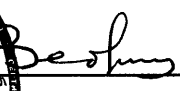


ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОУ ВПО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ-УПИ»

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор УГТУ-УПИ



 **О.И. Ребрин**

_____ **2006 г.**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕОРИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

для направления 150100 - **Металлургия**
специальности 150105– **Металловедение и**
термическая обработка металлов

Екатеринбург
2006

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования, учебными планами для направления 150100 – Metallургия, специальности 150105–Металловедение и термическая обработка металлов.

Программу составил: Беликов С.В., Лобанов М.Л.

Программа одобрена на заседании кафедры «Термообработка и физика металлов» 23 марта 2006 года, протокол № 03/104.

Зав.кафедрой профессор, д.т.н.



А.А. Попов

Программа одобрена на заседании методической комиссией металлургического факультета 31 марта 2006 г., протокол № 2.

Председатель комиссии, к.т.н.



А.А. Жуков

АННОТАЦИЯ

История развития теории термической обработки металлов; классификация видов термической обработки; основные закономерности изменения структуры и свойств при различных операциях термической обработке металлов и сплавов; строение, свойства и условия образования различных структур, получаемых при термической обработке; влияние различных факторов на превращения аустенита.

Редактор

Подписано в печать

Бумага типографская

Уч.-изд. л.

Тираж

Плоская печать

Заказ

Формат 60x84 1/16

Усл. п. л.

Цена “С”

Издательство УГТУ
620002, Екатеринбург, Мира,19
Ротапринт УГТУ. 620002, Екатеринбург, Мира,19

1. Цель и задачи дисциплины

Изучение современных научных знаний и представлений о термодинамике, механизме и кинетике процессов, протекающих при термической, термомеханической, химико-термической обработках металлов и сплавов.

Обучение навыкам разрабатывать оптимальные, наиболее экономичные режимы термической обработки металлов для получения требуемой структуры и свойств, обучение умению обоснованно выбирать из нескольких возможных вариантов термической обработки наиболее эффективный, тенденции и перспективы развития термической обработки металлов и сплавов, нацеливающих на разработку наиболее эффективных способов повышения прочности, долговечности, надежности металлических изделий и экономии металла в промышленности.

2. Требования к уровню освоения дисциплины

В результате изучения дисциплины студенты должны знать:

- общие закономерности процессов, протекающих при химико-термической обработке, ее разновидности;
- основные виды термической обработки цветных металлов и сплавов;

Уметь научно обосновывать выбор термической, химико-термической обработки металлов и сплавов, учитывая химический состав, исходное структурное состояние и конечный комплекс свойств.

На практике анализировать условия работы конкретных изделий, назначать и рассчитывать на основании анализа требуемый вид термической обработки и оптимальные условия ее проведения.

Пользоваться диаграммами состояния, изотермическими и термокинетическими диаграммами, а также справочными данными для определения характера фазовых и структурных превращений, протекающих при термической обработке;
ной инженерной деятельности.

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид занятий	Всего часов	Семестры	
		6	7
Общая трудовая дисциплина	300	190	110
Аудиторные занятия	187	119	68
Лекции (Л)	102	68	34
Практические занятия (ПЗ)	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	85	51	34

Самостоятельная работа	113	71	42
Курсовая работа	20	20	-
Домашнее задание	6		6
Другие виды самостоятельной работы (2 контрольных работы)	87	51	36
Вид итогового контроля		Зачет, экзамен	Экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Л, час	ПЗ, час	ЛР, час
1	Введение. Особенности фазовых превращений в твердом состоянии.	2		
2	Состав, классификация и маркировка металлов, сталей и сплавов.	2		
3	Фазовые превращения в твердом состоянии	6		
3.1.	Диаграммы состояния как первый этап в изучении фазовых превращений в сплавах	2		
3.2.	Особенности фазовых превращений в твердом состоянии	2		
3.3	Кинетика фазовых превращений	2		
4	Диффузионные процессы при фазовых превращениях	8		
4.1.	Уравнения диффузии	2		
4.2.	Механизмы диффузии	1		
4.3.	Реакционная диффузия	1		
4.4.	Механизмы диффузионных превращений	4		
5	Мартенситное превращение	4		
6	Особенности фазовых превращений в железоуглеродистых сплавах	32		24
6.1.	Фазовые превращения в сталях при нагреве	6		
6.2.	Превращения переохлажденного аустенита в сталях	6		
6.3.	Диффузионное превращение переохлажденного аустенита	6		6
6.4.	Особенности мартенситного превращения в сталях	6		6
6.5.	Бейнитное превращение аустенита	6		6
6.6.	Превращения аустенита при непрерывном охлаждении	6		6
7	Основные операции термической обработки сталей и сплавов	20		18
7.1.	Отжиг 1 рода	2		
7.2.	Отжиг 11 рода	4		6

7.3.	Закалка без полиморфного превращения	2		
7.4.	Закалка с полиморфным превращением	4		6
7.5.	Старение пересыщенных твердых растворов	4		
7.6.	Отпуск закаленной стали	4		6
8	Термомеханическая обработка	4		
8.1.	Изменение структуры металла при горячей обработке давлением	1		
8.2.	Термомеханическая обработка сталей	2		
8.3.	Термомеханическая обработка стареющих сплавов	1		
9	Структура поверхности твердого тела	4		1
10	Взаимодействие поверхности твердого тела с внешней средой	3		4
11	Покрытия на металлах и сплавах	17		38
11.1	Классификация покрытий	2		6
11.2	Плакирующие покрытия	5		8
11.3	Диффузионные покрытия	8		16
11.4	Упрочняющая поверхностная обработка металлов и сплавов	2		8

4.2. Содержание разделов дисциплины

4.2.1. Введение. Особенности фазовых превращений в твердом состоянии

Содержание и задачи курса. Понятие термической обработки металлов. Требования, предъявляемые к металлам и сплавам. Конструктивная прочность металлов и сплавов и пути ее повышения. Роль термообработки в получении заданных свойств, повышении качества и долговечности металлических материалов. Взаимосвязь легирования и термообработки. Выбор материала и режима термообработки применительно к конкретным деталям. Основные этапы в развитии термообработки. Вклад русских и зарубежных ученых в развитие термообработки как науки.

Классификация видов термической обработки.

4.2.2. Состав, классификация и маркировка металлов, сталей и сплавов

Систематика металлов и сплавов. Основные определения и понятия. Углерод и постоянные примеси в стали и чугунах. Классификация легирующих элементов. Влияние легирующих элементов на критические точки стали и вид диаграмм состояния. Классификация сталей. Металлургическое качество сталей. Неметаллические включения. Примеси в стали.

4.2.3. Фазовые превращения в твердом состоянии

4.2.3.1. Диаграмма состояния как первый этап в изучении фазовых превращений в сплавах

Ограниченность представлений, даваемых диаграммой состояния, при рассмотрении реальных процессов термической обработки. Необходимость изучения кинетики и механизмов фазовых превращений. Использование диаграмм состояния для описания фазовых превращений.

4.2.3.2. Особенность фазовых превращений в твердом состоянии

Наличие упругих деформаций в фазах. Когерентность межфазных границ. Причины ориентационного и размерного соответствия. Гетерогенное зарождение на дефектах кристаллического строения. Образование промежуточных метастабильных фаз. Возможность кооперативного движения совокупности атомов.

4.2.3.3. Кинетика фазовых превращений

Теория зарождения. Формальная теория кинетики превращения. Кинетика превращения при нагреве и охлаждении. Изотермические и термокинетические диаграммы превращения. Методы построения кинетических диаграмм.

4.2.4. Диффузионные процессы при фазовых превращениях

4.2.4.1. Уравнения диффузии

Первый и второй закон Фика. Решение уравнений диффузии. Стационарный и нестационарный потоки. Диффузия в полубесконечное тело

4.2.4.2. Механизмы диффузии

Основные механизмы диффузии. Диффузия по границам зерен и дислокациям. Диффузия в бинарных сплавах. Коэффициент взаимодиффузии.

4.2.4.3. Реакционная диффузия

Образование фаз при диффузии, связь с диаграммами состояния. Уравнение баланса масс на межфазной границе.

4.2.4.4. Механизмы диффузионных превращений

Спинодальный распад. Обоснование восходящей диффузии при спинодальном распаде. Механизм зарождения и роста. Непрерывный и прерывистый (ячеистый) распады.

4.2.5. Мартенситное превращение

Понятие о мартенситном превращении как бездиффузионном, сдвиговом, кооперативном. Термодинамика мартенситных превращений. Возможность бездиффузионного превращения. Особенность мартенситного превращения по сравнению с диффузионным. Термоупругое равновесие фаз. Инвариантность габитусной плоскости мартенситного кристалла. Механизмы мартенситного превращения. Ориентационные соотношения фаз. Основные структурные типы мартенсита.

4.2.6. Особенности фазовых превращений в железоуглеродистых сплавах

4.2.6.1. Фазовые превращения в стали при нагреве

Два возможных механизма образования аустенита при нагреве стали. Диффузионное образование аустенита. Закономерности диффузионного передвижения границы раздела между образовавшимся аустенитом и исходными фазами - ферритом и карбидом. Факторы, влияющие на скорость диффузионного образования аустенита. Диаграммы, характеризующие кинетику различных процессов в изотермических условиях при нагреве стали до различных температур.

Перекристаллизация стали. Неупорядоченная и упорядоченная перекристаллизация. Структурная наследственность. Растворение карбидов и нитридов в аустените.

Механизм и кинетика роста аустенитного зерна при нагреве. Влияние различных факторов на рост аустенитного зерна. Механизм собирательной и вторичной рекристаллизации. Начальное, действительное и наследственное зерно в стали. Влияние величины зерна на механические и технологические свойства стали.

4.2.6.2. Превращения переохлажденного аустенита в сталях

Три ступени распада переохлажденного аустенита. Основные механизмы фазовых превращений в железо-углеродистых сплавах при охлаждении.

4.2.6.3. Диффузионное превращение переохлажденного аустенита

Возникновение зародышей новой фазы и линейная скорость их роста. Закономерности образования зародышевых центров феррита и карбидов. Факторы, влияющие на скорость их образования и роста (степень переохлаждения, состав аустенита, длительность изотермической выдержки). Закономерности образования перлита. Структурные формы перлита. Процесс распада аустенита в доэвтектоидных и заэвтектоидных сталях. Условия образования видманштеттовой структуры.

Влияние легирующих элементов на перлитное превращение. Карбидные реакции при перлитном превращении в легированных сталях. Причины образования области относительной устойчивости аустенита.

4.2.6.4. Особенности мартенситного превращения в сталях

Механизмы мартенситного превращения в сталях. Структура мартенсита. Факторы, влияющие на положение температур M_n и M_s . Понятие об остаточном аустените. Тонкая структура остаточного аустенита. Факторы, влияющие на количество остаточного аустенита в структуре закаленной стали. Обратимость мартенситного превращения. Фазовый наклеп в результате прямого и обратного мартенситного превращения.

4.2.6.5. Бейнитное превращение аустенита

Механизм бейнитного превращения. Структурные формы продуктов промежуточного превращения, их фазовый состав. Кинетика бейнитного превращения; зависимость полноты распада от температуры изотермической выдержки. Изменение состава аустенита в процессе бейнитного превращения. Двойственный

характер механизма бейнитного превращения (совмещение диффузионного и бездиффузионного мартенситного механизмов). Влияние частичного распада аустенита по промежуточному механизму на последующее мартенситное превращение (на положение мартенситного интервала, количество остаточного аустенита. Практическое значение бейнитного превращения.

4.2.6.6. Превращения аустенита при непрерывном охлаждении

Понятие о критических скоростях охлаждения. Формирование структуры и свойства продуктов распада аустенита при различных скоростях охлаждения. Количественное соотношение между различными структурными составляющими в зависимости от скорости охлаждения. Термокинетические диаграммы распада переохлажденного аустенита, их разновидности и методы построения.

4.2.7. Основные операции термической обработки сталей и сплавов

4.2.7.1. Отжиг I-го рода

Гомогенизационный (диффузионный) отжиг. Назначение. Разновидности химической неоднородности при кристаллизации слитка и отливок. Роль диффузии в получении однородной структуры. Возможные последствия дендритной ликвации. Принципы выбора режимов гомогенизационного отжига. Понятие о защитных атмосферах.

Дорекристаллизационный и рекристаллизационный отжиг. Структура и свойства деформированного металла. Изменение структуры при дорекристаллизационном отжиге. Процессы отжига, полигонизации. Рекристаллизационный отжиг. Условия проведения. Первичная, собирательная и вторичная рекристаллизация. Изменение структуры и свойств сталей и сплавов при рекристаллизационном отжиге.

Отжиг для снятия напряжений. Возникновение остаточных напряжений в отливках, поковках и других видах полуфабрикатов и изделий. Уменьшение остаточных напряжений при отжиге. Выбор температуры и времени отжига.

4.2.7.2. Отжиг II-го рода

Полный перекристаллизационный отжиг. Задачи отжига. Области применения (отливки, поковки, штамповки, сварные изделия). Режимы полного отжига для простых углеродистых и легированных сталей. Принципы выбора температуры нагрева. Связь условий охлаждения при отжиге с устойчивостью аустенита обрабатываемых сталей. Изменение структуры и свойств в результате полного отжига.

Неполный отжиг. Назначение и применение в практике термической обработки.

Экономический выбор оптимальных режимов отжига сталей и сплавов.

Графитизация чугунов. Ликвидация отбела. Получение ковких чугунов. Режимы графитизации.

Отжиг на зернистые карбиды. Цели и задачи отжига. Разновидности режимов. Значение отжига на зернистые карбиды для инструментальных сталей. Ме-

тоды ускорения процесса отжига на зернистые карбиды.

Патентирование проволоки. Практическое осуществление. Влияние формирующейся структуры на свойства стали.

Изотермический отжиг. Достоинства изотермического отжига. Рациональные режимы его проведения.

Нормализация. Назначение нормализации для доэвтектоидных и заэвтектоидных сталей. Формирование структуры стали при нормализации в соответствии с термокинетическими диаграммами распада переохлажденного аустенита. Свойства нормализованных сталей. Место нормализации в общей схеме технологического процесса обработки сталей.

4.2.7.3. Закалка без полиморфного превращения

Закалка с фиксацией высокотемпературного состояния. Изменение растворимости второй фазы в твердом растворе. Выбор режимов нагрева и охлаждения. Изменение свойств при закалке без полиморфного превращения. Назначение и области применения. Примеры использования закалки без полиморфного превращения для сплавов на основе железа и для цветных сплавов.

4.2.7.4. Закалка с полиморфным превращением

Выбор условий нагрева для углеродистых сталей: доэвтектоидных и заэвтектоидных. Предварительная подготовка структуры заэвтектоидных сталей. Выбор скорости охлаждения в зависимости от устойчивости переохлажденного аустенита, размеров деталей. Требования, предъявляемые к закалочным средам. Принципы выбора закалочной среды. Методы закалки, снижающие внутренние (структурные и термические) напряжения в изделиях: закалка в двух средах, ступенчатая закалка, изотермическая закалка, закалка в горячих средах. Бездеформационная закалка.

Прокаливаемость и закаливаемость сталей. Факторы, определяющие прокаливаемость. Критерии прокаливаемости. Методы определения прокаливаемости. Метод торцевой закалки. Практические задачи, решаемые на основании данных торцевой прокаливаемости. Номограммы прокаливаемости. Практическое значение прокаливаемости. Классификация сталей по прокаливаемости. Методы поверхностной закалки сталей.

4.2.7.5. Старение пересыщенных твердых растворов

Кинетика выделений при старении. Коагуляция. Возврат после старения. Изменение свойств сплавов при старении. Природа упрочнения при старении. Величина упрочнения при образовании выделений разного типа. Влияние продолжительности и температуры старения, состава сплавов в двойных и тройных системах на упрочнение при старении. Естественное и искусственное старение. Выбор оптимальных режимов старения.

4.2.7.6. Отпуск закаленной стали

Назначение отпуска по температурным режимам. Превращения при нагреве закаленной стали. Первое превращение при отпуске, связанное с распадом мартенсита. Сегрегация атомов углерода в кристаллах мартенсита. Двухфазный

и однофазный распад мартенсита при отпуске. Выделение промежуточных карбидов. Образование цементита. Факторы, влияющие на первое превращение при отпуске (температура, длительность выдержки, концентрация углерода, легирование).

Второе превращение при отпуске (распад остаточного аустенита). Особенности распада остаточного аустенита в легированных сталях. Третье превращение при отпуске - карбидное превращение. Четвертое превращение при отпуске (сфероидизация и коагуляция карбидов, рекристаллизация ферритной матрицы). Влияние легирующих элементов на процессы при отпуске.

Отпуск углеродистых сталей. Изменение структуры и свойств при отпуске в связи с протекающими процессами. Факторы, определяющие свойства стали в низкоотпущенном и высокоотпущенном состоянии. Хрупкость сталей при отпуске. Обратимая и необратимая отпускная хрупкость. Теория хрупкости при отпуске сталей. Роль примесей в развитии обратимой отпускной хрупкости. Меры борьбы. Выбор режима отпуска конструкционных и инструментальных сталей. Явление вторичной закалки и вторичной твердости при отпуске высоколегированных сталей.

4.2.8. Термомеханическая обработка

4.2.8.1. Изменение структуры металла при горячей обработке давлением

Понятие о динамическом возврате и рекристаллизации. Соотношение между статическим возвратом и рекристаллизацией и аналогичными динамическими процессами при горячей пластической деформации.

4.2.8.2. Термомеханическая обработка сталей

Низкотемпературная термомеханическая обработка (НТМО). Высокотемпературная термомеханическая обработка (ВТМО). Термомеханическая обработка с деформацией во время перлитного превращения (ТМИЗО). Предварительная термомеханическая обработка (ПТМО). Контролируемая прокатка.

4.2.8.3. Термомеханическая обработка стареющих сплавов

Низкотемпературная термомеханическая обработка (НТМО). Высокотемпературная термомеханическая обработка (ВТМО). Предварительная термомеханическая обработка (ПТМО).

4.2.9. Структура поверхности твердого тела

Методы получения чистых поверхности твердых тел: метод прогрева; метод ионной бомбардировки; метод холодной эмиссии; метод раскола в вакууме.

Методы исследования поверхности твердых тел: металлография; рентгеноструктурный анализ; электронная микроскопия; растровая электронная микроскопия; микрорентгеноспектральный анализ; дифракция медленных электронов; эмиссионная микроскопия; ионная микроскопия; Оже-спектроскопия.

Атомная структура поверхности твердого тела. Сингулярные, диффузионные и вицинальные поверхности. Дефекты кристаллического строения поверхности.

Термодинамика поверхности жидкости. Поверхностное натяжение. Термодинамика поверхности твердого тела. Теорема Вульфа. Равновесная форма кристалла.

Структура реальных поверхностей твердых тел.

4.2.10. Взаимодействие поверхности твердого тела с внешней средой

Адсорбция. Термодинамика процесса адсорбции. Кинетика процесса адсорбции.

Классификация внешних сред по характеру их взаимодействия с твердым телом. Инертные, поверхностно активные и химически активные среды. Механизм взаимодействия в системе внешняя среда - твердое тело. Влияние внешней среды на состав и структуру поверхностных слоев твердого тела. Влияние внешней среды на прочность и разрушение металлов и сплавов.

4.2.11. Покрывтия на металлах и сплавах

4.2.11.1 Классификация покрывтий

Классификации покрывтий: по назначению; по методам получения; по характеру взаимодействия с твердым телом. Плакирующие и диффузионные покрывтия.

4.2.11.2. Плакирующие покрывтия

Гальванические или электролитические покрывтия: метод получения, используемые материалы, структура, свойства, достоинства и недостатки.

Плазменные покрывтия: метод получения, используемые материалы, структура, свойства, достоинства и недостатки.

Методы осаждения покрывтий из внешней среды - PVD и CVD. Вакуумно-плазменные покрывтия: метод получения, используемые материалы, структура, свойства, достоинства и недостатки.

4.2.11.3. Диффузионные покрывтия

Определение химико-термической обработки металлов и сплавов. Лимитирующая стадия образования однокомпонентных и многокомпонентных систем. Уравнение баланса масс. Граничные условия при решении задач об образовании диффузионных покрывтий. Прогнозирование толщины диффузионных покрывтий на основе решения второго уравнения Фика. Структура диффузионных покрывтий. Рост столбчатых зерен в диффузионных покрывтиях.

Реальные диффузионные покрывтия. Цементация. Азотирование. Нитроцементация и цианирование. Борирование. Алитирование. Хромирование. Насыщение поверхности твердого тела двумя и более элементами.

Поверхностное удаление элементов. Обезуглераживание. Обезводораживание.

4.2.11.4. Упрочняющая поверхностная обработка металлов и сплавов

Упрочняющая поверхностная обработка металла (поверхностная закалка). Индукционный нагрев. Поверхностная обработка высокоэнергетическими пучками: электродуговая; лазерная; электроннолучевая. Лазерная обработка отожженных сталей. Лазерная обработка предварительно закаленных сталей.

5. Лабораторный практикум

5.1. Семестр 6

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1		Вводное занятие. Инструктаж по технике безопасности. Знакомство с оборудованием лаборатории
2	2.9.1	Техника микроисследования
3	2.9.2	Исследование кинетики изотермического превращения аустенита по типу I ступени
4	2.9.3	Исследование кинетики изотермического превращения аустенита по типу II ступени
5	2.9.4	Исследование влияния скорости охлаждения на микроструктуру и твердость простой углеродистой и легированной стали
6	2.9.5	Отжиг литых и перегретых сталей
7	2.9.6	Методы выявления зерна в стали
8	2.9.7	Прокаливаемость сталей. Расчет прокаливаемости сталей с применением ЭВМ
9	2.9.8	Закалка и отпуск сталей

5.2. Семестр 7

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1		Вводное занятие. Инструктаж по технике безопасности. Знакомство с оборудованием лаборатории
2	4.2.10	Прогнозирование толщины покрытия при цементации малоуглеродистых сталей на основании решения второго уравнения Фика
3	4.2.11.1	Определение эффективной толщины покрытия при цементации малоуглеродистых сталей дюрOMETрическим методом
4	4.2.11.3	Прогнозирование протяженности слоев в многофазных диффузионных покрытиях по данным диаграмм состояния и диффузионным характеристикам элементов
5	4.2.11.3	Определение фазового состава диффузионных покрытий по

7	4.2.11.2	Вакуумно-плазменный метод получения плакирующих покрытий
8	4.2.11.3	Гальванический метод получения покрытий
9	4.2.11.1	Плазменный метод получения покрытий
10	4.2.11.4	Лазерная обработка поверхности металлов и сплавов

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная

1. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. - М.: Металлургия, 1986. - 480 с.
2. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов. - М.: Металлургия, 1983. - 359 с.
3. Лахтин Ю.М., Арзамасов Б.Н. Химико-термическая обработка металлов. М.: Металлургия, 1985. 256 с.
4. Микроскопический анализ: Методические указания к лабораторной работе по курсу «Металлография» / В.В.Попов. Свердловск: УПИ, 1991. 16 с.
5. Закаливаемость и прокаливаемость стали. Методические указания к практическим и лабораторным работам / Е.П.Воробьева, М.А.Гервасьев, Ю.В.Юдин. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 1997. – 32 с.
6. Бейнитное превращение в стали. Методические указания к выполнению практических и лабораторных работ по курсам «Специальные стали», «Термическая обработка металлов и сплавов» / Воробьева Е.П., Кансафарова Т.А., Хотинков В.А., Илларионова С.М. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 1999г. – 16 с.
7. Склонность к росту аустенитного зерна при нагреве. Методические указания к выполнению практических и лабораторных работ по курсам «Специальные стали», «Термическая обработка металлов и сплавов» / Воробьева Е.П., Демаков С.Л., Пышминцев И.Ю. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2000 г. – 12 с.
8. Влияние скорости охлаждения на структуру и свойства углеродистых сталей. Методические указания к лабораторной работе / В.Ф.Сенкевич: Свердловск: УПИ, 1985. – 24 с.
9. Отпуск стали: Методические указания к выполнению практических и лабораторных занятий по дисциплинам «Теория термической обработки», «Термическая обработка металлов», «Специальные стали и сплавы» / М.А.Гервасьев, В.М.Фарбер. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 1994. 12 с
10. Влияние скорости охлаждения на структуру и свойства углеродистых и легированных сталей: Методические указания по дисциплине: «Термическая обработка металлов» (раздел «Превращение аустенита при непрерывном охлаждении») / В.Ф.Сенкевич. Свердловск: изд. УПИ, 1985. 24 с.
11. Расчет поверхностной концентрации насыщающего элемента при химико-термической обработке: Методические указания к выполнению практических и лабораторных занятий по дисциплинам «Теория термической обработки» и «Тер-

мическая обработка и специальные стали» / М.Л.Лобанов, Т.А.Кансафарова. Екатеринбург: УГТУ, 1996. 27 с.).

12. Расчет коэффициентов диффузии в бинарных системах методом вероятностной диаграммы: Методические указания по выполнению практических и лабораторных занятий по дисциплине «Физика металлов» / М.Л.Лобанов, А.О.Хоменко, М.А.Гервасьев. Екатеринбург: УГТУ, 1995. 12 с.

13. Выбор оптимальных режимов термической обработки и поверхностного упрочнения на основе анализа характеристик и механических свойств специальных сталей: Методические указания по выполнению курсовой работы / М.Л.Лобанов, А.О.Хоменко, М.А.Гервасьев. Екатеринбург: УГТУ, 1995. 16 с.

6.1.2. Дополнительная

1. Металловедение и термическая обработка металлов: Справочник. В 3-х томах / Под ред. М.Л.Бернштейна, А.Г.Рахштадта. - М.: Металлургия, 1983. -1260 с.
2. Тылкин М.А. Справочник термиста ремонтной службы. - М.: Металлургия, 1981. - 648 с.
3. Колачев В.А., Ливанов В.А., Елагин В.И. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. - М.: Металлургия, 1981. - 416 с.
4. Технология термической обработки стали / Под ред. М.Л.Бернштейна. - М.: Металлургия, 1981. - 607 с.
5. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: Справочник / Под редакцией Ляховича Л.С. М.: Металлургия, 1981. 424 с.
6. Шатинский В.Ф., Нестеренко А.И. Защитные диффузионные покрытия. Киев: Наукова думка, 1988. 256 с.
7. Порошковая металлургия и напыленные покрытия / Под редакцией Митина Б.С. М.: Металлургия, 1987. 792 с.
8. Лазерный нагрев и структура стали / Садовский В.Д., Счастливый В.М., Табачикова Т.И., Яковлева И.Л. Свердловск: Издательство УрО РАН, 1989. 102

6.2. Средства обеспечения освоения дисциплины

1. Диаграммы состояния различных систем.
2. Планшеты с фотографиями покрытий.
3. Коллекции образцов с покрытиями.
4. Изотермические диаграммы распада переохлажденного аустенита.
5. Микроструктуры продуктов распада аустенита по типу I и II ступени.
6. Морфологические структурные формы мартенсита.
7. Схема аккомодирующей деформации при мартенситных превращениях.
8. Термокинетические диаграммы распада аустенита.
9. Структура литой и перегретой сталей.
10. Шкалы балльности величины зерна стали.
11. Схема фазовой перекристаллизации при нагреве и охлаждении стали.

12. Схема установки для определения прокаливаемости сталей.
13. Номограммы для определения прокаливаемости и критических диаметров сталей.
14. Диаграммы состояния цветных сплавов.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Термический зал.

КУРСОВАЯ РАБОТА

1. Рассмотрение условий работы изделия и комплекса требований, предъявляемые к металлу - раздел 4.2.8
2. Обоснование и выбор материалов для изготовления конкретных изделий – раздел 4.2.8
3. Выбор технологических режимов термической обработки - раздел 4.2.8

ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

1. Прогнозирование фазового состава покрытий по диаграммам состояния – раздел 4.2.11.3.