

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной 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)

# Формирование структуры металлических материалов

Закреплена за подразделением

Кафедра металловедения цветных металлов

Направление подготовки

22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Физическое металловедение (iPhD)

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

3 ЗЕТ

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 3

аудиторные занятия

32

самостоятельная работа

76

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	19			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Практические	32	32	32	32
Итого ауд.	32	32	32	32
Контактная работа	32	32	32	32
Сам. работа	76	76	76	76
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*к.т.н., в.н.с., Чеверикин В.В.*

Рабочая программа

**Формирование структуры металлических материалов**

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	ознакомить студентов с основами формирования структуры металлических материалов при аддитивном производстве
-----	---

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Metallic materials: structure, properties and application / Металлические материалы: структура, свойства и применение	
2.1.2	Аддитивные технологии металлических материалов	
2.1.3	Современные производственные технологии	
2.1.4	Теория термической обработки металлов	
2.1.5	Основы физики металлов	
2.1.6	Прикладное материаловедение 1. Основы металловедения.	
2.1.7	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	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.2	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ПК-1: Способен осуществлять и обосновывать рациональный выбор материалов и технологических процессов для создания новых сплавов, керамических или композиционных материалов</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-1-31 принципы формирования структуры материалов для аддитивного производства металлических изделий	
<b>ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии и смежных областях</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-5-31 принципы формирования структуры от методов производства изделий методом аддитивного производства	
<b>ПК-1: Способен осуществлять и обосновывать рациональный выбор материалов и технологических процессов для создания новых сплавов, керамических или композиционных материалов</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-1-У1 контролировать структуру материалов для аддитивного производства металлических изделий	
<b>ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии и смежных областях</b>	
<b>Уметь:</b>	
ОПК-5-У1 определять структуру в зависимости от технологии аддитивного производства металлических изделий	
<b>ПК-1: Способен осуществлять и обосновывать рациональный выбор материалов и технологических процессов для создания новых сплавов, керамических или композиционных материалов</b>	
<b>Владеть:</b>	
ПК-1-В1 навыками определения структуры металлических изделий методами аддитивных технологий	
<b>ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии и смежных областях</b>	
<b>Владеть:</b>	
ОПК-5-В1 навыками прогнозирования структуры в зависимости от технологии аддитивного производства металлических изделий	

**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. Формирование структуры металлических материалов методом селективного лазерного плавления</b>							
1.1	Формирование структуры металлических материалов методом селективного лазерного плавления. Практика /Пр/	3	6	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1Л3.1 Э1			Р1
1.2	Формирование структуры металлических материалов методом селективного лазерного плавления /Ср/	3	24	ОПК-5-31 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.1Л2.1Л3.1 Э1			Р2
	<b>Раздел 2. Формирование структуры металлических материалов методом прямого лазерного выращивания</b>							
2.1	Формирование структуры металлических материалов методом прямого лазерного выращивания. Практика /Пр/	3	6	ОПК-5-У1 ОПК-5-В1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1Л3.1 Э1			Р3
2.2	Формирование структуры металлических материалов методом прямого лазерного выращивания /Ср/	3	24	ОПК-5-31 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.1Л2.1Л3.1 Э1			Р4
	<b>Раздел 3. Формирование структуры металлических материалов методом холодного газодинамического напыления</b>							
3.1	Формирование структуры металлических материалов методом холодного газодинамического напыления. Практика /Пр/	3	20	ОПК-5-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1Л2.1Л3.2 Э1			Р5
3.2	Формирование структуры металлических материалов методом холодного газодинамического напыления /Ср/	3	28	ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ПК-1-31	Л1.1Л2.1Л3.2 Э1			Р6

### 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
--------	-------------------------	------------------------------------	------------------------

KM1	Зачёт с оценкой	ОПК-5-31;ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1	<p>Структура.Металлы и композиты на основе порошковых материалов, полученные методами аддитивных производств</p> <p>Структура. Керамика и керамические композиты на основе порошковых материалов, полученные методами аддитивных производств</p> <p>Механизмы формирования структуры пр спекании порошковых материалов.</p> <p>Какие параметры необходимо учитывать при формировании структуры металлических изделий</p> <p>Как зависит структура получаемых материалов от технологии получения изделий</p> <p>Моделирование структуры производства получаемых изделий методами аддитивных технологий</p> <p>Основные принципы формирования структуры получаемых изделий методами аддитивных технологий</p> <p>Как влияет размерность порошка на конечные свойства изделий</p> <p>Формирование структуры. Метод селективного лазерного плавления в производстве металлических материалов</p> <p>Формирование структуры. Метод прямого лазерного выращивания в производстве металлических материалов</p> <p>Формирование структуры. Метод холодного газодинамического напыления в производстве металлических материалов</p> <p>ОПК-5: Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в отрасли металлургии и смежных областях</p> <p>Процесс формирования структуры различными методами аддитивного производства. Строение материала</p> <p>Различия технологий аддитивного производства по структуре</p> <p>Технологические особенности получения структуры лазерного спекания материалов</p> <p>Технологические особенности формирования структуры выращивания изделий методом холодного газодинамического напыления</p> <p>Влияние плотности энергии на структуру материалов.</p>
-----	-----------------	--	--

**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	Практическая работа 1 Формирование структуры металлических материалов методом селективного лазерного плавления.	ПК-1-У1;ПК-1-В1	Формирование структуры металлических материалов методом селективного лазерного плавления.
P2	Самостоятельная работа 1 Формирование структуры металлических материалов методом селективного лазерного плавления.	ОПК-5-31;ОПК-5-У1	Формирование структуры металлических материалов методом селективного лазерного плавления.

P3	Практическая работа 2 Формирование структуры металлических материалов методом прямого лазерного выращивания. Практика	ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;ПК-1-В1	Формирование структуры металлических материалов методом прямого лазерного выращивания. Практика
P4	Самостоятельная работа 2 Формирование структуры металлических материалов методом прямого лазерного выращивания	ОПК-5-31;ПК-1-31;ПК-1-У1	Формирование структуры металлических материалов методом прямого лазерного выращивания
P5	Практическая работа 3 Формирование структуры металлических материалов методом холодного газодинамического напыления. Практика	ОПК-5-В1;ПК-1-У1;ПК-1-В1	Формирование структуры металлических материалов методом холодного газодинамического напыления. Практика
P6	Самостоятельная работа 3 Формирование структуры металлических материалов методом холодного газодинамического напыления	ОПК-5-31;ОПК-5-У1;ПК-1-31	Формирование структуры металлических материалов методом холодного газодинамического напыления

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

Обучающийся для получения зачета должен выполнить все работы, указанные в данном курсе.

Оценка формируется как среднеарифметическая из оценок за текущие практические и самостоятельные работы.

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

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний студента

Предполагается следующая шкала оценок:

- а) «отлично» – студент показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу;
- б) «хорошо» – студент показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал;
- в) «удовлетворительно» – студент показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;
- г) «неудовлетворительно» – студент допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Новиков И. И., Строганов Г. Б., Новиков А. И.	Металловедение, термообработка и рентгенография: Учебник для студ.металлург. и машиностроит. спец. вузов	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 1994

<b>6.1.2. Дополнительная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Каменев С. В., Романенко К. С.	Технологии аддитивного производства: учебное пособие	Электронная библиотека	Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2017
<b>6.1.3. Методические разработки</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Вакс Е. Д., Миленький М. Н., Сапрыкин Л. Г.	Практика прецизионной лазерной обработки	Электронная библиотека	Москва: Техносфера, 2013
Л3.2	Кудинов В. В., Бобров Г. В., Митин Б. С.	Нанесение покрытий напылением: Теория, технология и оборудование: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgia, 1992
<b>6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»</b>				
Э1	База данных по материалам в открытом доступе SpringerMaterials	<a href="https://materials.springer.com">https://materials.springer.com</a>		
<b>6.3 Перечень программного обеспечения</b>				
П.1	ESET NOD32 Antivirus			
П.2	Win Pro 10 32-bit/64-bit			
П.3	CES EDUPack			
П.4	Microsoft Office			
<b>6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных</b>				

<b>7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ</b>		
Ауд.	Назначение	Оснащение
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.
К-308	Лаборатория электронной микроскопии:	сканирующий электронный микроскоп TESCAN VEGA LMN с катодом LaB6 (СЭМ) с системой рентгеновского энергодисперсионного микроанализа Oxford Instruments Advanced AZtecEnergy и системой дифракции обратно отраженных электронов. Используется для исследования микроструктуры материалов и сплавов, химического и фазового анализа состава сплавов. Просвечивающий электронный микроскоп JEOL JEM 2000-EX используется для анализа тонкой структуры материалов. Оптический микроскоп НЕОРНОТ-30 с системой поляризации и видео- и фотофиксации изображения для исследования микро-и макроструктуры материалов

<b>8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ</b>
<p>Дисциплина требует большой самостоятельной работы. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе.</p> <p>Подготовка к практическому занятию.</p> <p>Для успешного освоения материала студентам рекомендуется сначала ознакомиться с учебным материалом, изложенным в лекциях и основной литературе, затем выполнить самостоятельные задания, при необходимости обращаясь к дополнительной литературе. При подготовке к практическим занятиям можно выделить два этапа:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– организационный, на котором студент планирует свою самостоятельную работу,</li> <li>– рабочий, на котором осуществляется непосредственная подготовка студента к занятию.</li> </ul> <p>Самостоятельная работа с рекомендованной литературой.</p> <p>При работе с основной и дополнительной литературой целесообразно придерживаться такой последовательности. Сначала</p>

прочитать весь заданный материал, чтобы составить представление об изучаемом материале, понять общий смысл прочитанного. Затем прочитать вторично, чтобы в ходе чтения понять и запомнить смысл каждой фразы, каждого положения и вопроса в целом. Продуктивно сопровождать чтение записями (план прочитанного текста, тезисы, выписки, конспектирование и др.) Если содержание материала несложное, легко усваиваемое, можно ограничиться составлением плана. Если материал содержит новую и трудно усваиваемую информацию, целесообразно его законспектировать.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний студента

Предполагается следующая шкала оценок:

- а) «отлично» – студент показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу;
- б) «хорошо» – студент показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал;
- в) «удовлетворительно» – студент показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;
- г) «неудовлетворительно» – студент допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.