2

Для заданной марки стали (вариант задания выбрать по табл. 2), пользуясь диаграммой Fe-Fe₃C, указать принципы выбора температуры нагрева для полного и неполного отжига, закалки и нормализации. Указать химический состав стали и структуру после предложенных видов термической обработки.

Варианты заданий

Вариант	Марка стали	Вариант	Марка стали
1	ШХ15С2	10	60ХСМФ
2	40Х	11	75ХМФ
3	ХВГ	12	60ХГ
4	50Г	13	ШХ4
5	ХЗ	14	9ХС
6	60С2ХА	15	У8А
7	Сталь 80	16	Х12
8	30ХГТ	17	8ХЗ
9	У10А	18	У7

**Не забудьте связать свой ответ с критическими точками A_{c1} , A_{c3} или $A_{ст}$. Например, для доэвтектоидных сталей температура нагрева для заковки выбирается по принципу $A_{c3} + 30 - 50$ °С.*

2.3. Задание № 3

Вариант 1. Выберите современное высокопроизводительное оборудование и кратко опишите технологию выплавки литейного чугуна. Укажите, какие при этом происходят физико-химические реакции на различных уровнях агрегата, в котором получают чугун. Укажите области применения литейного чугуна в теплоэнергетике.

Вариант 2. Выберите оборудование и опишите технологию отливки чугунных труб диаметром 650 мм, толщиной 25 мм и длиной 4,2 м при серийном производстве. Нарисуйте схему работы выбранного оборудования. Рассмотрите вопрос контроля качества труб.

Вариант 3. Выберите высокопроизводительное оборудование для получения бесшовных стальных труб, применяемых в теплоэнергетических

установках. Нарисуйте схему выбранного оборудования. Опишите технологию производства труб выбранным Вами способом.

Вариант 4. Выберите оборудование и опишите технологию дуговой сварки под слоем флюса труб большого диаметра из стали 18ХГТ в условиях серийного производства. Приведите схему процесса, состав флюсов, способ регулирования подачи электродной проволоки. Укажите метод контроля качества сварного шва.

Вариант 5. Обосновать выбор стали для крупногабаритных ($d \geq 500$ мм) валов, роторов паровых турбин, турбогенераторов, испытывающих при работе большие знакопеременные циклические нагрузки. Привести марку, химический состав; объяснить роль легирующих элементов. Назначить режим термической обработки таких деталей, указать окончательную структуру и механические свойства стали.

Вариант 6. В качестве опор валов турбо- и гидрогенераторов, турбокомпрессоров и водяных насосов электростанций применяются подшипники скольжения. Перечислить требования, предъявляемые к сплавам для подшипников этого типа. Выбрать марку сплава для изготовления вкладыша подшипника скольжения высокооборотной машины. Привести химический состав и физико-механические свойства. Отметить влияние структурных особенностей сплава на рабочую характеристику подшипника.

Вариант 7. Температура рабочей среды в коллекторах, паропроводах котла, паро-перепускных трубах составляет $\approx 500 \dots 600$ °С. Какую сталь можно использовать для этих изделий, если рабочая среда не обладает высокой агрессивностью? Привести марку стали, химический состав, роль легирующих элементов. Назначить режим термической обработки, обеспечивающей

наилучшие эксплуатационные свойства таких изделий; указать окончательную структуру и механические свойства стали.

Вариант 8. Выбрать сталь ($\sigma_{0,2} \approx 1400...1600$ МПа) для пружинных подвесок и опор трубопроводов. Указать марку, химический состав, роль легирующих элементов, назначить режим термической обработки, привести окончательную структуру и механические свойства стали.

Вариант 9. Материал труб теплообменных аппаратов, конденсаторов паровых турбин должен обладать высокими показателями теплопроводности, коррозионной стойкости, а также пластичности ($\delta \geq 40$ %). Выбрать сплав с прочностью $\sigma_B \approx 320...400$ МПа, удовлетворяющий этим требованиям. Привести марку, химический состав; отметить его влияние на структуру, механические и технологические свойства сплава.

Вариант 10. В энергомашиностроении широко применяются труднообрабатываемые резанием стали и сплавы. Обосновать выбор стали для металлорежущих инструментов (резцов, фрез, сверл), используемых для обработки указанных материалов. Привести марку, химический состав, объяснить роль легирующих элементов. Назначить режим термической обработки такого инструмента. Как изменяется структура и твердость стали на отдельных этапах термической обработки.

Вариант 11. Выбрать сталь для сварных деталей и узлов водогрейных котлов и трубопроводов, используемых для теплоснабжения жилых районов. При выборе марки стали учесть экономический фактор и то, что температура теплоносителя в данном случае не превышает 200 °С. Привести химический состав, структуру, механические и технологические свойства стали.

Вариант 12. Нагруженные шестерни реактора питательного насоса тепловых электростанций должны обладать высокой износостойкостью (твердостью поверхности $HRC \geq 60$) и достаточной вязкостью для предотвращения хрупкого разрушения зубьев. Выбрать марку стали для шестерен с рабочим сечением ≥ 100 мм. Привести химический состав, объяснить его влияние на выбор марки стали. Назначить технологию и режимы объемно-поверхностного упрочнения шестерни. Привести окончательную структуру и механические свойства в различных частях сечения шестерни.

Вариант 13. Выбрать сплав для рабочих лопаток, дисков газовых турбин, работающих при температурах до 850 °С. Указать марку сплава, химический состав, роль легирующих элементов. Назначить режим термической обработки, объяснить ее влияние на основную рабочую характеристику сплава; привести его механические свойства.

Вариант 14. Выбрать полимерный материал с рабочей температурой $60 \dots 200$ °С для теплоизоляции теплопроводов ТЭЦ. Указать классификационную группу материала. Описать его состав, строение, физические и механические свойства.

Вариант 15. Приведите термомеханические кривые термо- и реактопластов, объясните их смысл и значение. Укажите температурные границы физических состояний для двух-трех термо- и реактопластов.

Вариант 16. Опора вала перекачивающего насоса реактора АЭС находится в жидком натрии, используемом в качестве теплоносителя. Обосновать выбор износостойкой наплавки на поверхности пары трения вал-опора с учетом того, что температура рабочей среды ≥ 600 °С. Привести марку сплава, химический состав и назначение отдельных элементов. Описать физико-механические свойства и способ изготовления сплава.

Вариант 17. Выбрать сталь и способ объемно-поверхностного упрочнения штоков клапанов паровых турбин, существенно повышающий поверхностную твердость (до 1200 HV), износостойкость, сопротивляемость коррозии и предел выносливости при работе до 500 °С. Указать марку, химический состав стали и назначение легирующих элементов. Описать последовательность технологических операций обработки таких деталей и изменения, происходящие при этом в структуре стали. Привести окончательную структуру и твердость стали в различных частях сечения изделий.

Вариант 18. Температура теплоносителя в трубах парогенераторов АЭС на быстрых нейтронах достигает 600 °С. Выбрать коррозионностойкую сталь для изготовления таких труб. Привести марку, химический состав, роль легирующих элементов, структуру, механические и технологические свойства стали. Описать возможные изменения в структуре сталей этого типа при их длительной эксплуатации в данных условиях. Объяснить влияние этих процессов на надежность труб, указать пути предотвращения возникающих нежелательных явлений.

2.4. Задание № 4

Дайте характеристику цветным металлам и сплавам, указанным в табл. 3. Расшифруйте маркировку, приведите состав и свойства. Если материалы подвергаются термической обработке, то укажите режимы. Какими способами получают заготовки из каждого металла или сплава? Какова их структура? Приведите примеры применения.

Варианты заданий

Вариант	Марка металла и сплава		Вариант	Марка сплава и металла	
1	А999	Л90	10	БрОФ8-0,3	ВТ6С
2	Д16	ЛЦ40Мп1,5	11	БрОФ4-0,25	ВТ5
3	В95	ЛЦ23А8Ж3Мц2	12	БрА9Мп2	ВТ22
4	АК8	ЛМдЖ52-4-1	13	БрАМц9-2	ВТ1-00
5	АЛ2	ЛКС80-3-3	14	БрАЖН10-4-4	ВТ9
6	АО	Л62	15	БрА7	ВТ5-1
7	В96	ЛЖМц59-1-1	16	БрС30	ВТ3-1
8	АЛ12	ЛАЖ60-1-1	17	БрБ2	ВТ14
9	Д1	ЛЦ38Мц2С2	18	БрОЦ4-3	ОТ4

3. ВОПРОСЫ И ТЕМЫ К ЗАЧЕТУ

1. Предмет материаловедения. Материал. Кристаллические и аморфные вещества. Классификация конструкционных материалов.
2. Классификация металлов. Распространенность в природе. Характерные свойства металлов.
3. Атомно-кристаллическое строение материалов. Аморфные и поликристаллические металлы. Элементарная кристаллическая ячейка. Типы кристаллических решеток. Координационное число. Коэффициент компактности. Анизотропия кристаллов.
4. Дефекты кристаллического строения и их влияние на прочность металлов и сплавов.
5. Влияние типа связи на структуру и свойства кристаллов. Энергия кристаллической решетки. Ионная, ковалентная, металлическая и межмолекулярная связи.
6. Полиморфизм металлов и его значение в материаловедении. Полиморфизм железа. Температура полиморфного превращения.
7. Виды деформаций. Механизм упругой и пластической деформации. Характеристики упругости и пластичности. Внутренние, внешние, касательные, нормальные напряжения. Зависимость предела текучести металла (σ_T) от плотности дислокаций (ρd). Разрушение металла. Характер разрушения металла в зависимости от плотности дислокаций.
8. Энергетические условия и механизм процесса кристаллизации металлов и сплавов. Влияние внешних факторов на процесс кристаллизации. Особенности кристаллизации металлического слитка.
9. Свойства материалов: эксплуатационные, технологические, стоимостные, механические, физические и химические.

10. Испытания на растяжение и на изгиб. Условная диаграмма растяжения пластичного материала. Диаграммы растяжения малопластичного и хрупкого материалов. Истинная диаграмма напряжений.
11. Характеристики упругости, пластичности и прочности материалов, определяемые при статическом нагружении. Модули нормальной, касательной, объемной упругости. Пластичность.
12. Динамическое нагружение материалов. Испытания на ударную вязкость. Хрупкое и вязкое разрушение металлов. Образцы для определения ударной вязкости. Порог хладноломкости. Зависимость работы распространения трещины от температуры.
13. Твердость металлов и сплавов. Твердость по Бринеллю, Роквеллу и Виккерсу. Условия определения твердости по Роквеллу. Методы определения твердости.
14. Характеристики, определяемые при циклическом нагружении металлов и сплавов. Усталость и выносливость. Стадии усталостного разрушения.
15. Деформационное упрочнение металлов (наклеп). Зависимость механических свойств металла от степени деформации. Возврат и рекристаллизация. Первичная, собирательная, вторичная рекристаллизация. Критическая степень предварительной деформации. Температурный порог рекристаллизации. Влияние нагрева на структуру и свойства деформированного металла.
16. Сплав. Фаза. Компоненты сплава. Число степеней свободы.
17. Типы металлических сплавов: сплавы, образующие механические смеси и химические соединения. Твердые растворы. Твердый раствор замещения. Неограниченный и ограниченный твердые растворы. Твердый раствор внедрения. Неупорядоченный и упорядоченный твердые растворы.

18. Диаграмма состояния сплава. Диаграмма состояния сплавов с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии. Характерные линии и точки, фазовый состав областей.
19. Дендритная, зональная и гравитационная ликвация.
20. Диаграмма состояния сплавов с эвтектикой, для которых практически отсутствует растворимость в твердом состоянии. Характерные линии и точки. Фазовый состав областей.
21. Диаграмма состояния сплавов с эвтектикой, имеющих ограниченную растворимость компонентов в твердом состоянии. Характерные линии и точки. Фазовый состав областей.
22. Диаграмма состояния сплавов с эвтектикой, имеющих ограниченную растворимость в твердом состоянии и выделение вторичных фаз. Характерные линии и точки. Фазовый состав областей.
23. Диаграмма состояния сплавов с устойчивым химическим соединением. Характерные линии и точки. Фазовый состав областей.
24. Правило Н.С. Курнакова для различных сплавов.
25. Правило фаз Дж. Гиббса. Правило отрезков для расчета количества фаз.
26. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов. Характерные линии и точки. Компоненты, фазы, двухфазные структуры.
27. Анализ кривой охлаждения технического железа.
28. Анализ кривой охлаждения доэвтектоидного железоуглеродистого сплава.
29. Анализ кривой охлаждения заэвтектоидного железоуглеродистого сплава.
30. Анализ кривой охлаждения эвтектоидного железоуглеродистого сплава.
31. Анализ кривой охлаждения доэвтектического железоуглеродистого сплава.

32. Анализ кривой охлаждения заэвтектического железоуглеродистого сплава.
33. Анализ кривой охлаждения эвтектического железоуглеродистого сплава.
34. Углеродистые стали. Состав, влияние компонентов на свойства стали. Раскисление стали, степени раскисления. Классификация углеродистых сталей.
35. Углеродистые стали обыкновенного качества. Классификация, маркировка, механические свойства, применение.
36. Углеродистые стали качественные и высококачественные. Классификация, маркировка, механические свойства, применение.
37. Чугуны. Состав. Достоинства и недостатки. Классификация, маркировка и области применения.
38. Термическая обработка. Изменение структуры эвтектоидной стали в процессе нагрева и медленного охлаждения. Изменение размера зерна стали при нагреве.
39. Диаграмма изотермического превращения аустенита. Структурные превращения в стали при охлаждении с различной скоростью. Влияние содержания углерода на температурный интервал мартенситного превращения.
40. Закалка стали. Критическая скорость закалки. Выбор температуры закалки для до- и заэвтектоидных сталей.
41. Отжиг стали. Назначение, стадии. Виды отжига. Виды внутренних напряжений.
42. Нормализация стали: назначение и стадии.
43. Закаливаемость и прокаливаемость стали. Скорость охлаждения детали. Коэффициенты s и n различных охлаждающих сред. Критический диаметр закалки.

44. Отпуск стали. Назначение, стадии. Влияние температуры отпуска на свойства стали.
45. Химико-термическая обработка стали. Цементация стали и ее виды. Распределение углерода по толщине диффузионного слоя и структура диффузионного слоя при цементации.
46. Режимы термической обработки цементуемых изделий.
47. Азотирование стали. Сравнительная оценка процессов азотирования и цементации.
48. Цианирование стали. Диффузионная металлизация. Газовая, жидкостная и твердая металлизация. Алитирование. Хромирование. Силицирование. Борирование.
49. Влияние легирующих элементов на равновесную структуру сталей.
50. Легированные стали. Маркировка. Классификация.
51. Алюминиевые сплавы. Виды, маркировка, применение.
52. Бронзы. Классификация, маркировка, применение.
53. Латунни. Классификация, маркировка, применение.
54. Жаростойкие сплавы и стали. Ползучесть. Критерии жаропрочности. Принципы создания жаропрочных материалов. Группы жаропрочных сталей и сплавов.
55. Коррозионная стойкость. Химическая и электрохимическая коррозия. Факторы, влияющие на коррозионную стойкость металлов при электрохимической коррозии.
56. Коррозионностойкие покрытия. Коррозионностойкие стали. Радиационная стойкость материалов.
57. Композиционные материалы. Общая характеристика. Дисперсно-упрочненные композиционные материалы. Волокнистые композиционные материалы. Волокнистые композиционные материалы с

металлической матрицей. Волокнистые композиционные материалы на неметаллической основе.

58. Керамические композиционные материалы. Углерод-углеродные композиционные материалы. Нанокристаллические материалы.

Библиографический список

Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И. Материаловедение: учебник для вузов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – СПб.: Химиздат, 2007. – 784 с.

Теплухин Г.Н., Гропянов А.В. Металловедение и термическая обработка / СПбГТУРП. – СПб., 2011. – 169 с.

Диаграмма состояний сплавов Fe-Fe₃C: методические указания к лабораторной работе и практическим занятиям по материаловедению / сост. А.В. Гропянов, Н.Н. Ситов, М.Н. Жукова; ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2016. – 18 с.

Диаграммы состояния двойных сплавов: методические указания к лабораторной работе по материаловедению / сост. А.В. Гропянов, Н.Н. Ситов, М.Н. Жукова; ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2015. – 22 с.

Теплухин Г.Н. Гропянов А.В., Жукова М.Н. Высокотемпературные материалы в энергетике: учебное пособие. – 2-е изд., испр. и доп. / СПбГТУРП. – СПб., 2011. – 125 с.

Материаловедение. Технология конструкционных материалов: программа, методические указания и контрольные задания / сост. П.Б. Шибяев, О.С. Сироткин, Р.О. Сироткин; КГЭУ. – Казань, 2012. – 66 с.

Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учебное пособие / под ред. В.С. Чередниченко. – 3-е изд., стер. – М.: Омега-Л, 2007. – 752 с.

Ибатуллин Б.Л. Металлы теплоэнергетических установок: учебное пособие для вузов. – Казань: Таткнигоиздат, 1995. – 190 с.

Баров М.Д., Козаков Ю.В., Козулин М.Г. Сварка и резка металлов: учебное пособие. – М.: ИЦ «Академия», 2001. – 400 с.

Лифшиц Л.С. Материаловедение для сварщиков. – М.: Машиностроение, 1979. – 253 с.

Моисеев Б.В., Антонова Е.О., Селезнева М.А. Тепловые сети промышленных предприятий: учебное пособие. – Тюмень: ТюмГАСУ, 2015. – 71 с.

Серебряков А.В., Павлов Д.А. Технология производства сварных труб: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2020. – 104 с.

Содержание

Введение.....	3
1. Основные разделы дисциплины.....	4
2. Контрольные задания.....	10
2.1. Задание № 1.....	10
2.2. Задание № 2.....	15
2.3. Задание № 3.....	16
2.4. Задание № 4.....	20
3. Вопросы и темы к зачету.....	22
Библиографический список	28

Андрей Николаевич Евдокимов
Мария Николаевна Жукова

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ,
ТЕХНОЛОГИИ КОНСТРУКЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ**

(методические указания и контрольные задания)

Редактор и корректор Н.П. Новикова
Техн. редактор Л.Я. Титова

Темплан 2020 г., поз. 136

Подп. к публикации 28.12.2020 г. Изд. № 136. Объем 2,0 печ. л. Электронное издание.

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД,
198095, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4.