

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 28.07.2023 14:13:10

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Теория термической обработки металлов

Закреплена за подразделением

Кафедра металловедения цветных металлов

Направление подготовки

22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Физическое металловедение (iPhD)

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 2

аудиторные занятия

68

самостоятельная работа

40

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Практические	34	51	34	51
Итого ауд.	68	136	68	136
Контактная работа	68	136	68	136
Сам. работа	40	188	40	188
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	144	360	144	360

Программу составил(и):

*к.т.н., Зав. кафедрой, Солонин А.Н.; к.т.н., Доцент, Чурюмов А.Ю.*

Рабочая программа

**Теория термической обработки металлов**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.02 Металлургия, 22.04.02-ММТ-22-11.plx Физическое металловедение (iPhD), утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.02 Металлургия, Физическое металловедение (iPhD), утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра металловедения цветных металлов**

Протокол от 20.06.2022 г., №10

Руководитель подразделения Солонин А.Н.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Развитие у студентов навыков анализа структурных изменений, происходящих в металлических материалах в процессе термической обработки, а также влияние этих изменений на свойства металлических материалов.
1.2	Формирование у студентов знаний, навыков и умений в области организации и математического планирования эксперимента, выбора факторов и показателей качества, осуществления планирования для поиска экстремумов функции отклика и определения обобщенного показателя качества.

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.05
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Основы физики металлов	
2.1.2	Прикладное материаловедение 1. Основы металловедения.	
2.1.3	Термодинамические расчеты и анализ фазовых диаграмм многокомпонентных систем	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Amorphous metallic alloys / Аморфные металлические сплавы	
2.2.2	Modelling and optimization in physical metallurgy / Моделирование и оптимизация в металловедении	
2.2.3	Thermal and thermomechanical treatment of special steels and alloys / Термическая и термомеханическая обработка сталей и сплавов	
2.2.4	Защита интеллектуальной собственности	
2.2.5	Конструирование металлических материалов	
2.2.6	Прикладное материаловедение 2. Неметаллические материалы.	
2.2.7	Формирование структуры металлических материалов	
2.2.8	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.9	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ****4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ**

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Термическая обработка металлов и сплавов</b>							
1.1	Гомогенизационный отжиг /Лек/	2	2		Л1.2 Л1.3			
1.2	Рекристаллизационный и дорекристаллизационный отжиг /Лек/	2	2		Л1.2 Л1.3			
1.3	Отжига для снятия напряжений /Лек/	2	2		Л1.2 Л1.3			
1.4	Отжиг сталей и чугунов /Лек/	2	4		Л1.2 Л1.3			
1.5	Отжиг цветных металлов и сплавов /Лек/	2	2		Л1.2 Л1.3			
1.6	Закалка с полиморфным превращением /Лек/	2	4		Л1.2 Л1.3			
1.7	Закалка без полиморфного превращения /Лек/	2	2		Л1.2 Л1.3			
1.8	Старение /Лек/	2	4		Л1.2 Л1.3			
1.9	Отпуск /Лек/	2	4		Л1.2 Л1.3			
1.10	Термомеханическая обработка /Лек/	2	4		Л1.2 Л1.3			
1.11	Химико-термическая обработка /Лек/	2	4		Л1.2 Л1.3			

1.12	Лабораторные работы по разделу /Лаб/	2	32		Л1.4			
1.13	Практические занятия по разделу /Пр/	2	35		Л1.2 Л1.3 Л1.4		КМ2	
1.14	Курсовая работа по разделу /Ср/	2	118		Л1.2 Л1.3 Л1.4			Р1
	<b>Раздел 2. Организация и планирование эксперимента</b>							
2.1	Понятие об эксперименте, группировка и представление экспериментальных результатов. Статистическое оценивание экспериментальных результатов. /Пр/	2	4		Л1.1		КМ1	
2.2	Выбор параметров оптимизации и факторов /Пр/	2	2		Л1.1		КМ1	
2.3	Основы математического планирования эксперимента. Факторные планы /Пр/	2	2		Л1.1		КМ1	
2.4	Применение планов второго порядка для исследования области экстремума /Пр/	2	2		Л1.1		КМ1	
2.5	Планирование экспериментов при исследовании диаграмм состав- свойство /Пр/	2	2		Л1.1		КМ1	
2.6	Планирование экспериментов для достижения оптимального значения показателей качества /Пр/	2	2		Л1.1		КМ1	
2.7	Изучение влияния факторов на обобщенный параметр оптимизации /Пр/	2	2		Л1.1		КМ1	
2.8	Первичная статистическая обработка экспериментальных данных /Лаб/	2	5		Л1.1			
2.9	Использование корреляционного анализа для выбора экспериментально определяемых параметров оптимизации /Лаб/	2	2		Л1.1			
2.10	Использование функции желательности для выбора сплава с оптимальным сочетание различных показателей качества /Лаб/	2	2		Л1.1			
2.11	Построение математических зависимостей "состав- свойство" методом симплексного планирования /Лаб/	2	2		Л1.1			

2.12	Построение математических зависимостей "параметры термообработки - свойство" методом симплексного планирования /Лаб/	2	2		Л1.1			
2.13	Построение линейных моделей "состав-свойство" методом множественного регрессионного анализа /Лаб/	2	2		Л1.1			
2.14	Использование матричных функций для расчета объемных долей фаз в многокомпонентных сплавах /Лаб/	2	2		Л1.1			
2.15	Расчет шихты вторичных многокомпонентных сплавов /Лаб/	2	2		Л1.1			
2.16	Построение полных и дробных факторных планов /Ср/	2	20		Л1.1		КМ1	
2.17	Построение математической модели поверхности ликвидус реальной трехкомпонентной системы методом симплекс планирования /Ср/	2	50		Л1.1		КМ1	

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
-----------	-------------------------	------------------------------------	------------------------

КМ1	Контрольная работа №1.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что такое эксперимент? Какова его роль в инженерной практике?</li> <li>2. Что называется частным коэффициентом корреляции?</li> <li>3. В чем заключаются сущность и основные задачи регрессионного анализа?</li> <li>4. Как рассчитать функцию желательности при двустороннем ограничении свойства?</li> <li>5. Для чего используется коэффициент ранговой корреляции Спирмена?</li> <li>6. В чем заключается основная идея использования дробного факторного плана (ДФП)? Определите количество экспериментов в ДФП при 3-х факторах и 2-х уровнях варьирования факторов и наличии половинной реплики (<math>x_3 = x_1 * x_2</math>).</li> <li>7. На чем основан метод покоординатной оптимизации</li> <li>8. Какие задачи решают в ходе предварительной статистической обработки экспериментальных данных?</li> <li>9. Какими свойствами обладают коэффициенты корреляции?</li> <li>10. Какие подходы используют при нахождении коэффициентов уравнения регрессии?</li> <li>11. Как рассчитать функцию желательности при одностороннем ограничении свойства?</li> <li>12. Для чего применяется опрос экспертов и как представляются результаты ранжирования факторов?</li> <li>13. Построить полный факторный план эксперимента для трех факторов и 3-х уровней варьирования факторов.</li> <li>14. В чем заключается сущность планирования экспериментов при поиске оптимальных условий? Какие методы при этом используют?</li> <li>15. В чем заключаются принципиальные отличия активного эксперимента от пассивного? Из каких этапов состоит последовательность проведения активного эксперимента?</li> <li>16. Что называется множественным коэффициентом корреляции?</li> <li>17. Сформулируйте исходные положения метода наименьших квадратов.</li> <li>18. Как получить значение функции желательности для сплава по значениям желательности каждого из его свойств.</li> <li>19. Алгоритм проведения статистической обработки опроса экспертов.</li> <li>20. Построить полный факторный план эксперимента для двух факторов и 2-х уровней варьирования факторов.</li> <li>8. Из каких этапов состоит алгоритм оптимизации методом крутого восхождения?</li> <li>21. Дайте определения следующим терминам: фактор, отклик, функция отклика.</li> <li>22. В чем заключаются сущность и основные задачи корреляционного анализа?</li> <li>23. Как оценивается адекватность статистической модели?</li> <li>24. Для чего применяется функция желательности?</li> <li>25. Для чего используется коэффициент ранговой корреляции Спирмена?</li> <li>26. Построить полный факторный план эксперимента для трех факторов и 2-х уровней варьирования факторов.</li> <li>27. В чем состоит основная идея симплексного планирования?</li> <li>28. Что такое случайная величина? В чем заключаются отличия дискретной от непрерывной случайной величины? Приведите примеры.</li> <li>29. Каким образом производится проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии?</li> <li>30. Для чего применяется функция желательности?</li> <li>31. Для чего применяется опрос экспертов и как представляются результаты ранжирования факторов?</li> </ol>
-----	------------------------	---

КМ2	Контрольная работа №2		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Каковы разновидности термической обработки?</li> <li>2. Каковы разновидности термомеханической и химико-термической обработок?</li> <li>3. Какой процесс и почему контролирует скорость растворения неравновесной избыточной фазы при гомогенизационном отжиге?</li> <li>4. Какова зависимость времени растворения частиц избыточных фаз от их размера?</li> <li>5. Что такое первичная рекристаллизация?</li> <li>6. Каковы механизмы зарождения центров рекристаллизации?</li> <li>7. Какова кинетика первичной рекристаллизации?</li> <li>8. Почему облегчено зарождение на дислокациях и включениях?</li> <li>9. Сопоставьте растворимость стабильной и метастабильной фаз и дайте необходимые доказательства.</li> <li>10. Докажите, почему образование более стабильной фазы приводит к растворению менее стабильной фазы.</li> <li>11. Какие структурные составляющие образуются при перлитном превращении и чем они отличаются друг от друга?</li> <li>12. Как влияет размер аустенитного зерна на размер перлитных колоний?</li> <li>13. Как проявляют себя перлитные колонии в изломе стали?</li> <li>14. Что называют квазиэвтектоидом и как он получается (дайте пояснения с помощью С-кривых).</li> <li>15. Что такое инвариантность габитусной плоскости при мартенситном превращении?</li> <li>16. Что понимают под дополнительной (аккомодационной) деформацией при мартенситной перестройке решетки и чем вызвана такая деформация?</li> <li>17. Какова микроструктура и субструктура реечного мартенсита?</li> <li>18. Почему пластинчатый мартенсит состоит из пластин разной длины?</li> <li>19. Почему реечный мартенсит называют пакетным?</li> <li>20. Чем различаются субструктуры пластинчатого и реечного мартенсита?</li> </ol>
-----	-----------------------	--	--

### 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Курсовая работа по термической обработке		Оптимизация режимов термической обработки алюминиевых сплавов

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Оценочные материалы, используемые для экзамена приведены в файле на вкладке Приложения.

### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Порядок, определяющий процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности определен в Положении о формах, периодичности и порядке текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования.

Оценивание ответов на теоретические вопросы:

«Отлично» - Обучающийся глубоко и содержательно раскрывает ответ на каждый теоретический вопрос, не допустив ошибок. Ответ носит развернутый и исчерпывающий характер;

«Хорошо» - Обучающийся в целом раскрывает теоретические вопросы, однако ответ хотя бы на один из них не носит развернутого и исчерпывающего характера;

«Удовлетворительно» - Обучающийся в целом раскрывает теоретические вопросы и допускает ряд неточностей;

Обучающийся фрагментарно раскрывает содержание теоретических вопросов, допускает значительные неточности;

«Неудовлетворительно» - Обучающийся не знает ответов на поставленные теоретические вопросы.

Оценивание решения задач:

«Отлично» - Обучающийся выполняет полное и аргументированное решение задачи;

«Хорошо» - Обучающийся выполняет полное решение задачи, но не может аргументировать свое решение;

«Удовлетворительно» - Обучающийся в целом правильно решает задачу, но не может аргументировать свое решение и/или

Обучающийся правильно понимает способ решения задачи, но допускает ошибки при решении задачи;

«Неудовлетворительно» - Обучающийся не может решить задачу.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Сафин Р. Г., Тимербаев Н. Ф., Иванов А. И.	Основы научных исследований. Организация и планирование эксперимента: учебное пособие	Электронная библиотека	Казань: Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2013
Л1.2	Новиков И. И.	Теория термической обработки металлов: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1986
Л1.3	Новиков И. И.	Теория термической обработки металлов: Учебник для вузов по спец. 'Металловедение, оборуд. и технология терм. обраб. металлов'	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1978
Л1.4	Поздняков А. В., Хомутов М. Г., Солонин А. Н.	Теория термической обработки металлов и сплавов: лаб. практикум: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 150400 - 'Металлургия'	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2014

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
-----	------------------

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
К-112	Аудитория для самостоятельной работы	стационарные компьютеры 10 шт., пакет лицензионных программ MS Office, набор демонстрационного оборудования: мультимедийный проектор, доска, экран проекционный; плоттер Roland Camm-1 Servo, комплект учебной мебели
К-303	Лаборатория	печь термическая ШОЛ ЭКСП-1 (5 шт.), Nabertherm Kotom модернизированный, устройство для измерения длительной твердости на базе Твердомера ТШ-2, сушильный шкаф SNOL 58/360 (2 шт.), универсальный твердомер 930N Wolpert&Wilson, машины для испытаний на многоцикловую усталость Instron RRM-A2 (2 шт.), машины для испытаний на ползучесть и длительную прочность Instron M3 (2 шт.), маятниковый копер Instron POE2000 для испытаний на ударную вязкость
К-306	Лаборатория	универсальная испытательная машина для высокотемпературных испытаний с нагрузкой до 100кН LFM-100, универсальная испытательная машина IP 5057-50 с нагрузкой до 50кН, dilatometer Linseis L75, твердомер ИТ 5010, инструментальный микроскоп БМИ-1, твердомер TP5006, твердомер ТШ-2
К-317	Лаборатория	Световые металлографические микроскопы 16 шт., пакет лицензионных программ MS Office, набор демонстрационного оборудования: доска, экран, комплект учебной мебели
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Самостоятельная работа обучающихся является формой организации образовательного процесса по дисциплине, стимулирующей активность, самостоятельность и познавательный интерес студентов. Самостоятельная работа обучающихся предусматривает углубленное изучение разделов и тем дисциплины, основных и дополнительных источников учебной и научной литературы.



Самостоятельная работа направлена на поиск учебной и научной информации, развитие аналитических способностей, навыков контроля и планирования учебного времени, на выработку умений и навыков рациональной организации своей деятельности.

Самостоятельная работа включает следующие виды деятельности:

- работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку лекционных материалов (конспекты, презентации) и учебной литературы;
- поиск (подбор) и обзор научной и учебной литературы с использованием библиотечных и электронных образовательных ресурсов, источников информации в сети «Интернет» по изучаемой теме дисциплины;
- освоение материала, предусмотренного для самостоятельного изучения;
- подготовка к практическим, семинарским и лабораторным занятиям;
- подготовка к экзамену.

Основная литература:

1. Новиков И.И. и др. Металловедение. Том 1. М. МИСиС, 2014 – 490 с.
2. Новиков И.И. и др. Металловедение. Том 2. М. МИСиС, 2014 – 490 с.