

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 30.01.2023 16:41:18

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля) Получение металлических порошков

Закреплена за подразделением

Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий

Направление подготовки

22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Порошковые и аддитивные технологии синтеза функциональных материалов и покрытий

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 1

аудиторные занятия

64

самостоятельная работа

44

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	1 (1.1)		Итого	
	УП	РП		
Неделя	18		УП	РП
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	16	16	16	16
Лабораторные	16	16	16	16
Практические	32	32	32	32
Итого ауд.	64	64	64	64
Контактная работа	64	64	64	64
Сам. работа	44	44	44	44
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

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

Рабочая программа

**Получение металлических порошков**

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 Metallургия, 22.04.02-ММТ-22-4.plx Порошковые и аддитивные технологии синтеза функциональных материалов и покрытий, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.02 Metallургия, Порошковые и аддитивные технологии синтеза функциональных материалов и покрытий, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО 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 Е.А.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цели освоения дисциплины - Формирование у студентов знаний, умений и навыков в области получения порошков металлов, сплавов и металлоподобных соединений для создания порошковых материалов для различных отраслей техники с учетом эксплуатационных требований, предъявляемых к материалам, и имеющихся в распоряжении производственных ресурсов.
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.О
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Методы аттестации наноструктурных поверхностей	
2.2.2	Научно-исследовательская практика	
2.2.3	Порошковые конструкционные материалы общемашиностроительного и специального назначения	
2.2.4	Процессы СВС как основы синтеза неорганических материалов	
2.2.5	Современные методы металлургии, машиностроения и материаловедения	
2.2.6	Теоретические основы прессования и спекания	
2.2.7	Защита интеллектуальной собственности	
2.2.8	Материаловедение в аддитивных технологиях	
2.2.9	Научные и технологические принципы нанесения покрытий методами физического и химического осаждения	
2.2.10	Обеспечение единства измерения трибологических и механических свойств	
2.2.11	Порошковые материалы с особыми свойствами	
2.2.12	Современные методы формования порошковых материалов	
2.2.13	Теоретические основы получения наноструктурных поверхностей	
2.2.14	Теоретические основы прочности твердых сплавов	
2.2.15	Технология получения неорганических материалов методами СВС и их применение	
2.2.16	Физико-химия композиционных материалов	
2.2.17	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.18	Преддипломная практика	

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

<b>ПК-3: Способен анализировать результаты эксперимента, выбирать методы исследований, формировать новые направления исследований, определять сферы применения результатов исследований</b>
<b>Знать:</b>
ПК-3-32 области применения порошков металлов, сплавов и металлоподобных соединений
<b>ПК-4: Способен разрабатывать технологические процессы получения порошков, порошковых, композиционных материалов, покрытий и управлять ими, проводить их анализ для выбора мер и средств управления качеством продукции</b>
<b>Знать:</b>
ПК-4-31 последовательности технологических операций получения порошков металлов, сплавов и металлоподобных соединений
<b>ПК-3: Способен анализировать результаты эксперимента, выбирать методы исследований, формировать новые направления исследований, определять сферы применения результатов исследований</b>
<b>Знать:</b>
ПК-3-31 методы статистической обработки результатов эксперимента
<b>ОПК-2: Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы в условиях неопределенности и альтернативных решений в междисциплинарных областях</b>
<b>Знать:</b>
ОПК-2-31 общую последовательность технологических операций получения спеченных изделий из порошков металлов, сплавов и металлоподобных соединений

<b>ПК-4: Способен разрабатывать технологические процессы получения порошков, порошковых, композиционных материалов, покрытий и управлять ими, проводить их анализ для выбора мер и средств управления качеством продукции</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-4-У1 оценивать возможности основных аппаратов для получения порошков металлов, сплавов и металлоподобных соединений
<b>ОПК-2: Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии, проектировать и разрабатывать продукцию, процессы и системы в условиях неопределенности и альтернативных решений в междисциплинарных областях</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-2-У1 выбирать технологии получения порошков металлов, сплавов и металлоподобных соединений с заданными химическими, физическими и технологическими свойствами
<b>ПК-3: Способен анализировать результаты эксперимента, выбирать методы исследований, формировать новые направления исследований, определять сферы применения результатов исследований</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-3-У1 применять методы математической статистики для обработки результатов эксперимента
<b>Владеть:</b>
ПК-3-В1 методами оценки свойств порошков металлов, сплавов и металлоподобных соединений

#### 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. Общие сведения о порошковой металлургии</b>							
1.1	Общая характеристика метода порошковой металлургии. Ее преимущества и недостатки. /Лек/	1	2	ОПК-2-31 ПК-3-32	Л1.3 Э2			
1.2	Обобщенная технологическая схема порошковой металлургии. /Пр/	1	2	ОПК-2-31 ПК-3-32 ПК-4-31	Л1.3 Э2			P1
1.3	Подготовка к практическим занятиям /Ср/	1	4	ОПК-2-31 ПК-4-31	Л1.2 Л1.3 Э2			
	<b>Раздел 2. Получение металлических порошков измельчением твердых материалов</b>							
2.1	Получение металлических порошков измельчением твердых материалов в различных мельницах и дробилках /Лек/	1	2	ОПК-2-У1 ПК-3-32 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.3 Э1 Э2			
2.2	Факторы, влияющие на размол в шаровой вращающейся мельнице. Расчет загрузки ШВМ. Получение металлических порошков размолем в вибрационной и планетарной мельницах. Получение металлических порошков в вихревых и струйных мельницах. Измельчение твердых материалов в дробилках  /Пр/	1	8	ОПК-2-У1 ПК-3-32 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.3 Э1 Э2			P2,P3,P4,P5

2.3	Получение металлических порошков размолотом в шаровой мельнице. Получение металлических порошков размолотом в вибрационной мельнице /Лаб/	1	8	ОПК-2-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.3Л2.1 Э1 Э2	Лабораторные работы №1 и №2		P17,P18
2.4	Подготовка к лабораторным, практическим занятиям и контрольной работе №1 /Ср/	1	8	ОПК-2-У1 ПК-3-32 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2			
	<b>Раздел 3. Получение металлических порошков диспергированием расплавов</b>							
3.1	Общие сведения о получении металлических порошков диспергированием расплавов. Механизм разрушения струи потоком газа. Диспергирование жидких металлов водой. Общая характеристика механических методов диспергирования расплавов. Контрольная работа №1 "Методы получения металлических порошков механическими методами". /Лек/	1	4	ОПК-2-У1 ПК-3-32 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.3 Э1 Э2		КМ1	
3.2	Получение порошков железа диспергированием воздухом и водой. Получение порошков алюминия и его сплавов диспергированием газом. Получение металлических порошков центробежными методами диспергирования расплавов. Получение металлов высокоскоростным затвердеванием расплава и бесконтактными методами. /Пр/	1	8	ОПК-2-У1 ПК-3-32 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.3 Э1 Э2			P6,P7,P8,P9
3.3	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе №1 /Ср/	1	8	ОПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1 Э2			
	<b>Раздел 4. Получение металлических порошков восстановлением твердых и газообразных соединений, восстановлением в растворах</b>							

4.1	Общие положения восстановления соединений металлов. Адсорбционно-автокаталитическая теория восстановления. Особенности металлотермического восстановления химических соединений. Контрольная работа №2 "Методы получения металлических порошков восстановлением химических соединений" /Лек/	1	4	ОПК-2-У1 ПК-3-32 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1 Э2		КМ2	
4.2	Получение порошков железа восстановлением водородом и углеродом. Получение порошков вольфрама и молибдена восстановлением водородом. Получение порошков титана, циркония, тантала и ниобия металлотермическим восстановлением. Получение порошков металлов восстановлением в растворах. Получение порошков тугоплавких металлов восстановлением газообразных соединений газами. Восстановление в плазме /Пр/	1	8	ОПК-2-У1 ПК-3-32 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1 Э2			P10,P11, P12,P13
4.3	Получение железного порошка восстановлением оксида железа твердым углеродом. Получение медного порошка восстановлением оксида меди водородом. /Лаб/	1	8	ОПК-2-У1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2	Лабораторные работы №3 и №4		
4.4	Подготовка к лабораторным и практическим занятиям и контрольной работе №2 /Ср/	1	14	ОПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Э1 Э2			
	<b>Раздел 5. Получение металлических порошков электролизом</b>							
5.1	Теоретические основы электролитического выделения металлов в порошкообразном состоянии /Лек/	1	2	ОПК-2-У1 ПК-3-32 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1 Э2			
5.2	Получение порошков меди, никеля и железа электролизом растворов. Получение порошков тугоплавких металлов и железа электролизом расплавов. /Пр/	1	4	ОПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1 Э2			P14,P15
5.3	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе №3 /Ср/	1	4	ОПК-2-У1 ПК-3-32 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1 Э2			

	<b>Раздел 6. Получение металлических порошков термической диссоциацией химических соединений. Получение порошков металлоподобных соединений. Прочие методы получения порошков.</b>							
6.1	Теоретические основы синтеза и разложения карбонильных соединений металлов. Общие принципы получения порошков металлоподобных соединений. Контрольная работа №3 "Получение металлических порошков электролизом и термической диссоциацией химических соединений" /Лек/	1	2	ОПК-2-У1 ПК-3-32 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Э1 Э2		КМ3	
6.2	Получение порошков никеля и железа карбонильным методом. Получение порошков методом испарения-конденсации и термодиффузионного насыщения. Получение порошков карбидов, боридов, нитридов и силицидов металлов. /Пр/	1	2	ОПК-2-У1 ПК-3-32 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.3 Э1 Э2			Р16
6.3	Подготовка к практическим занятиями контрольной работе №3 /Ср/	1	6	ОПК-2-У1 ПК-3-32 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.3 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 "Методы получения металлических порошков механическими методами"	ОПК-2-У1;ПК-3-32;ПК-4-31;ПК-4-У1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Классификация методов получения порошков.</li> <li>2. Общие сведения о размоле твердых материалов в шаровых вращающихся мельницах. Классификация мельниц по их конструкции.</li> <li>3. Виды воздействия на материал, измельчаемый в шаровых вращающихся мельницах. Режимы работы шаровой мельницы и их особенности.</li> <li>4. Факторы, влияющие на результаты размола в шаровых вращающихся мельницах.</li> <li>5. Преимущества и недостатки использования жидкости при размоле в ШВМ.</li> <li>6. Размол в атриторах и его отличие от размола в ШВМ. Размол в вибрационных мельницах.</li> <li>7. Размол в планетарных, вихревых и струйных мельницах.</li> <li>8. Измельчение твердых веществ в дробилках: щековые и молотковые дробилки. Особенности конструкции, виды воздействия на обрабатываемый материал.</li> <li>9. Измельчение твердых веществ в валковых и конусных инерционных дробилках. Особенности конструкции и виды воздействия на обрабатываемый материал.</li> <li>10. Диспергирование расплавов как метод получения металлических порошков. Классификация процессов. Преимущества и недостатки диспергирования.</li> <li>11. Разрушение струи жидкости при диспергировании расплавов газовыми потоками с различными скоростями.</li> <li>12. Факторы, влияющие на результаты диспергирования расплавов энергоносителем. Особенности формообразования при диспергировании газами.</li> <li>13. Диспергирование расплавов водой.</li> <li>14. Конструкция узла распыления установок для диспергирования энергоносителем. Особенности применения вертикальных и горизонтальных распылительных камер.</li> <li>15. Технологии получения железных порошков по RZ-процессу (БЗПМ, "Северсталь").</li> <li>16. Технологии получения железных порошков по WP-процессу (БЗПМ, СМЗ). Сравнение с технологией компании "Хёганес".</li> <li>17. Получение распыленных алюминиевых порошков.</li> <li>18. Диспергирование расплавов крыльчаткой, центробежными методами диспергирования, методом вибрирующей проволоки.</li> <li>19. Высокоскоростное затвердевание расплавов как способ получения порошков и волокон.</li> <li>20. Получение порошков бесконтактным диспергированием расплавов.</li> </ol>
-----	---	----------------------------------	--



КМ2	Контрольная работа №2 "Методы получения металлических порошков восстановлением химических соединений"	ОПК-2-У1;ПК-3-32;ПК-4-У1;ПК-4-31	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Основные физико-химические принципы восстановления химических соединений.</li><li>2. Адсорбционно-автокаталитическая теория восстановления (на примере восстановления оксидов металлов водородом).</li><li>3. Виды газообразных восстановителей и методы их получения.</li><li>4. Твердые углеродсодержащие восстановители. Металлы-восстановители.</li><li>5. Физико-химические основы получение железного порошка восстановлением его оксидов водородом.</li><li>6. Практика получения железного порошка восстановлением оксидов водородом.</li><li>7. Физико-химические основы получения железного порошка восстановлением его оксидов твердыми углеродсодержащими восстановителями.</li><li>8. Получение железного порошка восстановлением твердыми углеродсодержащими восстановителями по технологии Högans и СМЗ.</li><li>9. Получение железного порошка комбинированным восстановлением на примере БЗПМ и ДАЗ.</li><li>10. Повышение качества железных порошков.</li><li>11. Физико-химические основы получения порошка вольфрама восстановлением его оксидов водородом.</li><li>12. Практика получения порошка вольфрама восстановлением водородом его оксидов.</li><li>13. Физико-химические основы и практика получения порошка вольфрама восстановлением его оксида углеродом.</li><li>14. Получение порошка молибдена восстановлением его оксидов.</li><li>15. Физико-химические основы металлотермического восстановления соединений металлов.</li><li>16. Получение порошка титана металлотермическим восстановлением его соединений кальцием, гидридом кальция и натрием.</li><li>17. Получение порошков тантала и ниобия металлотермическим восстановлением их соединений.</li><li>18. Физико-химические основы получения порошков восстановлением соединений металлов в растворах.</li><li>19. Технология автоклавных порошков меди, никеля, кобальта.</li><li>20. Физико-химические основы и практика получения металлических порошков цементацией.</li><li>21. Получение металлических порошков восстановлением газообразных соединений тугоплавких металлов. Восстановление в плазме.</li></ol>
-----	---	----------------------------------	--

КМЗ	Контрольная работа №3 "Получение металлических электролизом и термической диссоциацией химических соединений"		<ol style="list-style-type: none"><li>1. Преимущества и недостатки электролиза как способа получения металлов, в том числе и в порошкообразном состоянии. Типы получаемых осадков.</li><li>2. Факторы, влияющие на типы осадков и их свойства.</li><li>3. Основные положения теории электролитического получения порошков металлов.</li><li>4. Получение электролитических порошков меди.</li><li>5. Получение электролитических порошков никеля.</li><li>6. Получение металлических порошков электролизом расплавленных сред. Общие положения. Факторы, влияющие на результат электролиза.</li><li>7. Получение электролитических порошков тантала и ниобия.</li><li>8. Технология получения электролитических порошков титана и циркония.</li><li>9. Технология получения порошков железа электролизом расплавов.</li><li>10. Физико-химические основы получения металлических порошков термической диссоциацией химических соединений. Общая характеристика карбониллов.</li><li>13. Технологические факторы, влияющие на синтез и разложение карбониллов.</li><li>14. Получение карбонильных порошков никеля. Отечественные и зарубежные марки карбонильных никелевых порошков.</li><li>15. Получение карбонильных порошков железа. Отечественные марки карбонильных железных порошков с различным содержанием углерода.</li><li>16. Получение карбонильных порошков вольфрама и молибдена.</li></ol>
-----	---	--	---

КМ4	Экзамен	ОПК-2-31;ОПК-2-У1;ПК-3-32;ПК-4-31;ПК-4-У1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определение метода порошковой металлургии и металлического порошка в соответствии с ГОСТ 17359-82. Обобщенная технологическая схема метода.</li> <li>2. Преимущества и недостатки метода порошковой металлургии.</li> <li>3. Классификация методов получения порошков.</li> <li>4. Размол порошков в шаровых вращающихся мельницах: общая информация. Виды воздействия на измельчаемый материал. Режимы работы шаровой мельницы и их особенности.</li> <li>5. Факторы, влияющие на результаты размола в шаровых вращающихся мельницах. Преимущества и недостатки использования жидкости при размоле в ШВМ.</li> <li>6. Размол в атриторах и вибрационных мельницах.</li> <li>7. Размол в планетарных, вихревых и струйных мельницах.</li> <li>8. Измельчение твердых веществ в щековых и молотковых дробилках.</li> <li>9. Измельчение твердых веществ в вальцовой мельнице, валковых и конусных инерционных дробилках.</li> <li>10. Общие сведения о диспергировании расплавов как методе получения металлических порошков. Его преимущества и недостатки.</li> <li>11. Механизм разрушения струи жидкости газовым потоком при диспергировании расплавов.</li> <li>12. Факторы, влияющие на результаты диспергирования расплавов, в том числе и на формообразование.</li> <li>13. Особенности диспергирования расплавов водой.</li> <li>14. Особенности конструкции узла распыления. Преимущества и недостатки вертикальных и горизонтальных распылительных камер.</li> <li>15. Обобщенная технологическая схема получения распыленных железных порошков. Технологии получения железных порошков по RZ-процессу (БЗПМ, "Северсталь").</li> <li>16. Обобщенная технологическая схема получения распыленных железных порошков. Технологии получения железных порошков по WP-процессу (БЗПМ, СМЗ).</li> <li>17. Технология получения распыленных алюминиевых порошков.</li> <li>18. Диспергирование расплавов механическими методами: диспергирование крыльчаткой, центробежные методы диспергирования, метод вибрирующей проволоки.</li> <li>19. Методы высокоскоростного затвердевания расплавов.</li> <li>20. Бесконтактные методы получения порошков диспергированием расплавов.</li> <li>21. Основные принципы получения металлических порошков восстановлением их соединений.</li> <li>22. Адсорбционно-автокаталитическая теория восстановления (на примере восстановления оксидов железа водородом).</li> <li>23. Виды восстановителей. Способы получения газообразных восстановителей.</li> <li>24. Виды твердых углеродных восстановителей. Металлы-восстановители; требования, предъявляемые к ним.</li> <li>25. Теоретические аспекты и практика получения железного порошка восстановлением оксидного сырья водородом.</li> <li>26. Получения железного порошка восстановлением оксидного сырья твердым углеродом. Теоретические аспекты.</li> <li>27. Практика получения железного порошка восстановлением оксидов твердым углеродом (на примере технологии Hôganâs и СМЗ).</li> <li>28. Получение железного порошка комбинированным восстановлением.</li> <li>29. Способы восстановления, способствующие повышению качества железных порошков. Металлотермические способы получения порошков железа.</li> <li>30. Получение порошка вольфрама восстановлением его оксидов водородом. Теоретические аспекты.</li> <li>31. Практика получения порошка вольфрама восстановлением водородом его оксидов.</li> <li>32. Получение порошка вольфрама восстановлением его оксидов углеродом.</li> <li>33. Особенности металлотермического восстановления соединений</li> </ol>
-----	---------	---	---

			<p>металлов. Требования, предъявляемые к металлам-восстановителям.</p> <p>34. Получение порошка титана металлотермическим восстановлением его оксида кальцием и гидридом кальция. Разновидности этого метода.</p> <p>35. Получение порошка титана металлотермическим восстановлением его тетрахлорида натрия. Разновидности этого метода.</p> <p>36. Получение металлических порошков восстановлением соединений металлов в растворах. Теоретические положения.</p> <p>37. Технология автоклавных порошков меди, никеля, кобальта.</p> <p>38. Получение металлических порошков цементацией.</p> <p>39. Получение металлических порошков восстановлением газообразных соединений металлов. Восстановление в плазме.</p> <p>40. Электролиз как способ получения порошков металлов. Общие положения. Преимущества и недостатки. Типы получаемых осадков.</p> <p>41. Факторы, влияющие на результаты электролиза водных растворов, в том числе типы осадков.</p> <p>42. Основные положения теории электролитического получения порошков металлов (Кудра и Гитман).</p> <p>43. Технология электролитических порошков меди.</p> <p>44. Технология получения порошков никеля электролизом водных растворов.</p> <p>45. Получение металлических порошков электролизом расплавленных сред. Общие положения. Факторы, влияющие на результат электролиза.</p> <p>46. Технология получения электролитических порошков тантала.</p> <p>47. Технология получения порошков железа электролизом расплавов.</p> <p>48. Получение металлических порошков термической диссоциацией химических соединений. Общая характеристика карбониллов как исходных соединений для получения металлических порошков.</p> <p>49. Технологические факторы, влияющие на синтез и разложение карбониллов.</p> <p>50. Технология карбонильных порошков никеля. Отечественные марки карбонильных никелевых порошков.</p> <p>51. Технология карбонильных порошков железа. Отечественные марки карбонильных железных порошков.</p> <p>52. Получение металлических порошков методом испарения-конденсации.</p> <p>53. Получение металлических порошков методом термодиффузионного насыщения.</p> <p>54. Получение металлических порошков методом "межкристаллитной коррозии".</p> <p>55. Технологии получения порошков карбидов и боридов.</p> <p>56. Технологии получения порошков нитридов и силицидов.</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 "Обобщенная технологическая схема порошковой металлургии"	ОПК-2-31;ПК-4-31;ПК-3-32	Изучение последовательности основных технологических операций получения порошковых изделий из металлических, керамических и оксидных порошков. Изучение процессов, совмещающих несколько технологических операций.
P2	Практическое занятие "Получение металлических порошков размолом в вибрационной и планетарной мельницах"	ПК-4-У1;ОПК-2-У1;ПК-3-32	Изучение особенностей воздействия на измельчаемый материал в вибрационной и планетарной мельницах. Изучение особенностей конструкции вибрационных и планетарных мельниц. Применение планетарных мельниц для механического легирования и активации материалов.

P3	Практическое занятие "Факторы, влияющие на размол в шаровой вращающейся мельнице. Расчет загрузки ШВМ"	ПК-4-У1;ОПК-2-У1;ПК-3-32	Изучение влияния коэффициента загрузки мельницы и массовых соотношений компонентов загрузки, размера размольных тел, времени и среды измельчения на степень измельчения обрабатываемого материала. Расчет предельной загрузки барабана шаровой вращающейся мельницы размольными телами и измельчаемым материалом (сухой размол) или размольными телами, измельчаемым материалом и размольной жидкостью (мокрый размол)
P4	Практическое занятие "Получение металлических порошков в вихревых и струйных мельницах"	ПК-4-У1;ОПК-2-У1	Изучение особенностей разрушения частиц хрупких и пластичных материалов в режиме самоизмельчения в высокоскоростных воздушных потоках.
P5	Практическое занятие "Измельчение твердых материалов в дробилках"	ОПК-2-У1;ПК-4-У1	Изучение основных видов дробильного оборудования (щечковые, молотковые, валковые, конусные инерциальные дробилки) и характера воздействия на измельчаемый материал в них.
P6	Практическое занятие "Получение порошков железа диспергированием воздухом и водой"	ОПК-2-У1;ПК-3-32;ПК-4-31;ПК-4-У1	Сравнение методов диспергирования расплава синтетического чугуна воздухом (RZ-процесс) и расплава стали воздухом (WP-процесс), реализованного на различных предприятиях. Сравнение свойств распыленных железных порошков.
P7	Практическое занятие "Получение порошков алюминия и его сплавов диспергированием газом"	ОПК-2-У1;ПК-3-32;ПК-4-31;ПК-4-У1	Изучение особенностей диспергирования расплавов химически активных металлов в контролируемой газовой среде. Изучение технологии получения алюминиевых порошков типа САП.
P8	Практическое занятие "Получение металлических порошков центробежными методами диспергирования расплавов"	ОПК-2-У1;ПК-3-32;ПК-4-31;ПК-4-У1	Изучение основных схем диспергирования расплавов центробежными методами. Изучение особенностей диспергирования расплавов методом вращающегося электрода. Изучение областей использования порошков, полученных методом вращающегося электрода.
P9	Практическое занятие "Получение металлов методами высокоскоростного затвердевания расплавов и бесконтактными методами"	ОПК-2-У1;ПК-4-У1;ПК-3-32	Изучение условий формирования мелкокристаллических и аморфных продуктов при высокоскоростном затвердевании расплавов. Изучение конструкций установок, обеспечивающих высокоскоростное затвердевание расплава. Изучение бесконтактных методов диспергирования расплавов (метод взрывающейся проволоки, метод разрушения струи металла электрическим током)
P10	Практическое занятие "Получение порошков железа восстановлением водородом и углеродом"	ОПК-2-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-3-32	Изучение основных аппаратных схем восстановления оксидов железа водородом. Изучение технологий получения железных порошков из рудного сырья и прокатной окалины по технологиям компании Hogenas и СМЗ. Основные марки восстановленных железных порошков. Сравнение свойств железных порошков.

P11	Практическое занятие "Получение порошков вольфрама и молибдена восстановлением водородом. Получение порошков титана, циркония, тантала и ниобия металлургическим восстановлением"	ОПК-2-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-3-32	Изучение влияния технологических параметров на гранулометрический состав восстановленных порошков вольфрама и молибдена. Изучение основных технологий получения порошков титана, циркония, тантала и ниобия металлургическим восстановлением оксидного и хлоридного сырья.
P12	Практическое занятие "Получение порошков восстановлением в растворах"	ОПК-2-У1;ПК-4-У1;ПК-4-31;ПК-3-32	Изучение основных физико-химических принципов выделения металлов из растворов газами и металлами-восстановителями. Изучение технологий получения автоклавных порошков меди и никеля и цементированных порошков меди.
P13	Практическое занятие "Получение порошков тугоплавких металлов восстановлением газообразных соединений. Восстановление в плазме"	ОПК-2-У1;ПК-4-У1;ПК-4-31	Изучение свойств исходного сырья и технологических режимов получения порошков вольфрама и молибдена восстановлением водородом. Изучение особенностей восстановления химических соединений в плазме.
P14	Практическое занятие "Получение порошков меди, никеля и железа электролизом растворов"	ОПК-2-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1	Изучение технологических цепочек получения меди, никеля и железа электролизом растворов. Изучение основных видов оборудования для осуществления электролиза растворов.
P15	Практическое занятие "Получение порошков тугоплавких металлов и железа электролизом расплавов"	ОПК-2-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1	Изучение технологических цепочек получения тантала, ниобия, титана, циркония и железа с нерастворимыми и растворимыми (рафинировочный процесс) анодами. Изучение особенностей основных конструкций электролизеров для электролиза расплавов.
P16	Практическое занятие "Получение порошков никеля и железа карбонильным методом. Получение порошков методом испарения-конденсации и термодиффузионного насыщения. Получение порошков карбидов, боридов, нитридов и силицидов металлов"	ОПК-2-У1;ПК-4-У1;ПК-4-31;ПК-3-31	Изучение основных технологических параметров получения карбонильных порошков никеля и железа разных марок. Изучение основных конструкций аппаратов для получения порошков методом испарения-конденсации. Изучение технологии получения полностью и частично легированных порошков термодиффузионным насыщением. Изучение основных химических реакций получения тугоплавких металлоподобных соединений.

P17	Лабораторная работа "Получение металлических порошков размолом в шаровой мельнице"	ОПК-2-У1;ПК-3-31;ПК-4-У1;ПК-3-В1;ПК-3-У1	Изучение влияния времени размола в шаровой вращающейся мельнице на гранулометрический состав измельчаемого материала. Освоение методики ситового анализа гранулометрического состава порошка. (4 часа)
P18	Лабораторная работа "Получение металлических порошков размолом в вибрационной мельнице"	ОПК-2-У1;ПК-3-31;ПК-4-У1;ПК-3-В1;ПК-3-У1	Изучение влияния времени размола в вибрационной мельнице на гранулометрический состав измельчаемого материала. Освоение методики ситового анализа гранулометрического состава порошка. Освоение методики определения насыпной плотности порошка. (4 часа)
P19	Лабораторная работа "Получение железного порошка восстановлением оксида железа твердым углеродом"	ПК-3-31;ОПК-2-У1;ПК-4-У1;ПК-3-В1;ПК-3-У1	Изучение влияния температуры и времени изотермической выдержки при восстановлении оксида железа на степень восстановления и насыпную плотность порошка. Освоение методики магнитной сепарации железного порошка. (4 часа)
P20	Лабораторная работа "Получение медного порошка восстановлением оксида меди водородом"	ОПК-2-У1;ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-4-У1	Изучение влияния температуры и времени изотермической выдержки при восстановлении оксида меди на насыпную плотность получаемого порошка. Освоение методики определения насыпной плотности порошка. (4 часа)

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

Образец экзаменационного билета по дисциплине "Процессы получения металлических порошков"

Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС"

Институт экотехнологий и инжиниринга

Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий

Направление подготовки "Металлургия", 22.04.02

Процессы получения металлических порошков

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1

1. Определение метода порошковой металлургии и металлического порошка в соответствии с ГОСТ 17359-82. Обобщенная технологическая схема метода.
2. Основные принципы получения металлических порошков восстановлением их соединений.
3. Факторы, влияющие на результаты электролиза водных растворов, в том числе типы осадков.

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 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 «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
Л1.1	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
Л1.2	Либенсон Г. А.	Основы порошковой металлургии	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1987
Л1.3	Либенсон Г. А., Лопатин В. Ю., Комарницкий Г. В.	Т.1: Производство металлических порошков	Электронная библиотека	, 2001

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Лопатин В. Ю., Еремеева Ж. В., Погожев Ю. С., Пацера Е. И.	Процессы получения металлических порошков (N 3130): лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2017

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

Э1	Сайт Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности»	www1.fips.ru
Э2	Государственная публичная научно-техническая библиотека России	http://www.gpntb.ru/

#### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	ESET NOD32 Antivirus
П.2	Microsoft Office
П.3	MS Teams

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

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
К-107	Лаборатория прессования и формования:	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
К-107	Лаборатория прессования и формования:	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
К-107	Лаборатория прессования и формования:	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 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.
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
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-04	Лаборатория подготовки порошков и механического активирования:	вакуумная шахтная печь, печи для спекания в различных средах, гранулятор смеситель, мельницы

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

При изучении дисциплины студенту понадобятся знания из ранее изученных дисциплин "Химия", "Физическая химия", "Физика" (разделы "Механика" и "Электричество").