

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 16.11.2023 16:35:41

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)

# Порошковая металлургия и композиционные материалы

Закреплена за подразделением

Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий

Направление подготовки

00.06.00 Аспирантура

Профиль

Квалификация

**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 7

аудиторные занятия

34

самостоятельная работа

38

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	Неделя 20			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	34	34	34	34
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	38	38	38	38
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*к.т.н., доц., Лопатин Владимир Юрьевич*

Рабочая программа

### **Порошковая металлургия и композиционные материалы**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов) (приказ от 17.03.2022 г. № 2-22)

Составлена на основании учебного плана:

- 1.3.8 Физика конденсированного состояния
- 1.3.11 Физика полупроводников
- 1.4.2 Аналитическая химия
- 2.2.3 Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники
- 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы
- 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением
- 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов
- 2.6.2 Металлургия черных, цветных и редких металлов
- 2.6.3 Литейное производство
- 2.6.4 Обработка металлов давлением
- 2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы
- 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы
- 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии
- 2.6.12 Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
- 2.6.17 Материаловедение
- 2.8.3 Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр
- 2.8.6 Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
- 2.8.7 Теоретические основы проектирования горнотехнических систем
- 2.8.8 Геотехнология, горные машины
- 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых, АСП-22-4.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

- 1.3.8 Физика конденсированного состояния
- 1.3.11 Физика полупроводников
- 1.4.2 Аналитическая химия
- 2.2.3 Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники
- 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы
- 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением
- 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов
- 2.6.2 Металлургия черных, цветных и редких металлов
- 2.6.3 Литейное производство
- 2.6.4 Обработка металлов давлением
- 2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы
- 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы
- 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии
- 2.6.12 Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
- 2.6.17 Материаловедение
- 2.8.3 Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр
- 2.8.6 Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
- 2.8.7 Теоретические основы проектирования горнотехнических систем
- 2.8.8 Геотехнология, горные машины
- 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий**

Протокол от 28.03.2022 г., №12

Руководитель подразделения Левашов Евгений Александрович, д.т.н., профессор

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цели освоения дисциплины - Формирование у аспирантов знаний, умений и навыков по получению порошков металлов, сплавов и металлоподобных соединений для создания порошковых материалов и композитов с учетом эксплуатационных требований, предъявляемых к ним в различных отраслях техники. Обучение основам процессов формования и спекания для создания различных порошковых материалов, обучение выбору составов исходных порошков и технологий их консолидации с учетом требуемых свойств порошковых материалов для их конкретного применения. Обучение основам выбора матриц и упрочняющих элементов композиционных материалов, познакомить с основными методами контроля свойств композитов. Ознакомление с основами математического планирования экспериментов.
-----	---

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		2.1.3
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	3D-моделирование машин, агрегатов и процессов	
2.1.2	Биоматериаловедение	
2.1.3	Высокотемпературные и сверхтвердые материалы	
2.1.4	Геолого-маркшейдерское обеспечение горных работ	
2.1.5	Геотехнологии освоения месторождений полезных ископаемых	
2.1.6	Диагностика, экспертиза и коррозионный мониторинг состояния металлических материалов	
2.1.7	Инновационные конструкционные материалы	
2.1.8	Инновационные литейные технологии	
2.1.9	Инновационные технологии и конструкции оборудования для производства труб, деталей и специальных изделий	
2.1.10	Композиционные наноматериалы	
2.1.11	Компьютерное моделирование в задачах геомеханики, геоконтроля и разрушения горных пород	
2.1.12	Компьютерное моделирование в задачах геомеханики, геоконтроля и разрушения горных пород	
2.1.13	Логистика и экодизайн технологий черной металлургии	
2.1.14	Материаловедение и технологии материалов электроники	
2.1.15	Материаловедение функциональных материалов	
2.1.16	Металловедение и технологии легких сплавов	
2.1.17	Методология проектирования горных предприятий	
2.1.18	Механика подземных сооружений	
2.1.19	Обеспечение безопасного применения электроэнергии на предприятиях минерально-сырьевого комплекса	
2.1.20	Оптика и физика лазеров	
2.1.21	Организация и обеспечение качества аналитического контроля	
2.1.22	Порошковые, композиционные, аддитивные материалы и покрытия	
2.1.23	Приборы твердотельной электроники и микроэлектроники	
2.1.24	Проблемы надежности горных машин и оборудования	
2.1.25	Процессы и технологии обогащения и глубокой переработки минерального сырья	
2.1.26	Ресурсосбережение и комплексное использование сырья в металлургии цветных, редких и благородных металлов	
2.1.27	Строительная геотехнология	
2.1.28	Теоретические исследования и моделирование перспективных сталеплавильных и ферросплавных процессов	
2.1.29	Теоретические основы и средства компьютерного моделирования процессов ОМД	
2.1.30	Теория и практика решения металлургических задач	
2.1.31	Термохимия материалов и термодинамическое моделирование	
2.1.32	Технологические основы получения материалов макро-, микро- и наноэлектроники	
2.1.33	Физика конденсированного состояния	
2.1.34	Физика конденсированного состояния и квантовые технологии	
2.1.35	Физика конденсированного состояния функциональных материалов	
2.1.36	Физика наноразмерных материалов и структур	
2.1.37	Физика полупроводников и диэлектриков	
2.1.38	Физико-технологические основы получения материалов и элементов макро-, микро- и наноэлектроники	
2.1.39	Физико-химия наноматериалов	
2.1.40	Физико-химия процессов и материалов	
2.1.41	Химия и технология переработки твердых горючих ископаемых	

2.1.42	Академическое письмо
2.1.43	Иностранный язык
2.1.44	История и философия науки
2.1.45	Физико-химические и химические процессы обогащения и переработки полезных ископаемых и техногенного сырья
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.2	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.3	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.4	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.5	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.6	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.7	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.8	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.9	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.10	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.11	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.12	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.13	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.14	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.15	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.16	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.17	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.18	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.19	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.20	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.21	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.22	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.23	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.24	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.25	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.26	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.27	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.28	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.29	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.30	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.31	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.32	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.33	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.34	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.35	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.36	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.37	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.38	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.39	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.40	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.41	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
2.2.42	Подготовка к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

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

**А-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата**

**Знать:**

A-2-31 Основные принципы планирования многофакторных экспериментов.
<b>A-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты</b>
<b>Знать:</b>
A-3-31 Основные закономерности процессов получения металлических и оксидных материалов в порошкообразном состоянии.
A-3-32 Основные закономерности процессов консолидации металлических и оксидных порошкообразных материалов.
<b>A-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b>
<b>Знать:</b>
A-1-32 Пути достижения требуемых свойств композиционных материалов различного назначения.
A-1-31 Основные направления развития порошковых и композиционных материалов и области их применения в технике.
<b>A-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты</b>
<b>Уметь:</b>
A-3-У1 Применять знания по основным закономерностям получения материалов в порошкообразном состоянии и их консолидации при разработке перспективных материалов и изделий.
<b>A-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b>
<b>Уметь:</b>
A-1-У2 Осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и обработке материалов.
A-1-У1 Прогнозировать дальнейшее применение результатов, полученных в ходе исследований.
<b>A-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата</b>
<b>Уметь:</b>
A-2-У1 Анализировать результаты, полученные в ходе экспериментов по получению материалов в порошкообразном состоянии и их консолидации.
<b>A-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты</b>
<b>Владеть:</b>
A-3-В1 Методами статистической обработки экспериментальных данных и построения математических моделей.
<b>A-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b>
<b>Владеть:</b>
A-1-В1 Навыками поиска научно-технической информации в различных источниках.
<b>A-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата</b>
<b>Владеть:</b>
A-2-В1 Методиками составления планов многофакторных экспериментов.

#### 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. Теоретические основы получения металлических и оксидных материалов в порошкообразном состоянии</b>							

1.1	Теоретические основы получения порошкообразных металлических и оксидных материалов механическими методами /Лек/	7	2	A-3-31	Л1.3 Э1 Э2			
1.2	Теоретические основы получения порошкообразных металлических и оксидных материалов физико-химическими методами /Лек/	7	2	A-3-31 A-1-31	Л1.3 Э1 Э2			
1.3	Основные области применения порошковых и композиционных материалов в технике. Перспективы развития этих материалов. /Пр/	7	2	A-3-У1 A-1-31	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2			P1
1.4	Основные принципы планирования многофакторного эксперимента. Статистическая обработка экспериментальных данных. Построение простых регрессионных моделей. /Пр/	7	2	A-2-31 A-2-У1 A-2-В1 A-1-У1	Л1.7Л2.4 Э1 Э2			P2
1.5	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе №1. /Ср/	7	10	A-1-В1 A-3-31 A-1-У1 A-1-31 A-3-У1 A-3-В1 A-2-31 A-2-У1 A-2-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.7 Л1.8Л2.4 Э1 Э2 Э3			
	<b>Раздел 2. Теоретические основы консолидации порошкообразных металлических и оксидных материалов</b>							
2.1	Теоретические основы формования порошкообразных материалов с приложением давления в статическом и динамическом режимах /Лек/	7	2	A-3-32 A-1-31	Л1.4Л2.7 Э1 Э2			
2.2	Теоретические основы твердо- и жидкофазного спекания порошковых одно- и многокомпонентных формовок /Лек/	7	3	A-3-32 A-1-31	Л1.4Л2.5 Л2.6 Э1 Э2			
2.3	Применение различных методов формования при получении порошковых материалов /Пр/	7	2	A-3-У1 A-3-32	Л1.4Л2.7 Э1 Э2			P3
2.4	Применение твердо- и жидкофазного спекания при получении порошковых материалов. Контрольная работа №1. /Пр/	7	2	A-3-32 A-1-31 A-3-У1 A-2-У1 A-3-31	Л1.2 Л1.4Л2.5 Л2.6 Э1 Э2		КМ1	P4
2.5	Основные свойства порошковых материалов (по классам) /Пр/	7	1	A-1-31 A-3-32	Л1.1 Л1.2 Э1 Э2			P5

2.6	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе №1. /Ср/	7	10	A-3-31 A-3-32 A-3-У1 A-1-31 A-1-B1 A-1-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.5 Л2.6 Л2.7 Э1 Э2 Э3			
	<b>Раздел 3. Порошковые и волокнистые композиционные материалы</b>							
3.1	Цели и задачи создания композиционных материалов. Классификация композиционных материалов. Теоретические основы конструирования композиционных материалов. Методы контроля свойств композиционных материалов /Лек/	7	2	A-1-32 A-1-31	Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2			
3.2	Межфазное взаимодействие в композиционных материалах. Методы получения и свойства армирующих материалов. Металлические матрицы композиционных материалов /Лек/	7	3	A-1-32 A-1-31	Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2			
3.3	Технология и свойства металломатричных композиционных материалов. Эвтектические композиционные материалы. Контрольная работа №2. /Лек/	7	3	A-1-32 A-1-У2 A-3-32 A-3-У1 A-2-У1 A-1-31	Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2		КМ2	
3.4	Прочность композиционных материалов, армированных непрерывными и дискретными волокнами. Определение оптимальной объемной доли волокон. Методы определения механических свойств армированных композитов. /Пр/	7	2	A-3-У1 A-1-У2 A-1-31	Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2			Р6
3.5	Свойства армирующих материалов. Анализ матриц на основе на основе алюминия, магния, титана, меди и тугоплавких металлов /Пр/	7	2	A-1-32 A-1-У2	Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2			Р7
3.6	Композиционные материалы на основе алюминия: технология получения, свойства и применение /Пр/	7	2	A-1-31 A-1-32 A-1-У2	Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Э1 Э2			Р8
3.7	Композиционные материалы на основе титана: технологии получения, свойства и применение /Пр/	7	2	A-1-31 A-1-32 A-1-У2	Л1.5 Л1.6 Э1 Э2			Р9

3.8	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе №2 /Ср/	7	18	A-1-31 A-1-32 A-1-У2 A-1-B1	Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 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	Контрольная работа №1 "Теоретические основы получения порошкообразных материалов и их консолидации"	A-3-31;A-3-32;A-3-У1;A-1-31;A-2-У1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Преимущества и недостатки метода порошковой металлургии</li> <li>2. Классификация методов получения порошкообразных материалов</li> <li>3. Классификация методов формования порошкообразных материалов</li> <li>4. Классификация методов спекания сформованных порошковых материалов.</li> <li>5. Общие принципы получения металлических и оксидных порошков измельчением твердых веществ</li> <li>6. Общие принципы получения металлических и оксидных порошков диспергированием расплавов</li> <li>7. Физико-химические основы получения порошков восстановлением химических соединений</li> <li>8. Физико-химические основы получения порошков электролизом растворов и расплавов</li> <li>9. Физико-химические основы получения порошков карбонильным методом</li> <li>10. Физико-химические основы получения порошков испарением-конденсацией</li> <li>11. Основные особенности прессования порошков</li> <li>12. Основные преимущества и недостатки методов формования порошков (кроме прессования)</li> <li>13. Термодинамические предпосылки и движущие силы твердофазного спекания однокомпонентных порошковых материалов</li> <li>14. Механизмы массопереноса при спекании однокомпонентных порошковых материалов</li> <li>15. Особенности твердофазного спекания многокомпонентных порошковых материалов</li> <li>16. Особенности жидкофазного спекания порошковых материалов</li> <li>17. Основные эксплуатационные свойства порошковых материалов (по классам)</li> </ol>

КМ2	Контрольная работа №2	А-3-32;А-3-У1;А-2-У1;А-1-31;А-1-32;А-1-У2	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Классификация композиционных материалов по материалу матрицы</li><li>2. Классификация композиционных материалов по типу армирующих составляющих и их ориентации</li><li>3. Классификация композиционных материалов по назначению</li><li>4. Основные требования, предъявляемые к композиционным материалам</li><li>5. Использование закона Гука в технологиях композиционных материалов</li><li>6. Методика определения оптимальной объемной доли армирующих волокон</li><li>7. Методика расчета удельной прочности композита</li><li>8. Понятие критической длины волокна и факторы, влияющие на нее</li><li>9. Формирование и развитие трещин в композиционных материалах</li><li>10. Методика оценки прочности композитов на сжатие</li><li>11. Основные методы определения механических свойств армированных композитов</li><li>12. Принципа Кавальери</li><li>13. Основные материалы, используемые в качестве матриц композиционных материалов</li><li>14. Основные материалы, используемые в качестве упрочняющих волокон</li><li>15. Основные материалы и соединения, используемые в качестве дисперсных упрочнителей</li></ol>
-----	-----------------------	---	---

КМЗ	Экзамен	А-3-31;А-3-32;А-3-У1;А-2-У1;А-1-31;А-1-32;А-1-У2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Преимущества и недостатки метода порошковой металлургии</li> <li>2. Классификация методов получения порошкообразных материалов</li> <li>3. Классификация методов формования порошкообразных материалов</li> <li>4. Классификация методов спекания сформованных порошковых материалов.</li> <li>5. Получение металлических и оксидных порошков измельчением твердых веществ</li> <li>6. Получение металлических и оксидных порошков диспергированием расплавов</li> <li>7. Получение порошков восстановлением химических соединений</li> <li>8. Получение порошков электролизом растворов и расплавов</li> <li>9. Получение порошков карбонильным методом</li> <li>10. Получение порошков испарением-конденсацией</li> <li>11. Преимущества, недостатки и основные особенности прессования как способа формования порошков</li> <li>12. Основные преимущества и недостатки методов формования порошков (кроме прессования)</li> <li>13. Термодинамические предпосылки и движущие силы твердофазного спекания однокомпонентных порошковых материалов</li> <li>14. Механизмы массопереноса при спекании однокомпонентных порошковых материалов</li> <li>15. Особенности спекания многокомпонентных порошковых материалов в твердом состоянии</li> <li>16. Особенности жидкофазного спекания порошковых материалов</li> <li>17. Основные эксплуатационные свойства порошковых материалов (по классам)</li> <li>18. Классификация композиционных материалов по материалу матрицы</li> <li>19. Классификация композиционных материалов по типу армирующих составляющих и их ориентации</li> <li>20. Классификация композиционных материалов по назначению</li> <li>21. Основные требования, предъявляемые к композитам</li> <li>22. Закон Гука в технологиях композиционных материалов</li> <li>23. Определение оптимальной объемной доли армирующих волокон</li> <li>24. Расчет удельной прочности композита</li> <li>25. Критическая длина волокна и факторы, влияющие на нее</li> <li>26. Формирование и развитие трещин в композиционных материалах</li> <li>27. Оценка прочности композитов на сжатие</li> <li>28. Основные методы определения механических свойств армированных композитов</li> <li>29. Принцип Кавальери</li> <li>30. Основные материалы, используемые для матриц композиционных материалов</li> <li>31. Основные материал для упрочняющих волокон</li> <li>32. Основные материалы и соединения, используемые в качестве дисперсных упрочнителей</li> </ol>
-----	---------	--	--

**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	Практическое занятие "Основные области применения порошковых и композиционных материалов в технике. Перспективы развития этих материалов."	А-3-У1;А-1-31	Ознакомление с основными классами порошковых материалов, применяемых в современной технике. Изучение основных отличий порошковых материалов от материалов, получаемых по другим технологиям. Оценка перспектив применения существующих и перспективных порошковых материалов в технике.

P2	Практическое занятие "Основные принципы планирования многофакторного эксперимента. Статистическая обработка экспериментальных данных. Построение простых регрессионных моделей."	A-2-31;A-2-У1;A-2-В1;A-1-У1	Изучение основных принципов планирования многофакторного эксперимента и построения регрессионных моделей неполного второго порядка на примере плана полного факторного эксперимента $2^3$ .
P3	Практическое занятие "Применение различных методов формования при получении порошковых материалов"	A-3-У1;A-3-32	Изучение классификации методов формования порошкообразных материалов и особенностей их применения для получения порошковых изделий. Оценка ограничений различных методов формования.
P4	Практическое занятие "Применение твердо- и жидкофазного спекания при получении порошковых материалов."	A-3-32;A-3-У1;A-1-31;A-2-У1	Изучение особенностей твердо- и жидкофазного спекания порошковых материалов. Применение разных видов спекания для получения порошковых материалов различного назначения. Ограничения технологий получения порошковых материалов, связанных с операцией спекания.
P5	Основные свойства порошковых материалов (по классам)	A-1-31;A-3-32	Классификация свойств порошковых материалов по диаграмме Бальшина-Хюттига. Виды зависимостей свойств порошковых материалов от пористости.
P6	Практическое занятие "Прочность композиционных материалов, армированных непрерывными и дискретными волокнами. Определение оптимальной объемной доли волокон. Методы определения механических свойств армированных композитов."	A-3-У1;A-1-У1;A-1-31	Изучение основных принципов расчета прочности КМ. Расчет прочности при армировании непрерывными волокнами. Расчет прочности дискретными волокнами. Расчет прочности пучка волокон. Изучение принципа определения оптимальной объемной доли волокон.
P7	Практическое занятие "Свойства армирующих материалов. Анализ матриц на основе алюминия, магния, титана, меди и тугоплавких металлов"	A-1-32;A-1-У2	Ознакомление с основными классами армирующих материалов применяемых для создания КМ. Оценка перспектив применения существующих армирующих материалов для создания различных видов КМ. Оценка свойств порошковых, литых и деформируемых металлических матриц, оценка их свойств.

P8	Практическое занятие "Композиционные материалы на основе алюминия: технология получения, свойства и применение"	A-1-31;A-1-32;A-1-У2	Ознакомление с основными технологиями получения композиционных материалов на основе алюминия и его сплавов при введении различных видов армирующих составляющих.
P9	Практическое занятие "Композиционные материалы на основе титана: технологии получения, свойства и применение"	A-1-31;A-1-32;A-1-У2	Ознакомление с основными технологиями получения композиционных материалов на основе титана и его сплавов при введении различных видов армирующих составляющих.

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

Образец экзаменационного билета по дисциплине "Порошковая металлургия и композиционные материалы"

Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС"  
Институт экотехнологий и инжиниринга

Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий

Порошковая металлургия и композиционные материалы

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №3

1. Получение металлических и оксидных порошков измельчением твердых веществ.
2. Механизмы массопереноса при спекании однокомпонентных порошковых материалов.
3. Формирование и развитие трещин в композиционных материалах.

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 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 показывает глубокие знания в объеме программы дисциплины, уверенно устанавливает логические связи между отдельными разделами дисциплины, грамотно и непротиворечиво излагает материал при ответе, знает источники дополнительной информации.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов и установлении логических связей между отдельными разделами дисциплины, четко излагает материал без существенных противоречий в информации.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, исправляет допущенные ошибки после уточняющих вопросов преподавателя, знает основные и дополнительные источники информации по программе дисциплины.

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не способен установить логические связи между разделами дисциплины, не может дать ответ на основной и/или дополнительный вопрос .

Оценка «неявка» – 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
ЛП.1	Либенсон Г. А.	Основы порошковой металлургии	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1987

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.2	Либенсон Г. А.	Производство спеченных изделий: Учебник для машиностроит. техникумов по спец. 'Порошковая металлургия'	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1982
Л1.3	Либенсон Г. А., Лопатин В. Ю., Комарницкий Г. В.	Т.1: Производство металлических порошков	Электронная библиотека	, 2001
Л1.4	Либенсон Г. А., Лопатин В. Ю., Комарницкий Г. В.	Т.2: Формование и спекание	Электронная библиотека	, 2002
Л1.5	Костиков Валерий Иванович	Физико-химические основы технологии композиционных материалов. Теоретические основы процессов создания композиционных материалов: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 150100 - Металлургия	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2011
Л1.6	Костиков Валерий Иванович	Физико-химические основы технологии композиционных материалов: директивная технология композиционных материалов: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 150100 - Металлургия	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2011
Л1.7	Лопатин Владимир Юрьевич	Математическое планирование эксперимента: Ч.1: Выбор факторов и параметра оптимизации. Планы первого порядка: Курс лекций для студ. спец. 1108	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1999
Л1.8	Лопатин Владимир Юрьевич, Шуменко Владимир Николаевич	Организация эксперимента. Планы второго порядка и исследование области оптимума: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2011

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Варенков Анатолий Николаевич, Костиков Валерий Иванович, Комарова Наталья Михайловна	Физико-химия и технология армированных композиционных материалов на основе металлических матриц: Разд.: Физико-химия, технология и свойства композитов системы углерод-алюминий с использованием дисперсноупрочненных и дисперсионно-твердующих сплавов алюминия. Структурная повреждаемость углеалюминиевых композитов: Учеб. пособие для студ. спец. 070800: Ч.2	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1999

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.2	Варенков Анатолий Николаевич	Физико-химия и технология армированных композиционных материалов на основе металлических матриц: Разд.: Углеалюминиевые композиционные материалы: Учеб. пособие для студ. спец. 070800 'Физ.-хим. методы исслед. процессов и материалов'	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1997
Л2.3	Варенков Анатолий Николаевич, Костиков Валерий Иванович	Физико-химия и технология углеалюминиевых композиционных материалов: Разд.: Теория и процессы межфазного взаимодействия углеродных материалов с металлами и сплавами в композитах: Учеб. пособие для студ. спец. 070800	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1998
Л2.4	Лопатин Владимир Юрьевич	Организация и планирование эксперимента: Ч.2: Учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1999
Л2.5	Аникин Вячеслав Николаевич, Блинков Игорь Викторович, Челноков Валентин Сергеевич, др.	Теоретические основы спекания порошков. Механизмы припекания сферических тел: курс лекций	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2013
Л2.6	Аникин Вячеслав Николаевич, Блинков Игорь Викторович, Челноков Валентин Сергеевич, др.	Теоретические основы спекания порошков. Кинетика спекания реальных материалов: курс лекций: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 'Металлургия'	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2014
Л2.7	Жадан В. Т., Осадчий В. А.	Исследование процесса горячего изостатического прессования порошковых материалов	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 1989

#### 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>
Э3	Сайт Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности»	<a href="https://www1.fips.ru">https://www1.fips.ru</a>

#### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
П.2	MS Teams
П.3	WinRAR
П.4	Microsoft PowerPoint
П.5	Microsoft Excel

#### 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, ПКс 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

--