



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИММиМ
А.С. Савинов

20.02.2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ОСНОВЫ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА МАТЕРИАЛОВ

Направление подготовки (специальность)
22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Направленность (профиль/специализация) программы
Материаловедение и технологии материалов (в машиностроении)

Уровень высшего образования - бакалавриат
Программа подготовки - академический бакалавриат

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалобработки
Кафедра	Литейных процессов и материаловедения
Курс	3
Семестр	6

Магнитогорск
2020 год


Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 12.11.2015 г. № 1331)


Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения
19.02.2020, протокол № 8

Зав. кафедрой  Н.А. Феокистов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ
20.02.2020 г. протокол № 5

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:
ст. преподаватель кафедры ЛПИМ, канд. техн. наук  Д.А. Горленко

Рецензент:
доцент кафедры Механики, канд. техн. наук  М.В. Харченко

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Н.А. Феоктистов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Н.А. Феоктистов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Н.А. Феоктистов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Н.А. Феоктистов

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Основы структурного анализа материалов» являются: развитие у студентов личностных качеств, а также формирование профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Основы структурного анализа материалов входит в вариативную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Экспериментальная техника материаловедения

Теория строения материалов

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы

Научно-исследовательская работа

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Основы структурного анализа материалов» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ПК-4 способностью использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации	
Знать	основы рентгеноструктурного анализа, электронной микроскопии и микрорентгеноспектрального анализа
Уметь	рассчитывать параметры кристаллической структуры
Владеть	основными уравнениями дифракции, используемыми в структурном анализе
ПК-5 готовностью выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации	
Знать	методики и оборудование для проведения структурного анализа, основанного на дифракции рентгеновского излучения, регистрации отраженных и вторичных электронов, возбуждении характеристического рентгеновского спектра
Уметь	подготавливать образцы для структурного анализа; выбирать условия съемки для структурного анализа
Владеть	теоретическими навыками работы на электронном микроскопе и рентгеновском дифрактометре

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 69,8 акад. часов;
- аудиторная – 68 акад. часов;
- внеаудиторная – 1,8 акад. часов
- самостоятельная работа – 38,2 акад. часов;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Дифракционный анализ кристаллической структуры								
1.1 Рассеяние излучения кристаллами	6	2		2/2И	3	Самостоятельное изучение литературы	Устный опрос. Собеседование	ПК-4, ПК-5
1.2 Обратное пространство		2		2	3	Самостоятельное изучение литературы	Устный опрос. Собеседование	ПК-4, ПК-5
1.3 Рентгеновская дифракция		4		4/2И	3	Самостоятельное изучение литературы	Устный опрос. Собеседование	ПК-4, ПК-5
1.4 Дифракция электронов		2		2	3	Самостоятельное изучение литературы	Устный опрос. Собеседование	ПК-4, ПК-5
Итого по разделу		10		10/4И	12			
2. Электронная микроскопия								
2.1 Волновые свойства электронов	6	2		2/2И	3	Самостоятельное изучение литературы	Устный опрос. Собеседование	ПК-4, ПК-5
2.2 Разрешающая способность и абберация линз		2		2/2И	3	Самостоятельное изучение литературы	Устный опрос. Собеседование	ПК-4, ПК-5
2.3 Растровая электронная микроскопия		6		6/2И	3	Самостоятельное изучение литературы	Устный опрос. Собеседование	ПК-4, ПК-5
2.4 Просвечивающая электронная микроскопия		4		4	3	Самостоятельное изучение литературы	Устный опрос. Собеседование	ПК-4, ПК-5
Итого по разделу		14		14/6И	12			
3. Микроанализ в электронной микроскопии								
3.1 Возбуждение характеристического рентгена	6	2		2/2И	4	Самостоятельное изучение литературы	Устный опрос. Собеседование	ПК-4, ПК-5
3.2 Рентгеновский микроанализ		4		4	3	Самостоятельное изучение литературы	Устный опрос. Собеседование	ПК-4, ПК-5
3.3 Регистрация рентгена		2		2/2И	3,2	Самостоятельное изучение литературы	Устный опрос. Собеседование	ПК-4, ПК-5
3.4 Количественный анализ состава		2		2	4	Самостоятельное изучение литературы	Устный опрос. Собеседование	ПК-4, ПК-5

Итого по разделу	10		10/4И	14,2			
Итого за семестр	34		34/14И	38,2		зачёт	
Итого по дисциплине	34		34/14И	38,2		зачет	ПК-4,ПК-5

5 Образовательные технологии

Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Практическое занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по предложенному алгоритму.

Практическое занятие в форме презентации – представление результатов проектной или исследовательской деятельности с использованием специализированных программных сред.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Короткова, Л.П. Контроль качества материалов (в машиностроительном производстве) : учебное пособие / Л.П. Короткова, Д.Б. Шатько, Д.М. Дубинкин. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2011. — 171 с. — ISBN 978-5-89070-817-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/6662> (дата обращения: 01.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Физико-химические методы анализа (исследования) : учебно-методическое пособие / составители Е. В. Короткая [и др.]. — Кемерово : КемГУ, 2019. — 168 с. — ISBN 978-5-8353-2339-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/134329> (дата обращения: 01.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Рентгеноспектральные методы исследования материалов на основе синхротронного излучения : учебное пособие / Г. Э. Яловега, М. И. Мазурицкий, А. Т. Козаков [и др.] ; Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2019. - 146 с. - ISBN 978-5-9275-3202-5. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/1088157> (дата обращения: 01.09.2020).

2. Турилина, В.Ю. Материаловедение : механические свойства металлов . Термическая обработка металлов . Специальные стали и сплавы : учебное пособие / В.Ю. Турилина ; под редакцией С.А. Никулина. — Москва : МИСИС, 2013. — 154 с. — ISBN 978-5-87623-680-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117263> (дата обращения: 01.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) Методические указания:

1. Абрамов, Н.Н. Методы и средства измерений, испытаний и контроля. Современные методы исследований функциональных материалов : учебное пособие / Н.Н. Абрамов, В.А. Белов, Е.И. Гершман ; под редакцией С.Д. Калошкина. — Москва : МИСИС, 2011. — 160 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/47412> (дата обращения: 01.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Сальников, В.Д. Методы контроля и анализа веществ: рентгенографические методы анализа: лабораторный практикум : учебное пособие / В.Д. Сальников. — Москва : МИСИС, 2014. — 55 с. — ISBN 978-5-87623-768-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/69741> (дата обращения: 01.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена:
 - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
 - специализированной мебелью.
2. Учебная аудитория для проведения практических занятий оснащена:
 - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
 - специализированной мебелью.
3. Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащена:
 - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
 - специализированной мебелью.
4. Помещение для самостоятельной работы оснащено:
 - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
 - специализированной мебелью.
5. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащено:
 - специализированной мебелью: стеллажами для хранения учебного оборудования;
 - инструментами для ремонта учебного оборудования;
 - шкафами для хранения учебно-методической документации и материалов.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Вопросы для устного опроса:

1. Что такое дифракция?
2. Какие основные уравнения дифракции?
3. Что такое обратное пространство?
4. Какова природа рентгеновских лучей?
5. Что может являться источником электронов?
6. Что такое ускоряющее напряжение?
7. Чем определяется разрешающая способность электронного микроскопа?
8. Что такое характеристический рентгеновский спектр?

Вопросы к аттестации (зачету):

1. Уравнение Лауэ
2. Уравнение Брэгга
3. Ограничивающая сфера
4. Векторное представление закона Брегга
5. Обратная решетка
6. Обратная элементарная ячейка
7. Рентгеновский дифрактометр
8. Порошковая дифракция
9. Дифракция Лауэ на монокристаллах
10. Волновые свойства электронов
11. Кольцевые картины, пятна и лауэграммы
12. Диаграммы Кикучи и их интерпритация
13. Взаимодействие электронного пучка с образцом
14. Отраженные электроны
15. Вторичные электроны
16. Требования к образцам для электронной микроскопии
17. Регистрация характеристического рентгеновского излучения разложением по длинам волн
18. Регистрация характеристического рентгеновского излучения разложением по энергии
19. Минимальная длина решетки, которая может быть разрешена методом дифракции, равна половине длины волны. Почему?
20. Если рефлекс первого порядка является запрещенным, то рефлекс второго порядка обычно разрешен. Почему?
21. Назовите три фактора, приводящие к уширению рефлексов, в результате чего излучение рассеивается в направлениях, для которых брэгговские условия выполняются неточно.
22. Опишите отличия белого и характеристического рентгеновского излучения, и дайте по одному примеру использования этих типов излучения в рентгеновской дифракции.
23. Предложите способ фиксации частиц исследуемого порошка при рентгеноструктурном анализе.
24. Опишите отличия растрового изображения от оптического. Их преимущества и недостатки.
25. Обычно изображение в растровом электронном микроскопе строится на основе вторичных электронов. Почему?
26. Почему важно знать химический состав деталей микроструктуры?

27. Почему затруднен микроанализ химического состава поверхности разрушения в растровом электронном микроскопе?
28. В примитивной кубической решетке рефлексы 221 и 300 соответствуют одному брэгговскому углу. Определите другую накладывающуюся пару рефлексов.
29. Какой вектор обратной решетки соединяет точки 110 и 111 в обратном пространстве? Найдите индексы Миллера двух других рефлексов, принадлежащей этой же зоне.
30. Оцените минимальный уровень остаточных напряжений в стали (модуль упругости 220 ГПа), приводящий сдвигу регистрируемых линий.
31. Изобразите зависимость длины волны электрона от ускоряющего напряжения.
32. Укажите ориентацию линии сварки бронзового сплава относительно датчика рентгеновского сигнала (параллельно, перпендикулярно, под углом, не имеет значения), выбор обоснуйте.
33. Выберите и распределите в необходимом порядке размер частиц абразивов, применяемых для подготовки микрошлифов для оптической и растровой микроскопии.
34. Определите минимальный размер области при микрорентгеноспектральном анализе, если размер электронного зонда принять равным 0,5 мкм.

7. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-4 способность использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации		
Знать	– основы рентгеноструктурного анализа, электронной микроскопии и микрорентгеноспектрального анализа	35. Уравнение Лауэ 36. Уравнение Брэгга 37. Ограничивающая сфера 38. Векторное представление закона Брегга 39. Обратная решетка 40. Обратная элементарная ячейка 41. Волновые свойства электронов 42. Кольцевые картины, пятна и лауэграммы 43. Диаграммы Кикучи и их интерпритация
Уметь	– рассчитывать параметры кристаллической структуры	1. В примитивной кубической решетке рефлексы 221 и 300 соответствуют одному брэгговскому углу. Определите другую накладывающуюся пару рефлексов. 2. Какой вектор обратной решетки соединяет точки 110 и 111 в обратном пространстве? Найдите индексы Миллера двух других рефлексов, принадлежащей этой же зоне. 3. Оцените минимальный уровень остаточных напряжений в стали (модуль упругости 220 ГПа), приводящий сдвигу регистрируемых линий. 4. Изобразите зависимость длины волны электрона от ускоряющего напряжения.
Владеть	– основными уравнениями дифракции, используемыми в структурном анализе	1. Минимальная длина решетки, которая может быть разрешена методом дифракции, равна половине длины волны. Почему? 2. Если рефлекс первого порядка является запрещенным, то рефлекс второго порядка обычно разрешен. Почему? 3. Назовите три фактора, приводящие к уширению рефлексов, в результате чего

		<p>излучение рассеивается в направлениях, для которых брэгговские условия выполняются неточно.</p> <p>4. Опишите отличия белого и характеристического рентгеновского излучения, и дайте по одному примеру использования этих типов излучения в рентгеновской дифракции.</p>
ПК-5 готовность выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации		
Знать	– методики и оборудование для проведения структурного анализа, основанного на дифракции рентгеновского излучения, регистрации отраженных и вторичных электронов, возбуждении характеристического рентгеновского спектра.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Рентгеновский дифрактометр 2. Порошковая дифракция 3. Дифракция Лауэ на монокристаллах 4. Взаимодействие электронного пучка с образцом 5. Отраженные электроны 6. Вторичные электроны 7. Требования к образцам для электронной микроскопии 8. Регистрация характеристического рентгеновского излучения разложением по длинам волн 9. Регистрация характеристического рентгеновского излучения разложением по энергии
Уметь	– подготавливать образцы для структурного анализа; выбирать условия съемки для структурного анализа	<ol style="list-style-type: none"> 1. Укажите ориентацию линии сварки бронзового сплава относительно датчика рентгеновского сигнала (параллельно, перпендикулярно, под углом, не имеет значения), выбор обоснуйте. 2. Выберите и распределите в необходимом порядке размер частиц абразивов, применяемых для подготовки микрошлифов для оптической и растровой микроскопии. 3. Определите минимальный размер области при микрорентгеноспектральном анализе, если размер электронного зонда принять равным 0,5 мкм.
Владеть	теоретическими навыками работы на электронном микроскопе и рентгеновском дифрактометре	<ol style="list-style-type: none"> 1. Предложите способ фиксации частиц исследуемого порошка при рентгеноструктурном анализе. 2. Опишите отличия растрового изображения от оптического. Их преимущества и недостатки. 3. Обычно изображение в растровом электронном микроскопе строится на основе вторичных электронов. Почему? 4. Почему важно знать химический состав деталей микроструктуры?

		5. Почему затруднен микроанализ химического состава поверхности разрушения в растровом электронном микроскопе?
--	--	--

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Основы структурного анализа материалов» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета.

Зачёт по данной дисциплине проводится в устной форме в виде собеседования.

Показатели и критерии оценивания:

– для получения «зачтено» обучающемуся достаточно продемонстрировать пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий возможно допущение ошибок, может проявляться отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся может испытывать некоторые затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации;

– зачёт не выставляется (оценка «не зачтено»), если обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.