

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 28.01.2023 15:21:10

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)

Процессы и оборудование для получения металлических порошков

Закреплена за подразделением

Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий

Направление подготовки

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

8 ЗЕТ

Часов по учебному плану

288

Формы контроля в семестрах:
экзамен 5

в том числе:

аудиторные занятия

136

самостоятельная работа

98

часов на контроль

54

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	5 (3.1)		Итого	
	18			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Лекции	68	68	68	68
Лабораторные	34	34	34	34
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	136	136	136	136
Контактная работа	136	136	136	136
Сам. работа	98	98	98	98
Часы на контроль	54	54	54	54
Итого	288	288	288	288

Программу составил(и):

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

Рабочая программа

Процессы и оборудование для получения металлических порошков

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, 22.03.02-БМТ-22.plx , утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, , 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 по получению порошков металлов, сплавов и металлоподобных соединений для создания порошковых материалов с учетом эксплуатационных требований, предъявляемых к ним в различных отраслях техники.
-----	--

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

	Блок ОП:	Б1.В.ДВ.01
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Логистика и экодизайн технологий чёрной металлургии	
2.2.2	Научно-исследовательская работа	
2.2.3	Рециклинг металлов	
2.2.4	Современные инструментальные методы и средства контроля параметров работы металлургических агрегатов	
2.2.5	Теплотехника и экодизайн металлургических печей	
2.2.6	Информационные технологии управления металлургическими печами	
2.2.7	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.8	Преддипломная практика	
2.2.9	Химия окружающей среды	
2.2.10	Дизайн литого изделия	
2.2.11	Инжиниринг машин и агрегатов производства металлоизделий	
2.2.12	Многокомпонентные диаграммы состояния	
2.2.13	Научно-исследовательская работа	
2.2.14	Научно-исследовательская работа	
2.2.15	Научно-исследовательская работа	
2.2.16	Научно-исследовательская работа	
2.2.17	Научно-исследовательская работа	
2.2.18	Научно-исследовательская работа	
2.2.19	Основы бизнеса в металлургии	
2.2.20	Основы электрометаллургического производства	
2.2.21	Производство алюминия и магния	
2.2.22	Производство стали в конвертерах	
2.2.23	Процессы и оборудование для формования и спекания металлических порошков	
2.2.24	Ресурсосбережение и экология современных процессов обработки металлов давлением	
2.2.25	Теория и технология покрытий	
2.2.26	Теория термической обработки металлов и основы эксперимента	
2.2.27	Технология литейного производства	
2.2.28	Компьютерное проектирование процессов и технологий ОМД	
2.2.29	Металловедение цветных, редких и драгоценных металлов	
2.2.30	Металлургия тугоплавких и рассеянных редких металлов	
2.2.31	Металлургия тяжелых цветных металлов	
2.2.32	Методы анализа структуры металлов и сплавов	
2.2.33	Метрология и измерительная техника	
2.2.34	Производство отливок из сплавов цветных металлов	
2.2.35	Современные методы производства сплошных и полых изделий	
2.2.36	Теория и технология производства стали в электропечах	
2.2.37	Технологии и материалы СВС	
2.2.38	Технологическое оборудование литейных цехов	
2.2.39	Технология композиционных материалов	
2.2.40	Металлургия благородных металлов	
2.2.41	Металлургия редкоземельных и радиоактивных металлов	
2.2.42	Метрология, стандартизация и методы контроля и анализа веществ	
2.2.43	Основы промышленного дизайна и ювелирного дела	

2.2.44	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.45	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.46	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.47	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.48	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.49	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.50	Преддипломная практика
2.2.51	Преддипломная практика
2.2.52	Преддипломная практика
2.2.53	Преддипломная практика
2.2.54	Преддипломная практика
2.2.55	Преддипломная практика
2.2.56	Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов
2.2.57	Производство отливок из стали и чугуна
2.2.58	Производство ферросплавов
2.2.59	Разливка стали и спецэлектрометаллургия
2.2.60	Технологические линии и системы автоматизации в ОМД
2.2.61	Технология порошковых материалов и изделий
2.2.62	Технология твердых сплавов
2.2.63	Цифровое моделирование процессов и инструмента ОМД

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов
Знать:
ПК-2-32 Основные классы порошковых материалов и их применение в промышленности.
ПК-2-31 Основные теоретические закономерности влияния технологических факторов на свойства металлических порошков.
ПК-1: Способен выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы в области процессов технологии материалов
Знать:
ПК-1-33 Основное оборудование для получения металлических порошков механическими и физико-химическими методами.
ПК-1-31 Основные процессы получения металлических порошков механическими методами.
ПК-1-32 Основные процессы получения металлических порошков физико-химическими методами.
ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов
Уметь:
ПК-2-У1 Устанавливать взаимосвязь между свойствами металлических порошков и технологическими параметрами их получения.
ПК-1: Способен выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы в области процессов технологии материалов
Уметь:
ПК-1-У1 Выбирать методы получения металлических порошков для обеспечения требуемого комплекса их свойств.
ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов
Уметь:
ПК-2-У2 Устанавливать взаимосвязь между свойствами металлических порошков и оборудованием для их получения.
Владеть:
ПК-2-В1 Методами оценки свойств металлических порошков для моделирования влияния на них параметров технологических процессов.
ПК-1: Способен выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы в области процессов технологии материалов
Владеть:

ПК-1-В1 Навыками использования физических и физико-химических моделей, описывающих связь свойств металлических порошков с технологическими параметрами их получения.

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
	Раздел 1. Общие сведения о порошковой металлургии							
1.1	Порошковая металлургия как метод получения и обработки металлов. Особенности порошковой металлургии. Преимущества и недостатки порошковой металлургии по сравнению с другими методами обработки металлов. Обобщенная схема метода порошковой металлургии. /Лек/	5	4	ПК-2-32	Л1.1Л2.3 Э1			
1.2	Порошковые материалы и их роль в современной промышленности. /Пр/	5	2	ПК-2-32 ПК-2-У1	Л1.1Л2.3 Э1			Р1
1.3	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе. /Ср/	5	10	ПК-2-32 ПК-2-У1	Л1.1Л2.3 Э1			
	Раздел 2. Получение металлических порошков измельчением твердых материалов							
2.1	Классификация методов получения металлических порошков. Основные принципы измельчения твердых веществ в шаровых вращающихся мельницах. Факторы, влияющие на результаты размолы в шаровых вращающихся мельницах. Основные принципы измельчения твердых веществ в атриторах, вибрационных, планетарных, вихревых и струйных мельницах. Измельчение твердых веществ в дробилках. /Лек/	5	10	ПК-1-31 ПК-1-33 ПК-2-31	Л1.1 Л1.1Л2.1 Э1 Э2			
2.2	Основные типы шаровых мельниц и их конструкция. Расчет предельной загрузки шаровой мельницы. Расчеты мощности привода шаровых и вибрационных мельниц. Конструкции планетарных мельниц. Конструкции дробилок. Расчеты мощности привода дробилок различной конструкции. /Пр/	5	4	ПК-1-31 ПК-1-33 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-У2	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.4 Э1 Э2			Р2,Р3

2.3	Получение металлического порошка измельчением в шаровой мельнице. Получение металлического порошка измельчением в вибрационной мельнице. Получение металлического порошка измельчением в планетарной мельнице. /Лаб/	5	12	ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.4 Э1 Э2			P18,P19, P20
2.4	Подготовка к практическим занятиям, лабораторным работам и контрольной работе. /Ср/	5	16	ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-У2	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.4 Э1 Э2			
Раздел 3. Получение металлических порошков диспергированием расплавов								
3.1	Общая характеристика методов диспергирования расплавов для получения металлических порошков. Механизм разрушения струи металла газом. Факторы, влияющие на форму и другие свойства металлических порошков при их получении диспергированием расплавов. Особенности применения воды в качестве энергоносителя при диспергировании расплавов. Механические методы диспергирования расплавов. Контрольная работа №1 "Получение металлических порошков механическими методами. /Лек/	5	10	ПК-1-31 ПК-1-33 ПК-2-31	Л1.1 Л1.1Л2.1 Э1 Э2		КМ1	
3.2	Общее устройство установок для диспергирования расплавов энергоносителем. Особенности конструкции форсуночных узлов. Получение распыленных порошков железа на отечественных и зарубежных предприятиях. Получение порошков цветных металлов диспергированием расплавов. Центробежные методы получения металлических порошков. Получение металлов высокоскоростным затвердеванием расплавов. Бесконтактные методы получения распыленных порошков. /Пр/	5	4	ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-У2	Л1.1 Л1.1Л2.1 Э1 Э2			P4,P5
3.3	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе. /Ср/	5	14	ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-У2	Л1.1 Л1.1Л2.1 Э1 Э2			

	Раздел 4. Получение металлических порошков восстановлением твердых и газообразных соединений, восстановлением в растворах и в плазме							
4.1	Общие принципы восстановления химических соединений. Термодинамика и кинетика реакций восстановления. Адсорбционно-автокаталитическая теория восстановления оксидных соединений. Восстановление соединений металлами. Общие принципы восстановления металлов в растворах. Особенности плазмохимических процессов. Контрольная работа №2 "Методы получения металлических порошков восстановлением химических соединений" /Лек/	5	10	ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-2-31	Л1.1		КМ2	
4.2	Виды газообразных восстановителей и способы их получения. Углеродсодержащие восстановители. Металлы-восстановители. Технологии получения порошков железа, вольфрама и молибдена восстановлением твердых соединений газами и твердыми углеродсодержащими восстановителями. Виды печей для восстановления оксидов газами и твердыми углеродсодержащими восстановителями. Получение порошков титана, циркония, тантала и ниобия металлотермией. Получение порошков меди и никеля автоклавным методом и методом цементации. Конструкция реакторов для получения порошков восстановлением в растворах. Получение порошков вольфрама и молибдена восстановлением газообразных хлоридов и фторидов водородом. /Пр/	5	10	ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-У2	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.4			Р6,Р7,Р8,Р9,Р10

4.3	Получение порошка железа восстановлением оксида водородом. Получение порошка железа восстановлением оксида углеродом. Получение порошка меди восстановлением оксида водородом. /Лаб/	5	12	ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.4			P21,P22, P23
4.4	Подготовка к практическим занятиям, лабораторным работам и контрольной работе. /Ср/	5	18	ПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-У2	Л1.1 Л1.1Л2.1 Л2.4			
	Раздел 5. Получение металлических порошков электролизом растворов и расплавов							
5.1	Общая информация об электролизе как методе получения металлов в компактном и порошкообразном виде. Преимущества и недостатки метода по сравнению с другими методами получения металлических порошков. Факторы, влияющие на типы катодных осадков. Теория Кудры и Гитмана электролитического выделения металлов в порошкообразном виде. Особенности электролиза расплавов. /Лек/	5	8	ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-2-31	Л1.1 Л1.1 Э1 Э2			
5.2	Технологии получения порошков меди, никеля и железа электролизом растворов. Конструкции электролизеров для выделения металлов из растворов. Конструкции высокопроизводительных электролизеров. Методы съема катодных осадков. Технологии получения порошков титана, циркония, тантала, ниобия и железа электролизом солевых расплавов. Конструкции электролизеров для выделения металлов из расплавов. /Пр/	5	4	ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-У2	Л1.1 Л1.1Л2.1 Э1 Э2			P11,P12
5.3	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе. /Ср/	5	10	ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-У2	Л1.1 Л1.1Л2.1 Э1 Э2			
	Раздел 6. Получение металлических порошков термической диссоциацией химических соединений							

6.1	Физико-химические особенности карбонильных соединений металлов. Теоретические основы синтеза и разложения карбониллов. Факторы, влияющие на дисперсность карбонильных порошков. /Лек/	5	6	ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-2-31	Л1.1 Л1.1 Э1 Э2			
6.2	Технологии синтеза и разложения карбониллов никеля, железа и вольфрама. Отечественные марки карбонильных порошков никеля и железа. Оборудование для синтеза и разложения карбониллов никеля и железа. /Пр/	5	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-У2	Л1.1 Л1.1Л2.1 Э1 Э2			Р13
6.3	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе. /Ср/	5	8	ПК-1-У1 ПК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-У2	Л1.1 Л1.1Л2.1 Э1 Э2			
	Раздел 7. Получение металлических порошков методом испарения-конденсации.							
7.1	Теоретические основы получения металлических порошков методом испарения-конденсации /Лек/	5	2	ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-2-31	Л1.1Л2.1 Л1.1 Э1 Э2			
7.2	Получение порошков цинка, алюминия и кальция методом испарения-конденсации. Оборудование для получения порошков методом испарения-конденсации. /Пр/	5	2	ПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-2-У2	Л1.1 Л1.1Л2.1 Э1 Э2			Р14
7.3	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе. /Ср/	5	4	ПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-2-У2	Л1.1 Л1.1Л2.1 Э1 Э2			
	Раздел 8. Методы получения порошков металлоподобных соединений. Прочие методы получения металлических порошков.							
8.1	Теоретические основы получения металлоподобных соединений. Контрольная работа №3 "Получение металлических порошков электролизом и термической диссоциацией химических соединений другими методами. Получение порошков металлоподобных соединений" /Лек/	5	4	ПК-1-32 ПК-2-31	Л1.1 Э1 Э2		КМ3	

8.2	Получение порошков карбидов, нитридов, боридов и силицидов. Получение легированных порошков термодиффузионным насыщением и межкристаллитной коррозией. /Пр/	5	2	ПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-2-У2	Л1.1 Э1 Э2			
8.3	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе. /Ср/	5	8	ПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-У2	Л1.1 Э1 Э2			
	Раздел 9. Свойства металлических порошков и методы их определения							
9.1	Классификация свойств металлических порошков. Химические свойства. Физические свойства. Теоретические принципы определения гранулометрического состава седиментационным методом. Теоретические принципы определения удельной поверхности фильтрационными и адсорбционными методами. Технологические свойства. /Лек/	5	14	ПК-2-31	Л1.1			
9.2	Приборы для определения формы частиц, гранулометрического состава порошков и их удельной поверхности. Пресс-оснастка для определения уплотняемости, формуемости и прессуемости металлических порошков. /Пр/	5	4	ПК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-В1	Л1.1Л2.4			P16,P17
9.3	Определение гранулометрического состава порошков микроскопическим методом. Определение гранулометрического состава порошков методом дифракции лазерных лучей. Определение насыпной плотности и текучести порошков /Лаб/	5	10	ПК-1-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.4			P24,P25, P26
9.4	Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам. /Ср/	5	10	ПК-1-У1 ПК-2-У1 ПК-2-У2	Л1.1Л2.4			

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 "Получение металлических порошков механическими методами"	ПК-1-31;ПК-1-33;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-У2	<ol style="list-style-type: none">1. Классификация методов получения порошков.2. Размол твердых материалов в шаровых вращающихся мельницах. Классификация мельниц и их конструкции.3. Виды воздействия на материал в шаровых вращающихся мельницах. Описание режимов работы шаровой мельницы.4. Факторы, влияющие на результаты размола в шаровых вращающихся мельницах.5. Использование жидкости при размоле в ШВМ. Его преимущества и недостатки.6. Размол материалов в атриторах и вибрационных мельницах.7. Размол в планетарных, вихревых и струйных мельницах.8. Измельчение твердых веществ в дробилках: щековые и молотковые дробилки. Особенности конструкции, виды воздействия на обрабатываемый материал.9. Измельчение твердых веществ в валковых и конусных инерционных дробилках. Особенности конструкции и виды воздействия на обрабатываемый материал.10. Получения металлических порошков диспергированием расплавов. Классификация процессов. Преимущества и недостатки диспергирования.11. Разрушение струи жидкости газовым потоком.12. Факторы, влияющие на результаты диспергирования расплавов энергоносителем. Формообразование при диспергировании газами.13. Диспергирование расплавов водой.14. Конструкция узла распыления установок для диспергирования. Вертикальные и горизонтальные распылительные камеры.15. Технологии получения железных порошков по RZ-процессу (БЗПМ, "Северсталь").16. Технологии получения железных порошков по WP-процессу (БЗПМ, СМЗ).17. Получение распыленных алюминиевых порошков.18. Диспергирование расплавов крыльчаткой, центробежными методами диспергирования, методом вибрирующей проволоки.19. Высокоскоростное затвердевание расплавов как способ получения порошков и волокон.20. Получение порошков бесконтактным диспергированием расплавов.
-----	---	---	---

КМ2	Контрольная работа №2 "Методы получения металлических порошков восстановлением химических соединений"	ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-У2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основные физико-химические принципы восстановления химических соединений. 2. Адсорбционно-автокаталитическая теория восстановления (на примере восстановления оксидов металлов водородом). 3. Газообразные восстановители и методы их получения. 4. Твердые углеродсодержащие восстановители. Металлы-восстановители. 5. Теоретические основы и практика получения железного порошка восстановлением его оксидов водородом. 6. Физико-химические основы получения железного порошка восстановлением его оксидов твердыми углеродсодержащими восстановителями. 7. Получение железного порошка восстановлением твердыми углеродсодержащими восстановителями по технологии Högans и СМЗ. 8. Получение железного порошка комбинированным восстановлением на примере БЗПМ и ДАЗ. 9. Повышение качества железных порошков гидрометаллургическими методами и металлотермией. 10. Физико-химические основы получения порошка вольфрама восстановлением его оксидов водородом. 11. Практика получения порошка вольфрама восстановлением водородом его оксидов. 12. Физико-химические основы и практика получения порошка вольфрама восстановлением его оксида углеродом. 13. Получение порошка молибдена восстановлением его оксидов. 14. Физико-химические основы металлотермического восстановления соединений металлов. 15. Технологии получения порошка титана металлотермическим восстановлением соединений кальция, гидридом кальция и натрия. 16. Технологии получения порошков тантала и ниобия металлотермическим восстановлением их соединений. 17. Теоретические основы получения порошков восстановлением соединений металлов в растворах. 18. Технология автоклавных порошков меди, никеля, кобальта. 19. Теоретические основы и практика получения металлических порошков цементацией. 20. Получение металлических порошков восстановлением газообразных соединений тугоплавких металлов. Восстановление в плазме.
-----	--	---	---

КМЗ	Контрольная работа №3 "Получение металлических порошков электролизом и термической диссоциацией химических соединений и другими методами. Получение порошков металлоподобных соединений"	ПК-1-32;ПК-1-33;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-У2	<ol style="list-style-type: none">1. Преимущества и недостатки электролиза как способа получения металлов в порошкообразном состоянии. Типы получаемых осадков.2. Факторы, влияющие на типы осадков и их свойства.3. Основные положения теории получения порошков металлов электролизом растворов.4. Получение электролитических медных порошков.5. Получение электролитических никелевых порошков.6. Получение металлических порошков электролизом расплавленных сред. Общие положения. Факторы, влияющие на результат электролиза.7. Получение электролитических порошков тантала и ниобия.8. Технология получения электролитических порошков титана и циркония.9. Технология получения порошков железа электролизом расплавов.10. Физико-химические основы получение металлических порошков термической диссоциацией химических соединений. Общая характеристика карбониллов.13. Технологические факторы, влияющие на синтез и разложение карбониллов.14. Получение карбонильных порошков никеля. Отечественные и зарубежные марки карбонильных никелевых порошков.15. Получение карбонильных порошков железа. Отечественные марки карбонильных железных порошков с различным содержанием углерода.16. Получение карбонильных порошков вольфрама и молибдена.17. Получение порошков цинка, алюминия и кальция методом испарения-конденсации.18. Получение порошков методом термодиффузионного насыщения и межкристаллитной коррозии.19. Методы получения порошков карбидов и нитридов.20. Методы получения порошков боридов и силицидов.
-----	--	---	--

КМ4	Экзамен	ПК-1-31;ПК-1-33;ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-У2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определение метода порошковой металлургии и металлического порошка в соответствии с ГОСТ 17359-82. 2. Преимущества и недостатки метода порошковой металлургии. 3. Обобщенная технологическая схема метода. 4. Основные классы порошковых материалов. 5. Классификация методов получения порошков. 6. Размол порошков в шаровых вращающихся мельницах: общая информация. Виды воздействия на измельчаемый материал. 7. Режимы работы шаровой мельницы и их особенности. 8. Факторы, влияющие на результаты размол в шаровых вращающихся мельницах. Преимущества и недостатки использования жидкости при размол в ШВМ. 9. Конструкция шаровых мельниц. 10. Основные особенности размол в атриторах и вибрационных мельницах. 11. Устройство атриторов и вибрационных мельниц. 12. Размол в планетарных, вихревых и струйных мельницах. 13. Конструктивный принцип планетарной мельницы. 14. Измельчение твердых веществ в щековых и молотковых дробилках. 15. Основные конструктивные виды щековых и молотковых дробилок. 16. Измельчение твердых веществ в валковых и конусных инерционных дробилках. 17. Разновидности валковых дробилок. Устройство конусной инерционной дробилки. 18. Диспергирование расплавов как метод получения металлических порошков. Преимущества и недостатки. 19. Механизм разрушения струи жидкости газовым потоком. 20. Факторы, влияющие на свойства распыленных порошков. 21. Диспергирование расплавов водой. 22. Конструкции узла распыления. Преимущества и недостатки вертикальных и горизонтальных распылительных камер. 23. Технология получения железных порошков по RZ-процессу (БЗПМ, "Северсталь"). 24. Технология получения железных порошков по WP-процессу (БЗПМ, СМЗ). 25. Получение распыленных алюминиевых порошков. 26. Диспергирование расплавов крыльчаткой, центробежные методы диспергирования, метод вибрирующей проволоки. 27. Методы высокоскоростного затвердевания расплавов. 28. Бесконтактные методы получения порошков диспергированием расплавов. 29. Окислительно-восстановительные реакции при получении металлических порошков восстановлением их соединений. 30. Адсорбционно-автокаталитическая теория восстановления. 31. Способы получения газообразных восстановителей. 32. Виды твердых углеродных восстановителей. Металлы-восстановители; требования, предъявляемые к ним. 33. Теоретические аспекты получения железного порошка восстановлением оксидов водородом. 34. Практика получения железных порошков восстановлением оксидов водородом. 35. Теоретические аспекты получения железного порошка восстановлением оксидов твердым углеродом. 36. Практика получения железного порошка восстановлением оксидов твердым углеродом (на примере технологии Högans и СМЗ). 37. Получение железного порошка комбинированным восстановлением. 38. Повышение качества восстановленных железных порошков. 39. Металлотермические способы получения порошков железа. 40. Физико-химические основы получения порошка вольфрама восстановлением его оксидов водородом. 41. Практика получения порошка вольфрама восстановлением водородом его оксидов. 42. Получение порошка вольфрама восстановлением его оксида углеродом.
-----	---------	---	--

			<p>43. Металлотермическое восстановление соединений металлов. Требования к металлам-восстановителям.</p> <p>44. Получение порошка титана металлотермическим восстановлением его оксида кальцием и гидридом кальция.</p> <p>45. Получение порошка титана металлотермическим восстановлением его тетрахлорида натрия.</p> <p>46. Физико-химические основы получения металлических порошков восстановлением соединений металлов в растворах.</p> <p>47. Технология получения автоклавных порошков меди, никеля, кобальта.</p> <p>48. Физико-химические основы получения металлических порошков цементацией.</p> <p>49. Конструкция реакторов для получения металлических порошков восстановлением в растворах.</p> <p>50. Получение металлических порошков восстановлением газообразных соединений тугоплавких металлов.</p> <p>51. Восстановление в плазме.</p> <p>51. Общая характеристика электролиза как метода получения металлических порошков. Его преимущества и недостатки.</p> <p>52. Типы получаемых осадков и условия их получения.</p> <p>53. Факторы, влияющие на результаты электролиза водных растворов.</p> <p>54. Основные положения теории электролитического выделения металлов в виде порошков.</p> <p>55. Технология электролитических порошков меди.</p> <p>56. Технология получения порошков никеля электролизом водных растворов.</p> <p>57. Физико-химические особенности получения металлических порошков электролизом расплавленных сред. Факторы, влияющие на результат электролиза расплавов.</p> <p>58. Технология получения электролитических порошков титана и тантала.</p> <p>59. Технология получения порошков железа электролизом расплавов.</p> <p>60. Конструкция установок для электролиза растворов и расплавов.</p> <p>61. Термическая диссоциация химических соединений как метод получения металлических порошков. Общие сведения.</p> <p>62. Общая характеристика карбониллов как исходных соединений для получения металлических порошков.</p> <p>63. Технологические факторы, влияющие на синтез карбониллов.</p> <p>64. Технологические факторы, влияющие на разложение карбониллов, в том числе на дисперсность получаемых порошков.</p> <p>65. Технология карбонильных порошков никеля.</p> <p>66. Технология карбонильных порошков железа.</p> <p>67. Оборудование для синтеза карбониллов.</p> <p>68. Оборудование для разложения карбониллов.</p> <p>69. Теоретические основы получения металлических порошков методом испарения-конденсации.</p> <p>70. Технологии получения порошков цинка, алюминия и кальция методом испарения-конденсации.</p> <p>71. Оборудование для получения металлических порошков методом испарения-конденсации.</p> <p>72. Технологии получения порошков карбидов.</p> <p>73. Технологии получения порошков нитридов.</p> <p>74. Технологии получения порошков боридов.</p> <p>75. Технологии получения порошков силицидов.</p> <p>76. Получение легированных порошков методом термодиффузионного насыщения.</p> <p>77. Получение металлических порошков методом "межкристаллитной коррозии".</p> <p>78. Химические свойства металлических порошков и методы их определения.</p> <p>79. Форма частиц порошков и способы ее количественной оценки.</p> <p>80. Ситовой и микроскопический метод определения гранулометрического состава порошков.</p> <p>81. Седиментационный, кондуктометрический и лазерный методы определения гранулометрического состава порошков.</p> <p>82. Фильтрационные методы определения удельной поверхности</p>
--	--	--	---

			<p>порошков.</p> <p>83. Адсорбционные методы определения удельной поверхности порошков.</p> <p>84. Пикнометрическая плотность порошков и методы ее определения.</p> <p>85. Методы определения текучести, насыпной плотности и плотности утряски металлических порошков.</p> <p>86. Прессуемость металлических порошков и методика ее определения.</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 "Порошковые материалы и их роль в современной промышленности"	ПК-2-32;ПК-2-У1	Знакомство с основными классами конструкционных материалов и материалов специального назначения, получаемых методом порошковой металлургии, и их роли в развитии техники.
P2	Практическое занятие "Основные типы шаровых мельниц и их конструкция. Расчет предельной загрузки шаровой мельницы. Расчеты мощности привода шаровых и вибрационных мельниц"	ПК-1-31;ПК-1-33;ПК-1-У1;ПК-2-У2;ПК-2-У1;ПК-1-В1	Изучение основных конструкций промышленных и лабораторных шаровых мельниц. Расчет предельной загрузки шаровой мельницы для сухого и мокрого размола. Формулы для расчета мощности приводов промышленных шаровых и вибрационных мельниц.
P3	Практическое занятие "Конструкции планетарных мельниц. Конструкции дробилок. Расчеты мощности привода дробилок различной конструкции"	ПК-1-31;ПК-1-33;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-1-У1	Изучение основных кинематических схем планетарных мельниц и режимов их работы. Установление связи между режимами работы планетарных мельниц и свойствами получаемых порошков. Изучение конструкций основных типов дробилок, применяемых в технологиях порошковой металлургии. Формулы для расчета приводов дробилок различной конструкции.
P4	Практическое занятие "Общее устройство установок для диспергирования расплавов энергоносителя. Особенности конструкции форсуночных узлов. Получение распыленных порошков железа на отечественных и зарубежных предприятиях. Получение порошков цветных металлов диспергированием расплавов"	ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-У2	Изучение основных узлов установок для получения порошков диспергированием расплавов энергоносителя. Разновидности форсуночных узлов. Изучение технологий распыленных железных порошков по процессам RZ и WP компании Хёганес, БЗПМ. СМЗ, ПАО "Северсталь". Особенности получения порошков алюминия и алюминиевых сплавов диспергированием смесью газов контролируемого состава.

P5	Практическое занятие "Центробежные методы получения металлических порошков. Получение металлов высокоскоростным затвердеванием расплавов. Бесконтактные методы получения распыленных порошков	ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-У2	Изучение основных схем установок для диспергирования с использованием центробежных сил: метод вращающегося перфорированного тигля, метод вращающегося диска, метод распыления вращающегося электрода. Изучение основных принципов и аппаратного исполнения высокоскоростного затвердевания расплавов. Изучение бесконтактных методов диспергирования, основанных на пропускании электрического тока через твердые проводники и струи расплава.
P6	Практическое занятие "Виды газообразных восстановителей и способы их получения. Углеродсодержащие восстановители. Металлы-восстановители"	ПК-2-31;ПК-2-У1	Изучение способов получения и основных свойств газ-восстановителей: водорода, угарного газа, конвертированного природного газа, диссоциированного аммиака, экзо- и эндогазов. Изучение способов получения и свойств основных твердых углеродсодержащих восстановителей: кокса, термоштыба, древесного угля, сажи. Изучение основных физико-химических особенностей металлов-восстановителей: магния, натрия, кальция и его гидрида и карбида.
P7	Практическое занятие "Технологии получения порошков железа, вольфрама и молибдена восстановлением твердых соединений газами и твердыми углеродсодержащими восстановителями. Виды печей для восстановления оксидов газами и твердыми углеродсодержащими восстановителями"	ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-У2	Изучение влияния технологических факторов на свойства восстановленных порошков железа, вольфрама и молибдена восстановлением их водородом и твердыми углеродсодержащими восстановителями. Изучение основных этапов технологий получения этих порошков. Изучение конструктивных особенностей трубчатых, конвейерных, туннельных, шахтных печей восстановления, а также печей с вращающейся трубой.
P8	Практическое занятие "Получение порошков титана, циркония, тантала и ниобия металлотермией"	ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-У2	Изучение основных химических реакций для получения порошков титана, циркония, тантала и ниобия из оксидного и хлоридного сырья при использовании в качестве восстановителя кальция, гидрида кальция, магния и натрия. Изучение основных конструктивных особенностей реакторов для осуществления металлотермического восстановления.
P9	Практическое занятие "Получение порошков меди и никеля автоклавным методом и методом цементации. Конструкция реакторов для получения порошков восстановлением в растворах"	ПК-1-В1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-У2	Изучение особенностей технологий вытеснения меди и никеля из растворов газами-восстановителями и твердыми цементаторами с получением порошкообразного продукта. Изучение основных конструктивных особенностей реакторов для автоклавного восстановления и цементации в непрерывном режиме.

P10	Практическое занятие "Получение порошков вольфрама и молибдена восстановлением газообразных хлоридов и фторидов водородом"	ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-У2	Изучение основных физических свойств фторидов и хлоридов вольфрама и молибдена. Изучение технологических параметров и основных конструктивных особенностей оборудования для восстановления этих соединений водородом.
P11	Практическое занятие "Технологии получения порошков меди, никеля и железа электролизом растворов. Конструкции электролизеров для выделения металлов из растворов. Конструкции высокопроизводительных электролизеров. Методы съема катодных осадков"	ПК-1-У1;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-1-В1	Изучение влияния основных технологических параметров электролиза на свойства порошков меди и никеля. Изучение технологических операций, выполняемых после электролиза, и оборудования для их осуществления. Изучение конструкций электролизеров, обладающих высокой производительностью. Изучение способов съема катодных осадков в электролизерах разных типов.
P12	Практическое занятие "Технологии получения порошков титана, циркония, тантала, ниобия и железа электролизом солевых расплавов. Конструкции электролизеров для выделения металлов из расплавов"	ПК-1-У1;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-1-В1	Изучение основных физико-химических процессов при выделении тугоплавких металлов электролизом из хлоридно-фторидных и криолитных расплавов. Изучение особенностей получения железного порошка электролизом расплавов. Изучение основных типов электролизеров для осуществления электролиза расплавов.
P13	Практическое занятие "Технологии синтеза и разложения карбонил никеля, железа и вольфрама. Отечественные марки карбонильных порошков никеля и железа. Оборудование для синтеза и разложения карбонил никеля и железа"	ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-2-У1;ПК-2-У2	Изучение основных технологических операций получения карбонильных порошков никеля и железа. Изучение особенностей получения порошков вольфрама из карбонильного сырья. Изучение основных свойств марок карбонильных порошков никеля и железа, имеющихся на отечественном рынке. Изучение конструктивных особенностей установок для синтеза карбонил никеля и железа, а также их разложения.

P14	Практическое занятие "Получение порошков цинка, алюминия и кальция методом испарения-конденсации. Оборудование для получения порошков методом испарения-конденсации"	ПК-1-У1;ПК-2-У1;ПК-2-У2	Изучение технологических операций для получения порошков цинка, алюминия и кальция методом испарения-конденсации. Изучение основных аппаратов для реализации гомофазной и гетерофазной конденсации паров металлов.
P15	Практическое занятие "Получение порошков карбидов, нитридов, боридов и силицидов. Получение легированных порошков термодиффузионным насыщением и межкристаллитной коррозией"	ПК-1-У1;ПК-2-У1;ПК-2-У2	Изучение основных способов синтеза тугоплавких металлоподобных соединений. Изучение основных принципов получения полностью легированных и частично легированных порошков. Особенности применения метода межкристаллитной коррозии для получения порошков и переработки отходов.
P16	Практическое занятие "Приборы для определения формы частиц, гранулометрического состава порошков и их удельной поверхности"	ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-1-В1;ПК-2-В1	Изучение основных приборов, используемых для оценки формы частиц и гранулометрического состава порошков: оптических микроскопов, вибросит, седиментографов, установок для проведения кондуктометрического анализа, установок для определения гранулометрического состава с помощью дифракции лазерных лучей. Изучение двух основных классов приборов для определения удельной поверхности порошков: фильтрационных и адсорбционных.
P17	Практическое занятие "Пресс-оснастка для определения уплотняемости, формуемости и прессуемости порошков"	ПК-2-В1	Изучение конструкции и особенностей применения пресс-оснастки для определения уплотняемости, формуемости и прессуемости металлических порошков.
P18	Лабораторная работа "Получение металлического порошка измельчением в шаровой мельнице"	ПК-1-У1;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-1-В1;ПК-2-В1	Изучение влияния времени измельчения металлического порошка в шаровой вращающейся мельнице на его гранулометрический состав. Освоение методики определения гранулометрического состава порошков ситовым методом. (4 часа)
P19	Лабораторная работа "Получение металлического порошка измельчением в вибрационной мельнице"	ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-В1	Изучение влияния времени измельчения металлического порошка в вибрационной мельнице на его гранулометрический состав. Освоение методики определения гранулометрического состава порошков ситовым методом. (4 часа)
P20	Лабораторная работа "Получение металлического порошка измельчением в планетарной мельнице"	ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-В1	Изучение влияния технологических параметров измельчения металлического порошка в планетарной мельнице на его гранулометрический состав. Освоение методики определения гранулометрического состава порошков ситовым методом. (4 часа)

P21	Лабораторная работа "Получение порошка железа восстановлением оксида водородом"	ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-В1	Изучение влияния температуры и времени изотермической выдержки при восстановлении на насыпную плотность получаемого железного порошка. (4 часа)
P22	Лабораторная работа "Получение порошка железа восстановлением оксида углеродом"	ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-В1	Изучение влияния температуры и времени изотермической выдержки при восстановлении на насыпную плотность получаемого железного порошка. (4 часа)
P23	Лабораторная работа "Получение порошка меди восстановлением оксида водородом"	ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-2-У1;ПК-2-У2;ПК-2-В1	Изучение влияния температуры и времени изотермической выдержки при восстановлении на насыпную плотность получаемого медного порошка. (4 часа)
P24	Лабораторная работа "Определение гранулометрического состава порошков микроскопическим методом"	ПК-2-В1;ПК-1-В1;ПК-2-У1	Освоение методики определения гранулометрического состава порошка с использованием оптического микроскопа. (4 часа)
P25	Лабораторная работа "Определение гранулометрического состава порошков методом дифракции лазерных лучей"	ПК-2-В1;ПК-2-У1	Ознакомление с конструкцией установки для анализа гранулометрического состава с использованием дифракции лазерных лучей различной длины волны.
P26	Лабораторная работа "Определение насыпной плотности и текучести порошков"	ПК-2-В1;ПК-1-В1;ПК-2-У1	Изучение методики определения насыпной плотности с использованием воронки и волюмометра, а также методики определения текучести. Изучение влияния методов получения порошков и их гранулометрического состава на насыпную плотность и текучесть.

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

Образец экзаменационного билета по дисциплине "Процессы и оборудование для получения металлических порошков"

Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС"
Институт экотехнологий и инжиниринга

Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий
Направление подготовки "Металлургия", 22.03.02
Процессы и оборудование для получения металлических порошков

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №2

- Преимущества и недостатки метода порошковой металлургии.
- Факторы, влияющие на результаты размола в шаровых вращающихся мельницах. Преимущества и недостатки использования жидкости при размоле в ШВМ.
- Основные положения теории электролитического выделения металлов в виде порошков.

" _____ " _____ 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., 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	Кипарисов С. С., Падалко О. В.	Оборудование предприятий порошковой металлургии: Учебник для вузов по спец. 'Композитивные и порошковые материалы,покрытия'и 'Физ.- хим.исслед.металлург.процес сов'	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1988
Л2.2	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
Л2.3	Либенсон Г. А.	Основы порошковой металлургии	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1987
Л2.4	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	Государственная публичная научно-техническая библиотека России	http://www.gpntb.ru/
Э2	Сайт Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности»	www1.fips.ru

6.3 Перечень программного обеспечения**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 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-04	Лаборатория подготовки порошков и механического активирования:	вакуумная шахтная печь, печи для спекания в различных средах, гранулятор смеситель, мельницы
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 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

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

При изучении данной дисциплины обучающемуся понадобятся знания, полученные при изучении дисциплин "Химия", "Физика" ("Механика"), "Физическая химия".

Для облегчения восприятия материала на лекциях студенты могут воспользоваться комплектом презентаций по основным разделам дисциплины для создания опорного конспекта.