

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ МЕТАЛЛОВ имени М.Н. Михеева
Уральского отделения Российской академии наук

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
академик РАН

_____ Н.В. Мушников

« _____ » _____ 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине «Теория термической обработки сталей»
специальность **05.16.01 «Металловедение и термическая обработка
металлов и сплавов»**

Всего учебных часов / зач. ед. – 72 / 2

Всего аудиторных занятий, час. – 18

Всего часов на самостоятельную работу аспиранта, час. – 54

Екатеринбург 2019

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (далее – ФГОС ВО) по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 22.06.01 «Технологии материалов» (Приказ Минобрнауки России от 30 июля 2014 года №867), с изменениями, утвержденными Приказом Минобрнауки России от 30.04.2015 г. №464 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации)»; программы-минимум кандидатского экзамена по специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов», утвержденной приказом Минобрнауки РФ от 08.10.2007 № 274; паспорта специальности научных работников 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»; учебного плана аспирантуры ИФМ.

Составители рабочей программы:
Академик РАН В.М. Счастливцев
д.т.н. Т.И. Табатчикова
к.т.н. Ю.В.Хлебникова

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ИФМ.
Протокол № 9 от 29.05.2019 г.

Председатель Ученого совета ИФМ, академик РАН

«___» _____ 2019 г. _____ В.В. Устинов

Согласовано:

зам. директора по научной работе, д.ф.-м.н.

«___» _____ 2019 г. _____ М.А. Коротин

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В курсе «Теория термической обработки сталей» изучаются вопросы, рассматривающие те задачи, которые стоят перед научными работниками в настоящее время. Круг рассматриваемых тем выходит далеко за рамки конкретной тематики аспиранта, заставляет его шире взглянуть на интересы всего мирового научного сообщества, заставляет аспиранта знакомиться с последними публикациями в научной периодике.

Рабочая программа составлена на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (далее – ФГОС ВО) по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 22.06.01 «Технологии материалов» (Приказ Минобрнауки России от 30 июля 2014 года №867), с изменениями, утвержденными Приказом Минобрнауки России от 30.04.2015 г. №464 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации)»;
- программы-минимум кандидатского экзамена по специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»;
- паспорта специальности научных работников специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»;
- учебного плана ИФМ по основной образовательной программе послевузовского профессионального образования (аспирантура) по специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

2.1. Распределение часов учебных занятий

Вид занятий	Количество часов в семестр (первый)	Трудоемкость	
		Час.	Зач. ед.
Лекционные занятия	18	18	0,5
Самостоятельная работа	54	54	1,5
ИТОГО	72	72	2

2.2. Содержание дисциплины

2.2.1. Наименование тем, их содержание, объем в часах лекционных занятий (18 час.)

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ.

Классификация видов термической обработки. Критические точки железа и сталей. Легирующие элементы, расширяющие и сужающие γ -область. Карбидообразующие и некарбидообразующие легирующие элементы. Влияние легирующих элементов на диаграмму Fe-C и критические точки стали.

2. ПРЕВРАЩЕНИЯ В СТАЛИ ПРИ НАГРЕВЕ.

Процессы, происходящие при нагреве до точки A1. Сфероидизация и коагуляция карбидов. Влияние легирующих элементов на сфероидизацию и коагуляцию карбидов.

Образование аустенита в эвтектоидной стали при нагреве. Образование и рост зародышей аустенита. Основные стадии процесса образования аустенита. Изотермические диаграммы образования аустенита. Особенности образования аустенита в до- и заэвтектоидных сталях. Влияние легирования на образование аустенита.

Диффузионный и бездиффузионный механизм образования аустенита. Диаграмма образования аустенита по А.А. Попову. Двухстадийный процесс образования зародышей стали. Рост зерна аустенита при нагреве. Начальное и действительное зерно аустенита. Кинетика роста аустенитного зерна. Наследственно-мелкозернистые и наследственно-крупнозернистые стали.

Влияние легирующих элементов и других факторов на склонность зерна аустенита к росту. Влияние размера зерна аустенита на механические свойства сталей. Перегрев и пережог сталей.

3. ПРЕВРАЩЕНИЯ В СТАЛИ ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ.

Три типа превращений переохлажденного аустенита. Построение диаграммы изотермического распада переохлажденного аустенита (на примере эвтектоидной стали).

Диффузионное превращение в эвтектоидной стали. Зарождение и рост перлитных колоний. Влияние температуры на перлитное превращение. Перлит, сорбит, троостит и их механические свойства.

Особенности диффузионного превращения в до- и заэвтектоидных сталях. Образование квазиэвтектоида. Диаграмма изотермического распада переохлажденного аустенита в до- и заэвтектоидных сталях. Структуры, формирующиеся при диффузионном превращении.

Влияние химического состава и других факторов на диффузионное превращение.

Мартенситное превращение в углеродистых сталях. Влияние углерода и легирующих элементов на положение мартенситной точки M_n . Поведение углерода в мартенсите. Самоотпуск мартенсита. Явление термической стабилизации аустенита при мартенситном превращении. Свойства мартенсита. Природа высокой твердости мартенсита и причины его высокой склонности к хрупкому разрушению.

Термодинамика мартенситного превращения. Зарождение и рост кристаллов мартенсита. Обратимость мартенситного превращения. Явление термоупругого равновесия кристаллов мартенсита и исходной фазы.

Кристаллогеометрия мартенситного превращения. Перестройка решетки ГЦК в ОЦК (ОЦТ) при помощи деформации Бейна. Ориентационные соотношения Курдюмова-Закса и Нишиямы. Габитусная плоскость мартенсита и ее инвариантность. Аккомодационная пластическая деформация при мартенситном превращении.

Типы мартенситных кристаллов. Пластинчатый (двойникованный) и пакетный (реечный) мартенсит. Связь типа мартенситных кристаллов с особенностями аккомодационной деформации.

Кинетика мартенситного превращения. Атермическое, взрывное и изотермическое превращение.

Влияние деформации на мартенситное превращение. Точки M_d и A_d . Влияние пластической деформации, осуществляемой выше точки M_d , на мартенситное превращение. Особенности развития мартенситного превращения в процессе деформирования. Схема Олсона-Козна. Мартенсит напряжения и мартенсит

деформации. Стали с пластичностью, наведенной превращением (ПНП-стали). Эффект памяти формы и сверхупругость.

Особенности промежуточного превращения. Свойства сталей с бейнитной структурой.

4. ПРЕВРАЩЕНИЯ, ПРОТЕКАЮЩИЕ ПРИ НАГРЕВЕ ЗАКАЛЕННОЙ СТАЛИ.

Основные превращения, протекающие при нагреве закаленных углеродистых сталей (двухфазный и однофазный распад мартенсита; распад остаточного аустенита; карбидное превращение; сфероидизация и коагуляция карбидов; эволюция дислокационной структуры). Изменение механических свойств углеродистой стали при отпуске.

Влияние легирующих элементов на процессы отпуска. Вторичное (дисперсионное) твердение и вторичная закалка при отпуске.

Необратимая и обратимая отпускная хрупкость.

5. ТЕРМИЧЕСКОЕ И ДЕФОРМАЦИОННОЕ СТАРЕНИЕ.

Термическое старение. Деформационное старение. Динамическое деформационное старение.

6. ОТЖИГ СТАЛИ.

Диффузионный (гомогенизационный) отжиг, рекристаллизационный отжиг и отжиг для уменьшения внутренних напряжений. Назначение этих видов отжига и условия их проведения.

Полный (перекристаллизационный) отжиг и его разновидности. Неполный отжиг доэвтектоидных сталей. Низкотемпературный отжиг. Нормализация. Патентирование. Сфероидизирующий отжиг заэвтектоидных сталей.

7. ЗАКАЛКА И ОТПУСК СТАЛИ.

Закаливаемость и прокаливаемость стали. Факторы, влияющие на прокаливаемость. Влияние прокаливаемости на свойства стали. Методы определения прокаливаемости.

Условия проведения закалки: скорость нагрева, температура нагрева, длительность выдержки, скорость охлаждения. Закалочные среды. Термические и структурные напряжения, возникающие при закалке и меры их ослабления. Способы закалки стали, уменьшающие внутренние напряжения: закалка с подстуживанием, закалка в двух охладителях, прерывистая, ступенчатая. Закалка с обработкой стали холодом. Закалка доэвтектоидных сталей из межкритического интервала.

Закалка с получением бейнитной структуры. Изотермическая закалка. Обработка на бейнитную структуру малоуглеродистых сталей.

Основные виды отпуска: низкий, средний и высокий.

8. ПРЕВРАЩЕНИЯ В АУСТЕНИТНОМ СОСТОЯНИИ.

Структурная наследственность. Два случая проявления структурной наследственности.

Структурная наследственность, проявляющаяся в восстановлении зерна аустенита. Особенности образования аустенита при нагреве сталей с исходной кристаллографически упорядоченной структурой. Рекристаллизация фазонаклепанного аустенита. Механизм структурной наследственности. Влияние легирования и других факторов на проявление структурной наследственности.

О точке «b» Д.К. Чернова. Методы устранения структурной наследственности.

Превращения, обуславливающие образование камневидного излома.

9. ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА.

Классификация видов термомеханической обработки. Некоторые закономерности структурообразования при холодной, теплой и горячей пластической деформации. Динамический возврат и динамическая рекристаллизация при горячей деформации. Изменения структуры после горячей деформации.

Высокотемпературная термомеханическая обработка (ВТМО). Влияние горячей деформации на перлитное, бейнитное и мартенситное превращение. Природа упрочнения при ВТМО. Влияние легирования, режимов деформации на свойства сталей, получаемых при ВТМО.

Низкотемпературная термомеханическая обработка (НТМО). Изменение структуры при НТМО. Свойства, получаемые при этой обработке.

Термомеханическая обработка с деформацией во время превращения. Обработка с деформацией в перлитной области (изоморфинг). Обработка с деформацией в бейнитной области (НТМИЗО).

Термомеханическая обработка, осуществляемая после превращения аустенита в мартенсит.

Контролируемая прокатка с окончанием прокатки в аустенитной области и в двухфазной γ - α области. Влияние микролегирования карбидообразующими элементами на свойства сталей, подвергаемых контролируемой прокатке.

2.2.2. Практические занятия, их наименование, содержание, объем в часах.

Практические занятия не предусмотрены учебным планом.

2.2.3. Самостоятельная работа аспирантов

Разделы и темы рабочей программы самостоятельного изучения	Трудоемкость	
	Час.	Зач.ед.
1. Общие положения термической обработки	6	
2. Превращения в сталях при нагреве	6	
3. Превращения в сталях при охлаждении	6	
4. Превращения, протекающие при нагреве закаленной стали	6	
5. Термическое и деформационное старение	6	
6. Отжиг сталей	6	
7. Закалка и отпуск сталей	6	
8. Превращения в аустенитном состоянии	6	
9. Термомеханическая обработка	6	
ИТОГО	54	1,5

2.3 Учебно-методические материалы по дисциплине

2.3.1. Основная и дополнительная литература

Основная литература

1. Лахтин, Ю.М. Материаловедение: учеб. для втузов / Ю.М. Лахтин, В.П.Леонтьева. - М.: Издательство дом Альянс, 2009. - 527 с.
2. Карева Н.Т. Термическая обработка сталей и сплавов: Учебное пособие/ Н.Т. Карева, И.В. Лапина, С.И. Ильин - Челябинск, ЮУрГУ, 2006. - 98 с.

Дополнительная литература

1. Попова Л.Е. Диаграммы превращения аустенита в сталях и β -раствора в сплавах титана. Справочник/Л.Е.Попова, А.А. Попов. - М.: Металлургия, 1991 - 502 с.
2. Кристиан, Дж. Теория превращений в металлах и сплавах. Часть 1. Термодинамика и общая кинетика / Дж.Кристиан. — М.: Мир, 1978. — 808 с.
3. Сорокин В.Г. Марочник сталей и сплавов/В.Г. Сорокин, А.В Волосникова, С.А. Вяткин и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.

2.3.2. Примерный перечень тем рефератов и докладов

1. Современные модели зернограницной диффузии.
2. Модели неравновесных границ зерен.
3. Превращения в стали при нагреве.
4. Превращения в стали при охлаждении.
5. Термическое и деформационное старение.
6. Превращения в аустенитном состоянии.
7. Методы перехода от изотермической кинетики к кинетике при непрерывном охлаждении.
8. Методы расчёта кинетики процессов отпуска сталей с учётом его температуры и длительности.

2.4. Средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Коллекции макро- и микрошлифов.
2. Альбомы фотографий микроструктур.
3. Плакаты диаграмм состояний.
4. Твердомеры.
5. Лабораторные печи.
6. Оптические микроскопы.
7. Шлифовальные станки.