

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 30.10.2023 16:01:32

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

Закреплена за подразделением Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий

Направление подготовки 22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль Новые материалы. Порошковые и аддитивные технологии

Квалификация **Магистр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 144

в том числе:

аудиторные занятия 72

самостоятельная работа 45

часов на контроль 27

Формы контроля в семестрах:  
экзамен 2

#### 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	36	36	36	36
Практические	36	36	36	36
Итого ауд.	72	72	72	72
Контактная работа	72	72	72	72
Сам. работа	45	45	45	45
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*к.тн, старший преподаватель, Пацера Евгений Иванович*

Рабочая программа

**Аддитивные технологии**

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-23-16.plx Новые материалы. Порошковые и аддитивные технологии, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.02 Металлургия, Новые материалы. Порошковые и аддитивные технологии, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий**

Протокол от 03.04.2023 г., №11

Руководитель подразделения Левашов Е.А.

### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цели освоения дисциплины: Научить основам комплексного научного подхода для формирования у студентов навыков в области теоретических основ аддитивных технологий, специфики и областей их применения, обучить выбору оборудования для аддитивных технологических процессов, способам получения исходных порошков различного состава и назначения, особенностям методов контроля свойств и структуры как исходных порошков, так и конечных изделий, управлять технологическими процессами изготовления изделий, умению эксплуатировать оборудование.
-----	---

### 2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.О
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Введение в цифровое производство	
2.1.2	Закономерности, механизмы и методы диагностики процессов горения в СВС-системах	
2.1.3	Технологии получения порошкообразных материалов	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Защита интеллектуальной собственности	
2.2.2	Материаловедение в аддитивных технологиях	
2.2.3	Технологии наноматериалов и гибридных наноматериалов	
2.2.4	Технология получения композиционных материалов для авиакосмической промышленности	
2.2.5	Физико-химические основы и технологии тепловыделяющих и поглощающих материалов	
2.2.6	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.7	Преддипломная практика	

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

<b>ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-4-32	Особенности технологического оборудования для реализации различных типов аддитивных технологий
ОПК-4-32	Особенности технологического оборудования для реализации различных типов аддитивных технологий
ОПК-4-31	Принципы теоретического и практического моделирования процесса построения изделия
ОПК-4-31	Принципы теоретического и практического моделирования процесса построения изделия
<b>ПК-2: Способен проводить анализ и теоретически обобщать научные данные в соответствии с задачами исследования, изучать научно-техническую информацию, формировать программы исследований</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-2-32	Критерии рационального использования операций по пост-обработке изделий, полученных методами аддитивных технологий
ПК-2-32	Критерии рационального использования операций по пост-обработке изделий, полученных методами аддитивных технологий
ПК-2-31	Области применения и тенденции развития аддитивных технологий.
ПК-2-31	Области применения и тенденции развития аддитивных технологий.
<b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-1-31	терминологию, классификацию и общие характеристики аддитивных технологий.
ОПК-1-31	терминологию, классификацию и общие характеристики аддитивных технологий.
ОПК-1-32	основные требования к порошкам для аддитивных технологий и методы их получения
ОПК-1-32	основные требования к порошкам для аддитивных технологий и методы их получения

<b>ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-4-У1 Проводить литературный и патентный поиск в области аддитивных технологий
<b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У1 формулировать цели и задачи исследований, выбирать методы исследований
<b>ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-4-У1 Проводить литературный и патентный поиск в области аддитивных технологий
<b>ПК-2: Способен проводить анализ и теоретически обобщать научные данные в соответствии с задачами исследования, изучать научно-техническую информацию, формировать программы исследований</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-2-У1 Анализировать возможности аддитивных технологических процессов при изготовлении различных видов функциональных изделий.
<b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У1 формулировать цели и задачи исследований, выбирать методы исследований
<b>ПК-2: Способен проводить анализ и теоретически обобщать научные данные в соответствии с задачами исследования, изучать научно-техническую информацию, формировать программы исследований</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-2-У2 Использовать и применять приобретенные знания для экспериментальных исследований в области аддитивных технологий.
ПК-2-У2 Использовать и применять приобретенные знания для экспериментальных исследований в области аддитивных технологий.
ПК-2-У1 Анализировать возможности аддитивных технологических процессов при изготовлении различных видов функциональных изделий.
<b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У2 оптимизировать технологический цикл получения изделий
ОПК-1-У2 оптимизировать технологический цикл получения изделий
<b>ПК-2: Способен проводить анализ и теоретически обобщать научные данные в соответствии с задачами исследования, изучать научно-техническую информацию, формировать программы исследований</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-2-В1 Навыками исследования, планирования и проведения необходимых экспериментов получению изделий методами аддитивных технологий
ПК-2-В1 Навыками исследования, планирования и проведения необходимых экспериментов получению изделий методами аддитивных технологий
<b>ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-1-В2 методами контроля качества исходных порошков и конечных изделий
ОПК-1-В3 методами анализа технологических процессов получения изделий
ОПК-1-В1 методами создания моделей для аддитивных технологий
ОПК-1-В2 методами контроля качества исходных порошков и конечных изделий

**ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области**

**Владеть:**

ОПК-4-В1 Навыками самостоятельной работы с литературой по аддитивным технологиям

ОПК-4-В1 Навыками самостоятельной работы с литературой по аддитивным технологиям

**ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии**

**Владеть:**

ОПК-1-В3 методами анализа технологических процессов получения изделий

ОПК-1-В1 методами создания моделей для 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. Введение в аддитивные технологии</b>							
1.1	Терминология и классификация современных аддитивных технологий; /Лек/	2	2	ОПК-1-31	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Э1 Э2			
1.2	История возникновения и развития аддитивных технологий /Лек/	2	2	ОПК-1-31	Л1.1 Э1 Э2			
1.3	Разновидности аддитивных технологий, основанные на использовании полимерных материалов /Пр/	2	2	ОПК-1-31	Л1.1 Э1 Э2			Р1
1.4	Подготовка к практическим занятиям, контрольной работе №1. /Ср/	2	5	ОПК-1-31 ОПК-4-У1 ОПК-4-В1	Л1.1 Л1.4 Э1 Э2			
1.5	Особенности спекания полимеров в аддитивных технологиях. /Пр/	2	2	ОПК-1-31 ОПК-1-У1	Л1.1			
	<b>Раздел 2. Материалы для аддитивных технологий</b>							
2.1	Основные требования к материалам для аддитивных технологий. Классификация методов их получения /Лек/	2	2	ОПК-1-32 ОПК-1-У1	Л1.1 Э1 Э2			
2.2	Классические технологии получения сферических порошков методами диспергирования расплава /Лек/	2	2	ОПК-1-32 ОПК-4-32 ПК-2-У1	Л1.4 Э1 Э2			
2.3	Альтернативные технологии получения сферических порошков на основе высокотемпературных металлических материалов /Лек/	2	2	ОПК-1-32 ОПК-4-32	Л1.2 Л1.4 Э1 Э2			
2.4	Технологии получения порошков на основе керамических и композиционных материалов /Лек/	2	2	ОПК-1-32	Л1.3 Л1.6 Э1 Э2			

2.5	Разновидности дефектов и методы контроля качества материалов для аддитивных технологий. Контрольная работа №1 /Лек/	2	2	ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-В2	Л1.1 Э1 Э2		КМ1	
2.6	Проведение сравнительных исследований основных характеристик порошковых материалов, полученных по различным технологиям /Пр/	2	2	ОПК-1-32 ОПК-1-В2	Л1.4 Э1 Э2			Р4
2.7	Проведение сравнительных исследований основных характеристик порошковых материалов, полученных по различным технологиям распыления /Пр/	2	2	ОПК-1-32 ОПК-1-В2	Л1.4 Э1 Э2			Р6
2.8	Выбор метода получения порошка в зависимости от материала и типа аддитивного процесса /Пр/	2	2	ОПК-1-32 ОПК-4-32 ОПК-4-У1	Л1.4 Э1 Э2			Р3
2.9	Разновидности дефектов порошковых материалов и методы их контроля /Пр/	2	2	ОПК-1-32 ОПК-1-В2	Л1.1 Э1 Э2			Р5
2.10	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе №1. /Ср/	2	8	ОПК-1-32	Л1.1 Л1.3 Л1.4 Л1.6 Э1 Э2			
	<b>Раздел 3. Основы 3D-моделирования</b>							
3.1	Создание 3d-модели изделия с учетом технологических особенностей аддитивного процесса /Лек/	2	2	ОПК-1-В1 ОПК-4-31	Л1.1 Э1 Э2			
3.2	Возможности топологической оптимизации. Бионический дизайн /Лек/	2	2	ОПК-1-В1 ОПК-4-31	Л1.1 Э1 Э2			
3.3	Программное обеспечение для создания 3D-моделей, основные форматы файлов /Пр/	2	2	ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ОПК-1-В3 ОПК-4-31	Л1.1 Л1.4 Э1 Э2			Р7
3.4	Практические рекомендации по расположению деталей на плите построения, моделирование поддерживающих конструкции /Пр/	2	2	ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.4 Э1 Э2			Р8
3.5	Оптимизация 3D-моделей изделий под конкретные виды аддитивных технологий /Пр/	2	2	ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ОПК-4-31 ОПК-4-32	Л1.1 Л1.4 Э1 Э2			Р9
3.6	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе №2. /Ср/	2	6	ОПК-1-У2 ОПК-1-В1	Л1.1 Л1.4 Э1 Э2			
	<b>Раздел 4. Основные типы аддитивных процессов</b>							
4.1	Посещение производственных участков и ознакомление с различными типами аддитивных технологических процессов /Пр/	2	4	ОПК-1-В1 ОПК-1-В3 ОПК-4-31 ОПК-4-32				Р10

4.2	Основные этапы аддитивного производства. Практические рекомендации по выбору типа оборудования для аддитивного производства /Пр/	2	2	ОПК-1-В3 ОПК-4-32 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Э1 Э2				Р11
4.3	Выбор метода получения изделия в зависимости от его характеристик и условий эксплуатации /Пр/	2	2	ОПК-1-У2 ОПК-1-В3 ОПК-4-31 ОПК-4-32 ПК-2-У1	Л1.1 Э1 Э2				Р12
4.4	Аддитивные технологии, основанные на прямом подводе энергии и материала /Лек/	2	2	ОПК-1-У2 ОПК-1-В3	Л1.1 Л1.4 Э1 Э2				
4.5	Аддитивные технологии типа «синтез на подложке» /Лек/	2	2	ОПК-1-В3	Л1.1 Э1 Э2				
4.6	Гибридные и комбинированные аддитивные технологии /Лек/	2	2	ОПК-1-У2 ОПК-1-В3	Л1.1 Л1.5 Э1 Э2				
4.7	Технологические особенности аддитивного производства изделий из керамических и композиционных материалов /Лек/	2	2	ОПК-1-У2 ОПК-1-В3	Л1.1 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2				
4.8	Подготовка к практическим занятиям, лабораторным работам и контрольной работе №2. /Ср/	2	8	ОПК-1-У2 ОПК-1-В3	Л1.1 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2				
	<b>Раздел 5. Пост-обработка и контроль качества изделий</b>								
5.1	Терминология и классификация дефектов в изделиях, полученных методами аддитивных технологий /Лек/	2	2	ОПК-1-31	Л1.1 Л1.5 Э1 Э2				
5.2	Разновидности пост-обработки изделий, полученных методами аддитивных технологий /Лек/	2	2	ОПК-1-У2 ПК-2-32	Л1.1 Э1 Э2				
5.3	Контроль качества изделий, полученных методами аддитивных технологий /Лек/	2	2	ОПК-1-В2	Л1.5 Э1 Э2				
5.4	Разновидности дефектов аддитивных изделий и методы их контроля /Пр/	2	2	ОПК-1-31 ОПК-1-В2	Л1.5 Э1 Э2				Р13
5.5	Выбор оптимального комплекса операций по пост-обработке изделий в зависимости от его характеристик и условий эксплуатации /Пр/	2	2	ОПК-1-У2 ПК-2-32 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.5 Э1 Э2				Р14
5.6	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе №2. /Ср/	2	8	ОПК-1-В2	Л1.1 Л1.5 Э1 Э2				
	<b>Раздел 6. Тенденции развития аддитивных технологий</b>								

6.1	Области применения и тенденции развития аддитивных технологий. Использование аддитивных технологий в медицине. Контрольная работа №2 /Лек/	2	4	ОПК-4-31 ОПК-4-32 ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.1 Э1 Э2			
6.2	Доклады студентов на тему перспективных направлений развития аддитивных технологий /Пр/	2	6	ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ПК-2-31 ПК-2-В1	Л1.1 Э1 Э2			
6.3	Подготовка реферата на тему перспективных направлений использования аддитивных технологий, подготовка к контрольной работе №2. /Ср/	2	10	ОПК-4-У1 ОПК-4-В1 ПК-2-31 ПК-2-У2 ПК-2-В1	Л1.1 Э1 Э2			

### 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	ОПК-4-32;ОПК-1-31;ОПК-4-В1;ОПК-4-У1;ОПК-1-32	<p>Дать определения основным терминам в соответствии с ГОСТ Р 57558-2017.</p> <p>Провести сравнение классических и аддитивных технологий.</p> <p>Привести классификацию по принципу реализации процесса построений и описать каждый из них.</p> <p>Ключевые даты в истории аддитивных технологий.</p> <p>Полимерные материалы, используемые в АТ, в зависимости от типа АТ.</p> <p>Металлические материалы, используемые в АТ и требования к ним.</p> <p>Пластики ABS, PLA и HIPPS: основные характеристики и в чем отличия.</p> <p>Пластики PA, PC: основные характеристики и в чем отличия.</p> <p>Технологии газовой атомизации (распыление расплава газом).</p> <p>Принцип работы, разновидности, плюсы и минусы метода.</p> <p>Технология распыления расплава водой. Принцип работы, разновидности, плюсы и минусы метода.</p> <p>Технологии центробежной атомизации. Принцип работы, разновидности, плюсы и минусы метода.</p> <p>Получение порошков методом взрывающейся проволоки.</p> <p>Диспергирования расплава растворенным газом. Описание методов.</p> <p>Процесс плазменной обработки металлических порошков. Что такое плазма, ее свойства.</p> <p>Процесс лазерной обработки металлических порошков. Что такое лазер, какие бывают лазеры и способы их накачки .</p> <p>Спрей пиролиз низкого давления (LPSP). Электроэрозионное диспергирование. Описание методов.</p> <p>Механическая обработка в мельнице. Получение карбонильных порошков. Описание методов и их недостатки.</p> <p>Основные керамические порошки используемые в АТ, их свойства и характеристики.</p> <p>Основные способы получения керамических порошков для АТ.</p> <p>Проблемы изготовления монолитных керамических изделий с высокой плотностью с помощью аддитивных</p> <p>Причины возникновения дефектов в материалах для АТ.</p> <p>Классификация дефектов порошков и проволок</p> <p>Дефекты формы, определения и их описание.</p> <p>Дефекты поверхности, определения и их описание.</p> <p>Поры и твердые включения, определения и их описание.</p> <p>Прочие дефекты, определения и их описание.</p> <p>Основные контролируемые параметры и способы их контроля.</p>
-----	-----------------------	--	---

КМ2	Контрольная работа №2	ОПК-4-31;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2;ОПК-1-В3;ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-У1	<p>Программы для 3D моделирования</p> <p>От чего зависит построение детали. Принципы размещения детали.</p> <p>Построение поддерживающих структур. Принципы применения.</p> <p>Для чего нужно моделирование 3D-печати на основе селективного лазерного плавления металлических порошков?</p> <p>Что такое слайсеры и для чего они нужны?</p> <p>Плюсы и минусы различных слайсеров.</p> <p>Что такое топологическая оптимизация, ее принципы и цели.</p> <p>Техники топологической оптимизации</p> <p>Что такое бионический дизайн, ее принципы и цели.</p> <p>Программное обеспечение для бионического проектирования</p> <p>Технология селективного лазерного сплавления.</p> <p>Технология селективного электронно-лучевого сплавления</p> <p>Влияние мощности лазера на процесс сплавления</p> <p>Стратегия сканирования</p> <p>Аддитивные технологии, основанные на прямом подводе энергии и материала</p> <p>Виды материалов используемых для построения изделий, основанные на прямом подводе энергии и материала</p> <p>Компания РОМ и компания SciaKu, выпускаемые ими аддитивные установки.</p> <p>Сравнение СЛС, СЭЛС, ПЛНМ и ХГН</p> <p>Комбинированные аддитивные технологии</p> <p>Аддитивные технологии в литейном производстве</p> <p>Технологии литья металлов с использованием синтез-моделей и синтез-форм</p> <p>Синтез-модели из порошковых полимеров</p> <p>Синтез-модели из светотверждаемых смол</p> <p>Технологии и машины для синтеза песчаных литейных форм</p> <p>Виды песчаных материалов, используемые в аддитивных технологиях.</p> <p>Оснащение литейного участка для эффективного использования аддитивных технологий</p> <p>Принципы построение литейной формы</p> <p>Классификация дефектов в изделиях, полученных методами аддитивных технологий</p> <p>Разновидности пост-обработки изделий, полученных методами аддитивных технологий</p> <p>Контроль качества изделий, полученных методами аддитивных технологий</p>
-----	-----------------------	---	---

КМЗ	Экзамен	ОПК-4-31;ОПК-4-32;ОПК-4-У1;ОПК-1-31;ОПК-4-В1;ОПК-1-32;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2;ОПК-1-В3;ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-У1;ПК-2-У2	<p>Дать определения основным терминам в соответствии с ГОСТ Р 57558-2017.</p> <p>Причины возникновения дефектов в материалах для АТ.</p> <p>Классификация дефектов порошков и проволоки</p> <p>От чего зависит построение детали. Принципы размещения детали.</p> <p>Провести сравнение классических и аддитивных технологий.</p> <p>Для чего нужно моделирование 3D-печати на основе селективного лазерного плавления металлических порошков?</p> <p>Принципы построение литейной формы</p> <p>Привести классификацию по принципу реализации процесса построений и описать каждый из них.</p> <p>Поры и твердые включения, определения и их описание.</p> <p>Сравнение СЛС, СЭЛС, ПЛНМ и ХГН</p> <p>Получение порошков методом взрывающейся проволоки.</p> <p>Диспергирования расплава растворенным газом. Описание методов.</p> <p>Причины возникновения дефектов в материалах для АТ.</p> <p>Классификация дефектов порошков и проволоки</p> <p>Технология селективного электронно-лучевого сплавления</p> <p>Технологии центробежной атомизации. Принцип работы, разновидности, плюсы и минусы метода.</p> <p>Основные керамические порошки используемые в АТ, их свойства и характеристики</p> <p>Технология селективного лазерного сплавления.</p> <p>Технология распыления расплава водой. Принцип работы, разновидности, плюсы и минусы метода.</p> <p>Дефекты формы, определения и их описание.</p> <p>Стратегия сканирования</p> <p>Технологии газовой атомизации (распыление расплава газом).</p> <p>Принцип работы, разновидности, плюсы и минусы метода.</p> <p>Механическая обработка в мельнице. Получение карбонильных порошков. Описание методов и их недостатки</p> <p>Разновидности пост-обработки изделий, полученных методами аддитивных технологий</p> <p>Металлические материалы, используемые в АТ и требования к ним.</p> <p>Дефекты поверхности, определения и их описание</p> <p>Комбинированные аддитивные технологии</p> <p>Процесс плазменной обработки металлических порошков.</p> <p>Поры и твердые включения, определения и их описание</p> <p>Технологии литья металлов с использованием синтез-моделей и синтез-форм</p> <p>Процесс лазерной обработки металлических порошков.</p> <p>Основные контролируемые параметры материалов и способы их контроля.</p> <p>Что такое слайсеры и для чего они нужны?</p> <p>Электроэрозионное диспергирование. Описание метода.</p> <p>Построение поддерживающих структур. Принципы применения.</p> <p>Что такое бионический дизайн, ее принципы и цели.</p> <p>Основные способы получения керамических порошков для АТ.</p> <p>Проблемы изготовления монолитных керамических изделий с высокой плотностью с помощью аддитивных технологий</p> <p>Стратегия сканирования</p> <p>Технология селективного электронно-лучевого сплавления</p> <p>Построение поддерживающих структур. Принципы применения.</p> <p>Классификация дефектов в изделиях, полученных методами аддитивных технологий</p> <p>Основные способы получения керамических порошков для АТ.</p> <p>Металлические материалы, используемые в АТ и требования к ним.</p> <p>Контроль качества изделий, полученных методами аддитивных технологий</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	Практическое занятие "Разновидности аддитивных технологий, основанные на использовании полимерных материалов"	ОПК-1-31	Изучение основных видов аддитивных технологий, связанных с использованием полимерных материалов для изготовления различных сложнопрофильных моделей.
P2	Практическое занятие "Особенности спекания полимеров в аддитивных технологиях"	ОПК-1-У1;ОПК-1-31	Изучение видов полимеров используемых в аддитивных технологиях, способы использования аддитивных технологиях и влияния состава полимеров на температуру подогрева и температуру экструдирования
P3	Практическое занятие "Выбор метода получения порошка в зависимости от материала и типа аддитивного процесса"	ОПК-4-У1;ОПК-4-32;ОПК-1-32	Изучение влияния метода получения порошка на свойства материала и выбор способа построения изделий по аддитивной технологии
P4	Практическое занятие "Проведение сравнительных исследований основных характеристик порошковых материалов, полученных по различным технологиям"	ОПК-1-32;ОПК-1-В2	Изучение различных технологий получения сферических порошков и их технологических свойств.
P5	Практическое занятие "Разновидности дефектов порошковых материалов и методы их контроля"	ОПК-1-31;ОПК-1-В2	Изучение видов дефектов материалов используемых в аддитивных технологиях
P6	Практическое занятие "Проведение сравнительных исследований основных характеристик порошковых материалов, полученных по различным технологиям распыления"	ОПК-1-32;ОПК-1-В2	Изучение различных технологий распыления материалов для получения сферических порошков и их технологических свойств.
P7	Практическое занятие "Программное обеспечение для создания 3D-моделей, основные форматы файлов"	ОПК-4-31;ОПК-1-В3	Изучение многообразия программного обеспечения для создания 3D-моделей, их преимущества и особенности

P8	Практическое занятие "Практические рекомендации по расположению деталей на плите построения, моделирование поддерживающих конструкции"	ОПК-4-31;ПК-2-В1	Изучение методов расположения деталей на плите построения, моделирование поддерживающих конструкции
P9	Практическое занятие "Оптимизация 3D-моделей изделий под конкретные виды аддитивных технологий"	ОПК-4-32;ОПК-4-31;ОПК-1-В1	Изучение особенностей каждого из видов аддитивных технологий и способов оптимизации модели для получения наилучшего результата
P10	Практическое занятие "Посещение производственных участков и ознакомление с различными типами аддитивных технологических процессов"	ОПК-4-31;ПК-2-31;ОПК-1-В3	Ознакомление с практическим применением аддитивных технологий на примере действующего производства
P11	Практическое занятие "Основные этапы аддитивного производства. Практические рекомендации по выбору типа оборудования для аддитивного производства"	ПК-2-В1;ПК-2-У1;ОПК-4-32	Изучение этапов аддитивного производства и выбор типа оборудования исходя из условий производства.
P12	Практическое занятие "Выбор метода получения изделия в зависимости от его характеристик и условий эксплуатации"	ОПК-4-32;ОПК-4-31;ОПК-1-У2;ПК-2-У1	Изучение методов получения изделий с использованием аддитивных машин в зависимости от характеристик изделия и условий его эксплуатации.
P13	Практическое занятие "Разновидности дефектов аддитивных изделий и методы их контроля"	ОПК-1-В2;ОПК-1-31	Изучение разновидностей дефектов, причины возникновения и методы контроля при аддитивном производстве.
P14	Практическое занятие "Выбор оптимального комплекса операций по пост - обработке изделий в зависимости от его характеристик и условий эксплуатации"	ПК-2-В1;ПК-2-32	Изучение способов пост-обработки и их влияние на свойства и структуру выращенных образцов.

P15	Практическое занятие "Доклады студентов на тему перспективных направлений развития аддитивных технологий" (6 часов)	ОПК-4-У1;ОПК-4-В1;ПК-2-31	<p>Темы докладов:</p> <p>Моделирование методом осаждения расплавленной нити (FDM-технология): схема процесса, технологические особенности, примеры использования технологии.</p> <p>FDM-технология: разновидности принтеров и материалов.</p> <p>Особенности лазерной стереолитографии (SLA – технология).</p> <p>Селективное лазерное спекание (SLS – технология).</p> <p>Изготовление трехмерных объектов методом ламинирования (LOM – технология).</p> <p>Технология нанесения связующего Binder Jetting.</p> <p>Технология многоструйного моделирования (MJM – технология).</p> <p>Особенности технологии PolyJet.</p> <p>Струйная технология 3D-печати (3DP – технология).</p> <p>Особенности технологии CLIP (continuous liquid interface production).</p> <p>Технологии и примеры изготовления полимерных мастер-моделей и литейных форм.</p> <p>Технологии и примеры изготовления песчаных литейных форм методом послойной печати.</p> <p>Примеры использования полимерных аддитивных технологий в медицине.</p> <p>Примеры использования неметаллических аддитивных технологий в строительстве.</p>
-----	---	---------------------------	--

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

Образец экзаменационного билета по дисциплине "Аддитивные технологии"

Национальный исследовательский технологический университет "МИСИС"

Институт технологий

Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий

Направление подготовки "Металлургия", 22.04.02

Аддитивные технологии

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №4

1. Получение порошков методом взрывающейся проволоки. Диспергирования расплава растворенным газом. Описание методов.
2. Причины возникновения дефектов в материалах для АТ. Классификация дефектов порошков и проволок
3. Технология селективного электронно-лучевого сплавления

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой, проф., д.т.н.

Е.А. Левашов

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

Методика оценки обучающегося на экзамене

Оценка «отлично» - обучающийся демонстрирует глубокие знания по программе дисциплины, может установить логические связи между свойствами исходных материалов, технологическими параметрами и свойствами готовых изделий (материалов), грамотно излагает материал при ответе.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает достаточно полные знания по программе дисциплины, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, четко излагает материал без существенных противоречий в информации.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает наличие знания по программе дисциплины, исправляет сделанные ошибки после уточняющих вопросов преподавателя.

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не знает основные теоретические положения по программе дисциплины, не может дать ответ на основной и/или дополнительный вопрос .

Оценка «не явка» – обучающийся на экзамен не явился.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
--	---------------------	----------	------------	-------------------

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Каменев С. В., Романенко К. С.	Технологии аддитивного производства: учебное пособие	Электронная библиотека	Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2017
Л1.2	Либенсон Г. А., Панов В. С.	Оборудование цехов порошковой металлургии: учеб. пособие для машиностроит. техникумов по спец. 'Порошковая металлургия и пр-во твердых сплавов'	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1983
Л1.3	Левашов Евгений Александрович, Рогачев Александр Сергеевич, Курбаткина Виктория Владимировна, др.	Перспективные материалы и технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 150100 - Металлургия	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2011
Л1.4	Либенсон Г. А., Лопатин В. Ю., Комарницкий Г. В.	Т.1: Производство металлических порошков	Электронная библиотека	, 2001
Л1.5	Либенсон Г. А., Лопатин В. Ю., Комарницкий Г. В.	Т.2: Формование и спекание	Электронная библиотека	, 2002
Л1.6	Левашов Евгений Александрович, Новиков А. В., Курбаткина Виктория Владимировна	Технология и свойства СВС-порошков, материалов и изделий: лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2007

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Волочко А. Т., Подболотов К. Б., Дятлова Е. М.	Огнеупорные и тугоплавкие керамические материалы: монография	Электронная библиотека	Минск: Белорусская наука, 2013
Л2.2	Нифталиев С. И., Кузнецова И. В.	Технология керамики: учебное пособие	Электронная библиотека	Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2014
Л2.3	Салахов А. М., Салахова Р. А.	Керамика: исследование сырья, структура, свойства: учебное пособие	Электронная библиотека	Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2013

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

Э1	Учебно-методическая литература для студентов	<a href="https://www.studmed.ru/">https://www.studmed.ru/</a>
Э2	Государственная публичная научно-техническая библиотека России	<a href="http://www.gpntb.ru/">http://www.gpntb.ru/</a>

#### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	КОМПАС-3D v17
П.2	Autodesk AutoCAD
П.3	Microsoft Office

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

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
------	------------	-----------

Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
К-107	Лаборатория	демонстрационное оборудование, в том числе доска учебная мультимедийный проектор, экран проекционный, гидравлический пресс ручной, гидравлический пресс с электроприводом, два оптических микроскопа, технические весы, аналитические весы, твердомеры (по Бринеллю и Виккерсу, две муфельные печи, шкаф вытяжной (2 секции), оборудование для определения физических технологических свойств порошков
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.
Читальный зал №4 (Б)		комплект учебной мебели на 20 рабочих мест, компьютеры с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
К-107	Лаборатория	демонстрационное оборудование, в том числе доска учебная мультимедийный проектор, экран проекционный, гидравлический пресс ручной, гидравлический пресс с электроприводом, два оптических микроскопа, технические весы, аналитические весы, твердомеры (по Бринеллю и Виккерсу, две муфельные печи, шкаф вытяжной (2 секции), оборудование для определения физических технологических свойств порошков

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Лекции и практические занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийным оборудованием, с использованием пакета Microsoft Office.