МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет»

Факультет технологии конструкционных материалов

УТВЕРЖДЕНО
Факультет технологии конструкционных материалов
Декан Крохалев А.В.
г.

Рентгенография и электронная микроскопия

рабочая программа дисциплины (модуля, практики)

Закреплена за кафедрой **Материаловедение и композиционные материалы**

Учебный план Направление 22.03.02 Металлургия

Профиль **Литейное производство черных и цветных металлов**

Квалификация **бакалавр**

Срок обучения **4 года**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Виды контроля в семестрах: зачеты 4

Семестр(Курс.Номер семестра на курсе)	**4(2.2)**		Итого	
	УП	ПП	УП	ПП
Лекции	32	32	32	32
Лабораторные	32	32	32	32
Итого ауд.	64	64	64	64
Контактная работа	64.25	64.25	64.25	64.25
Сам. работа	43.75	43.75	43.75	43.75
Часы на контроль	0	0	0	0
Практическая подготовка	0	0	0	0
Итого трудоемкость в часах	108	108	0	0

ЛИСТ ОДОБРЕНИЯ, СОГЛАСОВАНИЯ И АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Разработчик(и) программы:

доцент Богданов Артём Игоревич ктн

Рецензент(ы):
(при наличии)

Рабочая программа дисциплины (модуля, практики)
Рентгенография и электронная микроскопия

разработана в соответствии с ФГОС ВО:
Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 22.03.02 Металлургия (приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 702)

составлена на основании учебного плана:
Направление 22.03.02 Металлургия

Профиль: Литейное производство черных и цветных металлов

утвержденного учёным советом вуза от 26.05.2021 протокол № 10.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры
Материаловедение и композиционные материалы

номер протокола 2021 г.
Зав. кафедрой Гуревич Леонид Моисеевич

СОГЛАСОВАНО:
Факультет технологии конструкционных материалов
Председатель НМС факультета: Зюбан Н.А.

Протокол заседания НМС от
г. №

Рабочая программа дисциплины (модуля, практики) актуализирована 31.08.2023

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ). ВИД, ТИП ПРАКТИКИ, СПОСОБ И ФОРМА (ФОРМЫ) ЕЕ ПРОВЕДЕНИЯ.

Целью изучения дисциплины «Рентгенография и электронная микроско-пия» является формирование у студентов современных представлений о теории и практике методов рентгенографического и электронно-оптического анализа атомно-кристаллического строения материалов для решения важнейших задач металловедения: фазового анализа сплавов, изучения пластической деформации, текстуры, определения внутренних напряжений и других металлофизических характеристик.

Основные задачи освоения дисциплины – на основе изучения существующих теорий и экспериментальных данных в области физики твердого тела, кристаллического строения, структуры и свойств металлических и неметаллических материалов, а также ознакомления с устройством и принципами действия оборудования, используемого при рентгенографических и электронно-оптических исследованиях свойств материалов, обеспечить усвоение основ теории дифракции и основанных на ней методов анализа кристаллического строения веществ, понимание принципов работы используемых рентгеновских аппаратов, электронных микроскопов и другой аппаратуры, умение самостоятельно работать с учебно-методической, справочной и технической литературой, освоение экспериментальных методик рентгенографического и электронно-оптического анализа, расчета характеристик кристаллического строения и заключения по сути решаемой металлофизической задачи.

Успешное освоение данной дисциплины будет способствовать саморазвитию, самореализации, широкому использованию творческого потенциала будущих бакалавров.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Цикл (раздел) ОП:	Б1.В.ДВ.05
2.1	**Требования к предварительной подготовке обучающегося:**
2.1.1	Кристаллография и кристаллохимия
2.1.2	Физика
2.1.3	Химия
2.2	**Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**
2.2.1	Планирование и обработка результатов исследований
2.2.2	Производственная практика: Технологическая (проектно-технологическая) практика
2.2.3	Безопасность жизнедеятельности в металлургии
2.2.4	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)

УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

УК-1.1: Осуществляет поиск и отбор информации в областях естественно-научных, технических и гуманитарных знаний

Результаты обучения: Умеет осуществлять поиск и отбор научно-технической информации, касающейся рентгеноструктурных и электронноoптических исследований в металлургическом производстве

УК-1.2: Рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки

Результаты обучения: Умеет ставить задачи для теоретического и экспериментального исследования материалов и процессов

УК-1.3: Грамотно и логично обосновывает решения, принятые в результате системного анализа информации

Результаты обучения: Владеет методами системного анализа информации, умеет грамотно и логично обосновывать принятые решения

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Форма контроля
1	**Раздел 1. Содержание учебной дисциплины**			
1.1	Рентгеновская аппаратура /Тема/	4	0	Ко К З
1.1.1	Принцип действия и устройство рентгеновских трубок. Термоэлектронная эмиссия, анодное зеркало, фокус и проекция фокуса рентгеновской трубки. Рентгеновские аппараты. Основные узлы, их назначение. Электрические схемы и принцип работы рентгеновских аппаратов Схема аппарата УРС-55. Регистрация рентгеновских лучей. Методы регистрации (фотографический, ионизационный). Фотометрирование и определение интенсивности рентгеновских отражений в фотометоде. Режимы регистрации в ионизационном методе, счетчик Гейгера - Мюллера, сцинтилляционный счетчик. /Лек/	4	4	

1.1.2	Изучение рентгеновских трубок, аппаратов и камер /Лаб/	4	8	
1.2	Физика рентгеновских лучей /Тема/	4	0	Ко К З
1.2.1	Спектр рентгеновских лучей. Непрерывный спектр, характеристический спектр. Взаимодей-ствие рентгеновских лучей с веществом. Общий закон ослабления рентгеновских лучей при про-хождении через вещество. Линейный и массовый коэффициенты ослабления. Вторичное рентгенов-ское излучение, полоса поглощения. Ослабление веществом рентгеновского спектра. Рентгеновские фильтры. /Лек/	4	4	
1.2.2	Теория дифракции рентгеновских лучей. Уравнение Вульфа-Брэггов. Уравнения Лауэ. Уравнение дифракции в пространстве обратной решетки. Геометрическое представление, сфера распространения. Связь с уравнением Вульфа-Брэггов и уравнениями Лауэ. Методы рентгено-структурного анализа. Метод Лауэ. Метод враще-ния монокристалла. Метод поликристалла. /Лек/	4	4	
1.2.3	Рентгеноструктурный анализ поликристаллов. Получение рентгенограмм поликристаллов. Устройство камеры РКД. Съемка столбика в камере РКД. Схемы закладки пленки: прямая, обратная, асимметричная. Съемка шлифа. Камера обратной съемки КРОС. Разрешающая способность рентгеносъемки, выбор излучения и режима съем-ки. Фильтры и монохроматоры. Рентгеновский дифрактометр. Расчет рентгенограммы, полученной от порошкового образца-столбика. Порядок расчета. Оценка интенсивности, измерение расстояний между линиями. Поправка на поглощение, ее физический смысл. Разделение альфа- и бета-линий. Нахождение межплоскостных расстояний. Индицирование рентгенограмм. Прецизионные измерения периодов кристаллической решетки. Зависимость точности определения периодов от угла отражения. Систематические и случайные ошибки. Прецизионное определение периодов решетки. /Лек/	4	4	
1.2.4	Расчет рентгенограммы. Установление вещества по межплоскостным расстояниям. /Лаб/	4	8	
1.3	Применение рентгеноанализа в металловедении /Тема/	4	0	Ко К З
1.3.1	Качественный фазовый рентгеновский анализ. Чувствительность качественного анализа и пути ее повышения. Методика проведения качественного фазового рентгеновского анализа. Количественный фазовый рентгеновский анализ. Методика проведения количественного фазового рентгеновского анализа двухфазных и многофазных смесей (метод гомологических пар, градуировочной кривой, внутреннего и внешнего эталона). /Лек/	4	4	
1.3.2	Рентгеноанализ твердых растворов. Определение типа твердого раствора. Построение границы растворимости на диаграмме состояния двойных сплавов. Изучение процесса упорядочения в твердом растворе при помощи рентгеноанализа. Рентгеноанализ термической обработки стали. Рентгенограмма отожженной, закаленной и отпущенной стали. Рентгенографическое исследование распада мартенсита при отпуске. Измерение остаточных напряжений. Влияние напряжений на вид рентгенограммы. Рентгенографическое определение макронапряжений при линейном напряженном состоянии. Рентгенографическое определение напряжений при плоском напряженном состоянии. /Лек/	4	4	
1.3.3	Определение размера кристаллитов. Влияние размера кристаллитов на вид рентгенограммы поликристаллического вещества. Методы определения размеров кристаллитов: по размеру рефлексов, по числу рефлексов на рентгеновском кольце, по ширине рентгеновской линии. Определение микронапряжений и размера ОКР по эффектам уширения рентгеновских линий методом аппроксимации. Зависимость ширины линии от размера ОКР и величины микронапряжений. Понятие о физическом и геометрическом уширении. Определение физического уширения методом аппроксимации. /Лек/	4	2	
1.3.4	Качественный и количественный фазовый анализ /Лаб/	4	8	
1.4	Электронная микроскопия /Тема/	4	0	Ко К З

1.4.1	Принцип действия и оптическая схема электронного микроскопа просвечивающего типа. Формирование изображения в просвечивающем электронном микроскопе. Разрешающая способность и глубина фокуса просвечивающего электронного микроскопа. Взаимодействие электронного пучка с исследуемым веществом. Регистрация изображения и его контраст. Дифракция электронов. Особенности дифракционных картин, получаемых в просвечивающем электронном микроскопе. /Лек/	4	4	
1.4.2	Методы приготовления объектов для просвечивающей электронной микроскопии. Прямые методы исследования (тонкие срезы, пленки, фольги и т.д.). Косвенные методы исследования. Способы приготовления реплик. Методы изучения поверхностей излома (фрактография). Исследование порошков. Области применения просвечивающей электронной микроскопии. Наблюдение и исследование дислокаций. Изучение механизмов рекристаллизации. Исследование элементов тонкой структуры металлов. Растровая электронная микроскопия. Принцип действия и оптическая схема растрового электронного микроскопа. Особенности приготовления объектов для изучения на растровом электронном микроскопе. Применение растрового электронного микроскопа в металловедении. /Лек/	4	2	
1.4.3	Изучение устройства электронного микроскопа и получение изображения /Лаб/	4	8	
2	**Раздел 2. Самостоятельная работа студентов**			
2.1	в том числе /Тема/	4	0	
2.1.1	Подготовка к отчету по лабораторным работам /Ср/	4	23.75	
2.1.2	Контрольная работа /Ср/	4	20	
3	**Раздел 3. Промежуточная аттестация**			
3.1	в том числе /Тема/	4	0	
3.1.1	Контактная работа с ППС /КоРа/	4	0.25	
3.1.2	Зачет /Зачёт/	4	0	

Примечание. Формы контроля: Эк – экзамен, К- контрольная работа, Ко- контрольный опрос, Сз- семестровое задание, З-зачет, ОП-отчет по практике.

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Оценочные средства планируемых результатов обучения представлены в виде фондов оценочных средств (ФОС), разработанных в соответствии с локальным нормативным актом университета. ФОС может быть представлен в Приложении к рабочей программе.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)

6.1. Рекомендуемая литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год.	Электронный адрес
Л.1	Уманский Я. С.	Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия: учебник	М.: Металлургия, 1982	
Л.2	Арисова В. Н., Богданов А. И.	Практикум «Современная рентгеновская дифрактометрия»: учеб.-метод. пособие	Волгоград: ВолгГТУ, 2020	

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU https://elibrary.ru/defaultx.asp
Э2	Библиотека (НТБ) http://library.vstu.ru/sci-nci
Э3	Электронная информационно-образовательная среда университета http://eos.vstu.ru и http://eos2.vstu.ru

6.3 Перечень программного обеспечения

6.3.1.1	Программный пакет работы с изображениями AnalySIS,
6.3.1.2	Операционная система Microsoft Windows
6.3.1.3	Офисный пакет Microsoft Office
6.3.1.4	Microsoft Teams - пространство для групповой работы
6.3.1.5	Система дистанционного обучения Moodle

6.3.1.6	Программные пакеты к дифрактометру Bruker Diffrac. EVA V 4.2.
6.3.1.7	Diffrac. TOPAS V 5.0.
6.4 Перечень информационных справочных систем и электронных библиотечных систем (ЭБС)	
6.3.2.1	База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU - https://elibrary.ru/defaultx.asp
6.3.2.2	«Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам» (РОСПАТЕНТ" - http://www.fips.ru
6.3.2.3	Политематическая коллекция журналов Taylor & Francis Group - https://www.tandfonline.com/
6.3.2.4	Nano -база данных с самой широкой коллекцией данных о наноматериалах и литературных источников - https://nano.nature.com/
6.3.2.5	БД Кембриджского центра структурных данных (The Cambridge Crystallographic Data Centre) - http://webcsd.ccdc.cam.ac.uk/
6.3.2.6	Web of Science – международная база данных научного цитирования - webofknowledge.com
6.3.2.7	ScienceDirect - ведущая информационная платформа рецензируемой научной информации - https://www.sciencedirect.com/
6.3.2.8	База данных The SpringerLink Online Collection - https://materials.springer.com/
6.3.2.9	Библиотека (НТБ), http://library.vstu.ru/sci-nci
6.3.2.10	Электронная информационно-образовательная среда университета,http://eos.vstu.ru и http://eos2.vstu.ru

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ) /ОБОРУДОВАНИЕ

7.1	220 ГУК - аудитория для лабораторных занятий - учебная мебель, мультимедийное оборудование
7.2	219а ГУК - аудитория для лабораторных занятий - рентгеновские аппараты ДРОН-2, ДРОН-3
7.3	230а ГУК- аудитория для лабораторных занятий - рентгеновский дифрактометр Bruker D8 Advance
7.4	222 ГУК - аудитория для лабораторных занятий - электронный микроскоп ЭМ-5
7.5	223 ГУК - аудитория для лабораторных занятий - рентгеновские аппараты УРС-55, УРС-2.0

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)

Организация образовательного процесса по данной дисциплине регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятии. При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет дисциплины (переаттестации ее части), если она была освоена в процессе предшествующего обучения. Перезачет (переаттестации ее части) освобождает обучающегося от необходимости повторного освоения дисциплины (полностью или частично).

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями, лабораторными занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в электронной информационной образовательной среде.

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана. На первой лекции лектор информирует студентов о рекомендуемой литературе и электронных источниках информации по дисциплине, с указанием, какой учебник (учебное пособие) является базовым.

Основной формой проведения лабораторных занятий является решение конкретных задач.

Самостоятельная работа студентов включает изучение законспектированного на лекционных занятиях материала, дополнение его с учетом рекомендованной по данной теме литературы, самостоятельную подготовку к лабораторным и практическим занятиям, самостоятельное выполнение и оформление заданий контрольной работы, аналогичных выполненным на занятиях.

В течении семестра для студентов проводятся групповые текущие консультации по учебной дисциплине, а также консультация перед экзаменом.

Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов. Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ), индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн), в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Методические указания по дисциплине

1.Арисова В.Н. Освоение программного обеспечения EVA к дифрактометру Bruker D8 ADVANCE: метод. указания к практическим занятиям /сост. В. Н. Арисова, А. И. Богданов; Волгоград,- ВолгГТУ. 2018. – 16 с.

2.Арисова В.Н.Изучение устройства и возможностей дифрактометра Bruker D8 Advance: метод. указания к практическим занятиям /сост. В. Н. Арисова, А. И. Богданов; ВолгГТУ. – Волгоград, 2018. – 20 с.