

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 28.07.2023 14:13:08

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)

# Аддитивные технологии 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

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 2

аудиторные занятия

49

самостоятельная работа

50

часов на контроль

45

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	2 (1.2)		Итого	
	УП	РП		
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	32	32	32	32
Итого ауд.	49	49	49	49
Контактная работа	49	49	49	49
Сам. работа	50	50	50	50
Часы на контроль	45	45	45	45
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*к.т.н., Зав. кафедрой, Солонин А.Н.; к.т.н., в.н.с., Чеверикин В.В.*

Рабочая программа

**Аддитивные технологии 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	подготовка студентов в области аддитивных технологий материалов на уровне понимания физических процессов аддитивного производства изделий и свойств основных видов материалов и устройств для выбора технологий получения и производства изделий и полуфабрикатов их них
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.04
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Оказание первой помощи пострадавшим	
2.1.2	Основы физики металлов	
2.1.3	Прикладное материаловедение 1. Основы металловедения.	
2.1.4	Современные методы металлургии, машиностроения и материаловедения	
2.1.5	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**

<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 Методы аддитивного производства металлических изделий
<b>ПК-2: Способен обоснованно использовать знания для анализа типовых технологических процессов металлов и сплавов, участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки металлических изделий в области металловедения и технологии материалов</b>
<b>Знать:</b>
ПК-2-31 принципы выбора 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>Знать:</b>
ПК-1-31 принципы разработки материалов для аддитивного производства металлических изделий
<b>УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</b>
<b>Знать:</b>
УК-2-31 Дефекты и способы их устранения в изделиях, полученных методами 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 разрабатывать материалы 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 Применять методы аддитивного производства для производства металлических материалов
<b>ПК-2: Способен обоснованно использовать знания для анализа типовых технологических процессов металлов и сплавов, участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки металлических изделий в области металловедения и технологии материалов</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-2-У1 разрабатывать технологию аддитивного производства металлических изделий
<b>УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</b>
<b>Уметь:</b>
УК-2-У1 Устранять дефекты в изделиях, полученных методами аддитивного производства
<b>ПК-2: Способен обоснованно использовать знания для анализа типовых технологических процессов металлов и сплавов, участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки металлических изделий в области металловедения и технологии материалов</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-2-В1 навыками разработки технологии для аддитивного производства с учетом спецификации материалов, используемого оборудования, экономических параметров
<b>УК-2: Способен интегрировать знания и принимать решения в сложных ситуациях, формулировать суждения на основе неполной или ограниченной информации, управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</b>
<b>Владеть:</b>
УК-2-В1 Навыками устранения дефектов в изделиях, полученных методами аддитивного производства
<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 производства изделий методами 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>Владеть:</b>
ПК-1-В1 навыками разработки металлических изделий методами аддитивных технологий

#### 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. Производство металлических материалов методом селективного лазерного плавления</b>							
1.1	Производство металлических материалов методом селективного лазерного плавления. Практика /Пр/	2	6	ПК-1-У1 ПК-1-В1 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.1Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3			Р1
1.2	Производство металлических материалов методом селективного лазерного плавления /Ср/	2	10	ПК-1-У1 ПК-2-У1 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-5-В1	Л1.1Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3			
1.3	Основы производства металлических материалов методом селективного лазерного плавления /Лек/	2	4	ПК-1-31 ПК-2-31 УК-2-31 ОПК-5-31	Л1.1Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3			
	<b>Раздел 2. Производство металлических материалов методом прямого лазерного выращивания</b>							

2.1	Производство металлических материалов методом прямого лазерного выращивания. Практика /Пр/	2	6	ПК-1-В1 ПК-2-В1 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.1Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3				Р3
2.2	Производство металлических материалов методом прямого лазерного выращивания /Ср/	2	10	ПК-1-У1 ПК-2-У1 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.1Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3				
2.3	Основы производства металлических материалов методом прямого лазерного выращивания /Лек/	2	4	ПК-1-31 ПК-2-31 УК-2-31 ОПК-5-31	Л1.1Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3				
<b>Раздел 3. Производство металлических материалов методом холодного газодинамического напыления</b>									
3.1	Производство металлических материалов методом холодного газодинамического напыления. Практика /Пр/	2	20	ПК-2-У1 ПК-2-В1 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.1Л2.1Л3.2 Э1 Э2 Э3				Р5
3.2	Производство металлических материалов методом холодного газодинамического напыления /Ср/	2	30	ПК-1-У1 ПК-2-31 УК-2-31 УК-2-У1 УК-2-В1 ОПК-5-31 ОПК-5-У1 ОПК-5-В1	Л1.1Л2.1Л3.2 Э1 Э2 Э3				
3.3	Основы производства металлических материалов методом холодного газодинамического напыления /Лек/	2	9	ПК-1-31 ПК-2-31 УК-2-31 ОПК-5-31	Л1.1Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3				

### 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	Экзамен	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-1-В1;ОПК-5-31;ОПК-5-В1;ОПК-5-У1;УК-2-31;УК-2-У1;УК-2-В1	<p>Примерный список вопросов для экзамена</p> <p>Что такое аддитивное производство? Какое основное отличие технологии аддитивного производства от стандартных технологий (сварки, пайки, литья)?</p> <p>Что такое эффективный дизайн в аддитивном производстве?</p> <p>В чем принципиальная разница между методами селективного лазерного плавления и прямого лазерного выращивания?</p> <p>Что такое Селективное лазерное спекание? Механизмы спекания порошковых материалов.</p> <p>Какие параметры необходимо учитывать при производстве металлических изделий методом холодного газодинамического напыления?</p> <p>Как зависит структура и свойства получаемых материалов от технологии получения изделий? Ответ пояснить</p> <p>Как можно осуществить моделирование процессов производства изделий методами аддитивных технологий? Какие параметры должны быть учтены?</p> <p>Применение методов аддитивного производства для производства металлических изделий. Основные принципы?</p> <p>Как влияет размерность порошка на конечные свойства изделий, получаемых методом прямого лазерного выращивания?</p> <p>Метод холодного газодинамического напыления в производстве металлических материалов. Опишите особенности и применимость к сплавам из меди.</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
Р1	Практическая работа 1. Производство металлических материалов методом селективного лазерного плавления	ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;УК-2-У1;УК-2-В1;ПК-1-У1;ПК-1-В1	Производство металлических материалов методом селективного лазерного плавления
Р2	Самостоятельная работа № 1. Производство металлических материалов методом селективного лазерного плавления	ПК-1-У1;ПК-2-У1;ОПК-5-В1;УК-2-У1;УК-2-В1	Производство металлических материалов методом селективного лазерного плавления
Р3	Практическая работа №2. Производство металлических материалов методом прямого лазерного выращивания	ПК-1-В1;ПК-2-В1;ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;УК-2-В1;УК-2-У1	Производство металлических материалов методом прямого лазерного выращивания

P4	Самостоятельная работа № 2. Производство металлических материалов методом прямого лазерного выращивания	ПК-1-У1;ПК-2-У1;ОПК-5-У1;ОПК-5-В1;УК-2-У1;УК-2-В1;УК-2-31;ОПК-5-31	Производство металлических материалов методом прямого лазерного выращивания
P5	Практическая работа №3. Производство металлических материалов методом холодного газодинамического напыления	ПК-2-У1;ПК-2-В1;ОПК-5-31;ОПК-5-У1;УК-2-У1;УК-2-В1	Производство металлических материалов методом холодного газодинамического напыления
P6	Самостоятельная работа № 3. Производство металлических материалов методом холодного газодинамического напыления	ПК-1-У1;ПК-2-31;ОПК-5-31;ОПК-5-В1;ОПК-5-У1;УК-2-31;УК-2-У1;УК-2-В1	Производство металлических материалов методом холодного газодинамического напыления

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

Экзаменационный билет включает в себя два теоретических вопроса из списка вопросов для самостоятельной подготовки. Экзаменационные билеты хранятся на кафедре

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

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний студента на экзамене

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

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	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

#### 6.1.3. Методические разработки

	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

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
ЛЗ.2	Кудинов В. В., Бобров Г. В., Митин Б. С.	Нанесение покрытий напылением: Теория, технология и оборудование: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1992

#### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Э2	Наукометрическая база данных Scopus	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
Э3	Наукометрическая база данных Web of Science	<a href="https://apps.webofknowledge.com/">https://apps.webofknowledge.com/</a>

#### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	ESET NOD32 Antivirus
П.2	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.3	КОМПАС-3D v17
П.4	CES EDUPack
П.5	Microsoft Office
П.6	Deform v11.0

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

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

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.
Л-005	Аудитория для проведения практических занятий:	оборудование для проведения исследований и экспериментов методами аддитивного производства

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Дисциплина требует большой самостоятельной работы. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе.

Работа над конспектом лекции.

Основу теоретического обучения студентов составляют лекции. Они дают систематизированные знания студентам о наиболее сложных и актуальных проблемах изучаемой дисциплины. На лекциях особое внимание уделяется усвоению студентами изучаемых проблем, развитию их профессионально-значимых свойств и качеств. Лекции по учебной дисциплине проводятся в форме диалога, с использованием подготовленного материала – презентации. Работу над конспектом следует начинать с его доработки, желательно в тот же день, пока материал еще легко воспроизводим в памяти. С целью доработки необходимо прочитать записи, восстановить текст в памяти, а также исправить описки, расшифровать непринятые ранее сокращения, заполнить пропущенные места, понять текст, вникнуть в его смысл. Далее прочитать материал по рекомендуемой литературе, разрешая в ходе чтения возникшие ранее затруднения, вопросы, а также дополняя и исправляя свои записи. Записи должны быть наглядными, для чего следует применять различные способы выделений. В ходе доработки конспекта углубляются, расширяются и закрепляются знания, а также дополняется, исправляется и совершенствуется конспект. Подготовленный конспект и рекомендуемая литература используются при подготовке к практическим занятиям. Подготовка сводится к внимательному прочтению учебного материала, к выводу с карандашом в руках всех утверждений и формул, к решению примеров, задач, к ответам на вопросы. Примеры, задачи, вопросы по теме являются средством самоконтроля.

Подготовка к практическому занятию.

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:

- организационный, на котором студент планирует свою самостоятельную работу,
- рабочий, на котором осуществляется непосредственная подготовка студента к занятию.

Самостоятельная работа с рекомендованной литературой.

При работе с основной и дополнительной литературой целесообразно придерживаться такой последовательности. Сначала 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 на экзамене

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.