

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 15.11.2023 15:13:17

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)

Процессы формования и спекания металлических порошков

Закреплена за подразделением

Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий

Направление подготовки

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Квалификация

Инженер-исследователь

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

10 ЗЕТ

Часов по учебному плану

360

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 6

аудиторные занятия

136

самостоятельная работа

152

часов на контроль

72

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
	18			
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Лабораторные	51	51	51	51
Практические	51	51	51	51
Итого ауд.	136	136	136	136
Контактная работа	136	136	136	136
Сам. работа	152	152	152	152
Часы на контроль	72	72	72	72
Итого	360	360	360	360

Программу составил(и):

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

Рабочая программа

Процессы формования и спекания 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 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, 22.03.02-БМТ-23_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий

Протокол от 11.05.2023 г., №12

Руководитель подразделения Левашов Е.А.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цели освоения дисциплины: научить основам процессов формования и спекания для создания различных порошковых материалов, обучить выбору составов исходных порошков и технологий их консолидации с учетом требуемых свойств порошковых материалов для их конкретного применения, особенностям методов контроля свойств порошковых материалов, научить управлять технологическими процессами получения порошковых материалов, эксплуатировать оборудование.
-----	--

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.03
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Дефекты кристаллической решетки и механические свойства сплавов	
2.1.2	Инженерные расчеты в металлургии	
2.1.3	Методы исследования свойств металлов и сплавов	
2.1.4	Организация и математическое планирование эксперимента	
2.1.5	Органическая химия в металлургии	
2.1.6	Основы пиро- и гидрометаллургического производства	
2.1.7	Основы теории литейных процессов	
2.1.8	Потребительские свойства металлургической продукции	
2.1.9	Процессы получения металлических порошков	
2.1.10	Сырьевая и энергетическая безопасность предприятий	
2.1.11	Теория обработки металлов давлением и физические основы пластической деформации	
2.1.12	Термодинамика и кинетика металлургических процессов	
2.1.13	Технологические измерения и приборы	
2.1.14	Технологические процессы пластической обработки металлов и сплавов	
2.1.15	ARTCAD	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Современные инструментальные методы и средства контроля параметров работы металлургических агрегатов	
2.2.2	Компьютерное проектирование процессов и технологий ОМД	
2.2.3	Конструирование литейной оснастки, раздел 1	
2.2.4	Металловедение, часть 1	
2.2.5	Металлургия тугоплавких и рассеянных редких металлов	
2.2.6	Металлургия тяжелых цветных металлов	
2.2.7	Методы анализа структуры металлов и сплавов	
2.2.8	Метрология и измерительная техника	
2.2.9	Производство отливок из сплавов цветных металлов	
2.2.10	Современные методы производства сплошных и полых изделий	
2.2.11	Теория и технология производства стали в электропечах	
2.2.12	Теплотехника и экодизайн металлургических печей	
2.2.13	Технологии и оборудование для модификации поверхности	
2.2.14	Технология композиционных материалов	
2.2.15	Закономерности и механизмы формирования материалов в аддитивных технологиях	
2.2.16	Закономерности, механизмы и диагностика процессов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза	
2.2.17	Информационные технологии управления металлургическими печами	
2.2.18	Конструирование литейной оснастки, раздел 2	
2.2.19	Логистика вторичных ресурсов	
2.2.20	Металловедение, часть 2	
2.2.21	Металлургия благородных металлов	
2.2.22	Металлургия редкоземельных и радиоактивных металлов	
2.2.23	Метрология, стандартизация и методы контроля и анализа веществ	
2.2.24	Модельное производство	
2.2.25	Огнеупоры металлургического производства	
2.2.26	Основы промышленного дизайна и ювелирного дела	

2.2.27	Пористые порошковые материалы. Порошковые материалы для узлов трения. Порошковые алмазосодержащие материалы.
2.2.28	Производство отливок из стали и чугуна
2.2.29	Производство тяжелых цветных металлов
2.2.30	Производство ферросплавов
2.2.31	Разливка стали и спецэлектрометаллургия
2.2.32	Технологические линии и комплексы ОМД
2.2.33	Физико-механические свойства металлов
2.2.34	Химия окружающей среды
2.2.35	Цифровое моделирование процессов и инструмента ОМД
2.2.36	Защитные покрытия на металлопродукции
2.2.37	Информационные технологии в деформационной обработке металлов
2.2.38	Комплексное использование сырья и техногенных материалов
2.2.39	Конструкционные порошковые материалы общемашиностроительного и специального назначения
2.2.40	Материаловедение и термообработка металлов и сплавов
2.2.41	Материаловедение неметаллических материалов
2.2.42	Методы исследования технологических процессов и оборудования
2.2.43	Методы оценки качества и исследования металлургических свойств техногенного сырья и вторичных ресурсов
2.2.44	Моделирование процессов и объектов в металлургии
2.2.45	Наилучшие доступные технологии в металлургии
2.2.46	Оборудование литейных цехов
2.2.47	Основы аддитивных технологий
2.2.48	Основы процессов самораспространяющегося высокотемпературного синтеза
2.2.49	Проектирование новых и реконструкция действующих литейных цехов
2.2.50	Производство благородных металлов
2.2.51	Производство легких металлов
2.2.52	Производство отливок из сплавов цветных металлов
2.2.53	Производство редких металлов
2.2.54	Производство слитков из сплавов цветных металлов
2.2.55	Современные методы исследования металлических материалов
2.2.56	Современные процессы в металлургии и материаловедении и методы их исследования
2.2.57	Специальные способы литья
2.2.58	Теория металлургических процессов
2.2.59	Термодинамические расчеты и анализ фазовых диаграмм многокомпонентных систем
2.2.60	Технологии защиты оборудования и металлопродукции от коррозии
2.2.61	Технологические процессы пластической обработки металлов и сплавов
2.2.62	Технология композиционных материалов
2.2.63	Экология металлургического производства
2.2.64	Автоматизация машин и агрегатов ОМД
2.2.65	Диагностика и экспертиза коррозионных разрушений металлов
2.2.66	Дизайн литого изделия
2.2.67	Инновационные технологии и оборудование ферросплавного производства
2.2.68	Компьютерное проектирование и инжиниринг
2.2.69	Материаловедческие основы производства твердых сплавов
2.2.70	Методы аттестации наноструктурированных поверхностей
2.2.71	Моделирование технологических процессов
2.2.72	Мониторинг работы металлургического предприятия
2.2.73	Основы теории сварки и пайки литых изделий
2.2.74	Особенности получения высокоточных отливок
2.2.75	Отливки для металлургической и горнодобывающей отраслей
2.2.76	Порошковые материалы для электротехнической промышленности. Тугоплавкие порошковые материалы
2.2.77	Прикладная термодинамика и кинетика металлургических процессов
2.2.78	Производство прямовосстановленного железа
2.2.79	Промышленная экология и технологии декарбонизации

2.2.80	Разливка стали и спецэлектрометаллургия
2.2.81	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства благородных металлов
2.2.82	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства меди, никеля и сопутствующих элементов
2.2.83	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства тугоплавких и рассеянных редких металлов
2.2.84	СВС-технологии получения неорганических материалов
2.2.85	Современные производственные технологии
2.2.86	Теплоэнергетика и вторичные энергоресурсы
2.2.87	Технологии Big Data
2.2.88	Технология промышленных процессов деформационной обработки металлов и сплавов
2.2.89	Цифровое моделирование процессов и инструмента ОМД
2.2.90	Экодизайн и зеленые технологии
2.2.91	Экология литейного производства
2.2.92	Автоматизация процессов экстракции
2.2.93	Аддитивные технологии в литейном производстве
2.2.94	Анализ данных и аналитика в принятии решений
2.2.95	Аффинаж благородных металлов
2.2.96	Дефекты в отливках, способы выявления и устранения
2.2.97	Защита интеллектуальной собственности и патентоведение
2.2.98	Инженерия биоповерхностей
2.2.99	Инновационное производство высоколегированной стали и сплавов
2.2.100	Конструирование и моделирование металлических материалов
2.2.101	Материалы на основе углерода
2.2.102	Металловедение, часть 3
2.2.103	Металлургические методы переработки промышленных и бытовых отходов
2.2.104	Методы и инструменты бережливого производства
2.2.105	Моделирование литейных процессов
2.2.106	Обеспечение единства измерений трибологических и механических свойств
2.2.107	Оборудование и технологии специальной электрометаллургии
2.2.108	Обращение со шлаками и шламами
2.2.109	Планирование эксперимента
2.2.110	Разработка и реализация предпринимательских проектов
2.2.111	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства алюминия и магния
2.2.112	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства редкоземельных и радиоактивных металлов
2.2.113	Ресурсо- и энергосберегающие технологии производства свинца, цинка и сопутствующих элементов
2.2.114	Совмещенные процессы деформационно-термической обработки
2.2.115	Современные методы металлургии и машиностроения
2.2.116	Современные технологические решения в деформационной обработке металлов и сплавов
2.2.117	Термодинамические расчеты многокомпонентных диаграмм состояния
2.2.118	Техногенное сырье и вторичные ресурсы
2.2.119	Технологические основы аддитивного производства и специальной электрометаллургии
2.2.120	Технология производства твердых сплавов
2.2.121	Экологическая экспертиза
2.2.122	Научно-исследовательская работа
2.2.123	Научно-исследовательская работа
2.2.124	Научно-исследовательская работа
2.2.125	Научно-исследовательская работа
2.2.126	Научно-исследовательская работа
2.2.127	Научно-исследовательская работа
2.2.128	Научно-исследовательская работа
2.2.129	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.130	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.131	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.132	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

2.2.133	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.134	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.135	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.136	Комплексное использование сырья и отходов глиноземной промышленности

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-3: Способен разрабатывать предложения по внедрению в производство новой техники и технологий	
Знать:	
ПК-3-31	Основные виды оборудования для подготовки порошков к формования, а также для формования и спекания порошковых материалов.
ПК-1: Способен выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы в области процессов технологии материалов	
Знать:	
ПК-1-34	Особенности спекания многокомпонентных порошковых материалов, в том числе и с участием жидкой фазы.
ПК-1-34	Особенности спекания многокомпонентных порошковых материалов, в том числе и с участием жидкой фазы.
ПК-3: Способен разрабатывать предложения по внедрению в производство новой техники и технологий	
Знать:	
ПК-3-31	Основные виды оборудования для подготовки порошков к формования, а также для формования и спекания порошковых материалов.
ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов	
Знать:	
ПК-2-31	Основные закономерности влияния технологических параметров формования и спекания на свойства формовок и спеченных порошковых материалов.
ПК-2-31	Основные закономерности влияния технологических параметров формования и спекания на свойства формовок и спеченных порошковых материалов.
ПК-1: Способен выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы в области процессов технологии материалов	
Знать:	
ПК-1-32	Основные процессы при формовании порошков с приложения давления и без приложения давления.
ПК-1-32	Основные процессы при формовании порошков с приложения давления и без приложения давления.
ПК-1-31	Методы подготовки металлических порошков к формованию.
ПК-1-33	Термодинамические предпосылки, движущие силы и механизмы массопереноса при спекании однокомпонентных материалов.
ПК-1-33	Термодинамические предпосылки, движущие силы и механизмы массопереноса при спекании однокомпонентных материалов.
ПК-1-31	Методы подготовки металлических порошков к формованию.
ПК-2: Способен к анализу и синтезу в технологии материалов	
Уметь:	
ПК-2-У1	Устанавливать взаимосвязь между технологическими параметрами получения порошковых материалов и их основными свойствами.
ПК-2-У1	Устанавливать взаимосвязь между технологическими параметрами получения порошковых материалов и их основными свойствами.
ПК-1: Способен выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы в области процессов технологии материалов	
Уметь:	
ПК-1-У2	Выбирать методы определения свойств консолидированных порошковых тел.
ПК-1-У1	Выбирать методы формования с учетом требуемой геометрии, относительной плотности и других характеристик формовок.
ПК-1-У2	Выбирать методы определения свойств консолидированных порошковых тел.
ПК-1-У1	Выбирать методы формования с учетом требуемой геометрии, относительной плотности и других характеристик формовок.

Владеть:
ПК-1-В1 Навыками оценки свойств консолидированных порошковых тел.
ПК-1-В2 Навыками формования и спекания порошковых материалов в лабораторных условиях.
ПК-1-В2 Навыками формования и спекания порошковых материалов в лабораторных условиях.
ПК-1-В1 Навыками оценки свойств консолидированных порошковых тел.

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. Подготовительные операции перед формованием металлических порошков							
1.1	Отжиг, классификация и смешиванием порошков перед формованием. /Лек/	6	2	ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			
1.2	Классификация методов формования металлических порошков. Оборудование для разделения металлических порошков на фракции и смешивания. /Пр/	6	4	ПК-1-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			
1.3	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе. /Ср/	6	4	ПК-1-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			
	Раздел 2. Прессование порошков							
2.1	Общие сведения о прессовании как о методе формования металлических порошков. Идеализированная и реальная кривая уплотнения порошков. Боковое давление. Внешнее трение и неравноплотность прессовок. Упругое последствие, давление выпрессовывания. Прочность порошковых формовок. Использование вибрации при прессовании порошков. Контрольная работа №1 "Подготовка металлических порошков к прессованию и их прессование" /Лек/	6	5	ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2		КМ1	

2.2	Уравнения прессования М.Ю. Бальшина и других авторов. Оценка доли усилия прессования на преодоление внешнего трения. Оценка неравноплотности прессовок с различным соотношением габаритов. Способы обеспечения прочности прессовок при различной относительной плотности. Обеспечение формуемости с помощью связок. Применение смазок. Применение полифракционных смесей порошков для повышения относительной плотности формовок. Прессы. Группы сложности порошковых прессовок и способы их формования. /Пр/	6	6	ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			
2.3	Изучение влияние давления прессования на уплотнение металлических порошков. Определение потерь усилия прессования на преодоление внешнего трения. Изучение распределения плотности по объему прессовки. Определение величины упругого последействия и давления выталкивания при прессовании. /Лаб/	6	16	ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-2-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2			P24,P25, P26,P27
2.4	Подготовка к практическим занятиям, лабораторным работам и контрольной работе. /Ср/	6	18	ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2			
	Раздел 3. Изостатическое формование							
3.1	Общая характеристика методов изостатического формования порошков. Гидростатическое формование. Требования к материалу оболочек и рабочим жидкостям. Технологический цикл гидростатического формования. Газостатическое формование. Требования к материалу оболочек и рабочим газам. Технологический цикл газостатического формования. Его разновидности. Принцип формования порошков в толстостенных оболочках. /Лек/	6	4	ПК-1-32 ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.2 Э1 Э2			

3.2	Конструкция установок для гидро- и газостатического формования порошков. Способы замыкания рабочих камер и их упрочнения. Брак при гидростатическом и газостатическом формовании. Требования к материалу толстостенных оболочек. Особенности практической реализации формования в толстостенных эластичных оболочках. Брак при формовании в толстостенных оболочках. /Пр/	6	8	ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.2 Э1 Э2			P5,P7,P6
3.3	Изучение процесса формования металлических порошков в гидростате. Изучение процесса формования металлических порошков в толстостенных эластичных оболочках. /Лаб/	6	8	ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-2-У1	Л1.1 Л1.2Л2.2 Э1 Э2			P28,P29
3.4	Подготовка к практическим занятиям, лабораторной и контрольной работе. /Ср/	6	14	ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.2 Э1 Э2			
	Раздел 4. Методы непрерывного формования порошков							
4.1	Общая характеристика методов непрерывного формования порошков. Угловые параметры прокатки. Уравнение прокатки. Принцип мундштучного формования. /Лек/	6	2	ПК-1-32 ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.2 Э1 Э2			
4.2	Конструкция прокатных станов для формования порошков. Разновидности подачи порошка в очаг деформации. Брак при прокатке порошков. Приготовление пластифицированных смесей для мундштучного формования. Конструкция формующего узла. /Пр/	6	4	ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.2 Э1 Э2			P8,P9
4.3	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе. /Ср/	6	10	ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.2 Э1 Э2			
	Раздел 5. Шликерное формование							

5.1	Общая характеристика разновидностей шликерного формования. Основные характеристики шликера. Технологический цикл изготовления пористой адсорбирующей формы. Механизм наращивания осадка в пористой адсорбирующей форме. Технология формования термопластичных шликеров. /Лек/	6	2	ПК-1-32 ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.2 Э1 Э2			
5.2	Разновидности формования шликеров в пористых адсорбирующих формах. Электрофоретическое шликерное формование. Вещества, используемые при приготовлении термопластичных шликеров. Термическое удаление термопластичных связующих. /Пр/	6	4	ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-3-31	Л1.2 Э1 Э2			P10,P11
5.3	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе. /Ср/	6	8	ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-3-31	Л1.2 Э1 Э2			
	Раздел 6. Инжекционное формование							
6.1	Общая характеристика инжекционного формования. Его преимущества и недостатки. Основные требования, предъявляемые к порошкам и связующим. Технологический цикл инжекционного формования. Основные разновидности удаления связующего из формовок перед спеканием. /Лек/	6	2	ПК-1-32 ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.2Л2.2 Э1 Э2			
6.2	Особенности конструкции оснастки для инжекционного формования. Установки для инжекционного формования. /Пр/	6	2	ПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-3-31	Л1.2Л2.2 Э1 Э2			P12
6.3	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе. /Ср/	6	12	ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-3-31	Л1.2Л2.2 Э1 Э2			
	Раздел 7. Методы динамического формования							

7.1	Основные принципы динамического формования порошков. Взрывное формование порохами и бризантными взрывчатыми веществами. Особенности пластической деформации частиц порошков при воздействии нормальных и тангенциальных ударных волн. Контрольная работа №2 "Методы формования металлических порошков" /Лек/	6	2	ПК-1-32 ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.2 Э1 Э2		КМ2	
7.2	Установки для взрывного формования порошков. Электрогидравлическое, электромагнитное и пневмомеханическое формование. /Пр/	6	2	ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-3-31	Л1.2 Э1 Э2			Р13
7.3	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе. /Ср/	6	6	ПК-1-32 ПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-3-31	Л1.2 Э1 Э2			
	Раздел 8. Спекание однокомпонентных порошковых материалов							
8.1	Роль спекания в технологии получения порошковых материалов. Стадии спекания. Термодинамические предпосылки спекания. Движущие силы спекания. Механизмы массопереноса и их влияние на результаты спекания. Ползучесть кристаллических тел. Рекристаллизация при спекании. Контрольная работа №3 "Спекание однокомпонентных порошковых материалов" /Лек/	6	9	ПК-1-33 ПК-2-31	Л1.2Л2.3 Л2.4 Э1 Э2		КМ3	
8.2	Усадка порошковых тел при спекании. Уравнение Ивенсена. Механизмы, обеспечивающие ускоренную усадку. Понятие искаженного и неискаженного спекания. Зональное обособление и анизотропия усадки. Активированное спекание. /Пр/	6	10	ПК-1-33 ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.2Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2			Р14,Р15, Р16,Р17, Р18
8.3	Изучение спекания однокомпонентных порошковых систем. /Лаб/	6	9	ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-2-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2			Р30
8.4	Подготовка к практическим занятиям, лабораторной и контрольной работе. /Ср/	6	30	ПК-1-33 ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2			

	Раздел 9. Спекание многокомпонентных порошковых материалов. Практика спекания.							
9.1	Особенности спекания многокомпонентных порошковых материалов. Спекание материалов с неограниченной и ограниченной растворимостью компонентов. Спекание материалов с не взаимодействующими компонентами. Стадии жидкофазного спекания с жидкой фазой, присутствующей до конца изотермической выдержки. Контрольная работа №4 "Спекание многокомпонентных порошковых материалов. Практика спекания" /Лек/	6	3	ПК-1-34 ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2		КМ4	
9.2	Источники возникновения жидкой фазы при спекании. Закономерности смачивания твердой фазы. Инфильтрация порошковой формовки. Печное оборудование и среды для спекания порошковых материалов. Брак при спекании. /Пр/	6	8	ПК-1-33 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2			Р19,Р20, Р21,Р22
9.3	Изучение твердофазного спекания порошковых систем с неограниченной растворимостью компонентов. Изучение твердофазного спекания порошковых систем с не взаимодействующими компонентами. Изучение жидкофазного спекания порошковых систем. /Лаб/	6	14	ПК-1-У2 ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-2-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2			Р31,Р32, Р33
9.4	Подготовка к практическим занятиям, лабораторным работам и контрольной работе. /Ср/	6	30	ПК-1-34 ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2			
	Раздел 10. Горячее прессование и электроразрядное спекание.							
10.1	Особенности совместного воздействия давления и нагрева на консолидацию порошков металлов, сплавов, металлоподобных и неметаллических соединений. Спекание порошковых материалов пропусканием импульсного электрического тока. /Лек/	6	3	ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-1-34 ПК-2-31 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			

10.2	Пресс-оснастка для горячего прессования и электроразрядного спекания. Установки горячего прессования и электроразрядного спекания. /Пр/	6	3	ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-1-34 ПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			P23
10.3	Горячее прессование и электроразрядное спекание порошковых материалов. /Лаб/	6	4	ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-3-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Э1 Э2			P34
10.4	Подготовка к практическим занятиям и лабораторной работе. /Ср/	6	20	ПК-1-32 ПК-1-33 ПК-1-У1 ПК-2-31 ПК-2-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 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 "Подготовка металлических порошков к прессованию и их прессование"	ПК-1-32;ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-3-31	<ol style="list-style-type: none"> 1. Классификация методов формования металлических порошков. 2. Подготовительные операции перед формованием: отжиг, классификация, 3. Подготовительные операции перед формованием: сухое смешивание. 4. Подготовительные операции перед формованием: мокрое смешивание, химическое смешивание. Их преимущества и недостатки. 5. Прессование металлических порошков в пресс-формах: преимущества и недостатки метода. Устройство простейшей пресс-формы. 6. Арочный эффект: причины его возникновения и влияние на прессование порошка в пресс-формах. Поведение отдельных частиц и их цепочек при прессовании (по Бальшину). 7. Идеализированная кривая уплотнения металлических порошков (для пластичных и хрупких материалов). Стадии уплотнения и их характеристика. 8. Уравнения прессования М.Ю.Бальшина. Допущения, сделанные для вывода полулогарифмического уравнения. Траектория результатов применения логарифмического уравнения. 9. Уравнения прессования разных авторов (кроме М.Ю.Бальшина). 10. Боковое давление при прессовании порошка в пресс-формах. Оценка величины бокового давления. 11. Оценка величины потерь усилия прессования на преодоление внешнего трения. 12. Распределение плотности по объему прессовки. Причины неравноплотности при прессовании порошка в прессформах. 13. Прессование металлического порошка со смазкой. Виды смазок, способы и особенности их применения. 14. Упругое последствие. Давление выталкивания. 15. Прочность прессовок. Способы ее повышения. Особенности применения для этой цели пластификаторов и смазок. 16. Брак при прессовании. 17. Прессы, применяемые в технологии порошковой металлургии. Их преимущества и недостатки. 18. Группы сложности порошковых прессовок и пресс-оснастка для их получения. 19. Вибрационное формование (прессование).

КМ2	Контрольная работа №2 "Методы формования металлических порошков"	ПК-1-32;ПК-2-31;ПК-3-31	<ol style="list-style-type: none"> 1. Общая характеристика методов изостатического формования, их преимущества и недостатки. Требования, предъявляемые к рабочим жидкостям и материалам оболочек для гидростатического формования. 2. Технологический цикл гидростатического формования по методу "мокрого мешка". Брак при гидростатическом прессовании (по методам "сухого мешка" и "мокрого мешка"). 3. Технологический цикл гидростатического формования по методу "сухого мешка", его разновидности. 4. Газостатическое формование: общие сведения; требования, предъявляемые к рабочим газам и материалам оболочек. Технологический цикл газостатического формования, его разновидности. 5. Особенности конструкции гидро- и газостатов. Методы замыкания рабочих камер. 6. Формование металлических порошков в толстостенных втулках. 7. Прокатка порошков: общие сведения; преимущества и недостатки. Угловые параметры прокатки. 8. Вывод уравнения прокатки. Сравнительный анализ разновидностей прокатки. 9. Брак при прокатке порошков. Основные конструктивные особенности станов для прокатки порошков. 10. Мундштучное формование. 11. Шликерное формование: общие сведения, разновидности, преимущества и недостатки, характеристики шликера. Приготовление пористых адсорбирующих форм. 12. Шликерное формование в пористых адсорбирующих формах: подготовка порошков, приготовление шликера, технологический цикл формования. 13. Шликерное формование в пористых неадсорбирующих формах. Электрофоретическое формование. 14. Формование термопластичных шликеров. 15. Инжекционное формование: общие сведения, преимущества и недостатки. Требования, предъявляемые к порошкам и связующим. 16. Цикл инжекционного формования и особенности его осуществления. Особенности устройства пресс-оснастки. 17. Импульсное формование: общая характеристика методов, их преимущества и недостатки. Взрывное формование металлических порошков с использованием энергии порохов, гидродинамическое формование. 18. Взрывное формование металлических порошков с использованием энергии бризантных веществ. Электрогидравлическое формование. 19. Электромагнитное и пневмомеханическое формование металлических порошков.
-----	---	-------------------------	--

КМ3	Контрольная работа №3 "Спекание однокомпонентных порошковых материалов"	ПК-1-33;ПК-2-31	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определение операции спекания, его общая характеристика и целевая задача. Классификация видов спекания. 2. Стадии спекания (2 подхода к разделению спекания на стадии) 3. Термодинамические предпосылки спекания. Движущие силы спекания. 4. Механизмы массопереноса: перенос через газовую фазу, поверхностная диффузия. 5. Механизмы массопереноса: объемная диффузия, источники и стоки вакансий в порошковом однокомпонентном теле 6. Механизмы массопереноса: диффузионно-вязкое течение, ползучесть кристаллических тел 7. Рекристаллизация при спекании 8. Уплотнение порошкового тела при нагреве: стадии уплотнения, уравнение В.А.Ивенсена. 9. Представления В.А.Ивенсена об "искаженном" и "неискаженном" спекании 10. Механизмы, обеспечивающие большую скорость усадки на начальных этапах спекания и при скачкообразном подъеме температуры. 11. Анизотропия усадки, зональное обособление 12. Влияние свойств порошков на спекание 13. Влияние условий спекания на его результаты 14. Физические методы активации спекания 15. Химические методы активации спекания 16. Особенности спекания формовок из ультрадисперсных порошков
КМ4	Контрольная работа №4 "Спекание многокомпонентных порошковых материалов. Практика спекания"	ПК-1-34;ПК-2-31;ПК-3-31	<ol style="list-style-type: none"> 1. Спекание многокомпонентных систем с неограниченной растворимостью компонентов. 2. Спекание многокомпонентных систем с ограниченной растворимостью компонентов. 3. Спекание многокомпонентных систем с не взаимодействующими компонентами. 4. Особенности спекания порошковых систем с участием жидкой фазы. Классификация жидкофазного спекания. 5. Источники возникновения жидкой фазы. Особенности контактного плавления. Смачивание при жидкофазном спекании. 6. Стадии жидкофазного спекания с жидкой фазой, присутствующей до конца изотермической выдержки: механическая перегруппировка. 7. Стадии жидкофазного спекания с жидкой фазой, присутствующей до конца изотермической выдержки: перекристаллизация через жидкую фазу. 8. Стадии жидкофазного спекания с жидкой фазой, присутствующей до конца изотермической выдержки: срастание частиц твердой фазы. 9. Спекание систем с исчезающей жидкой фазой на примере системы Cu-Sn. 10. Инфильтрация порошковой формовки. 11. Практика спекания: классификация печей, применяемых в порошковой металлургии. Среды спекания. 12. Практика спекания: брак при спекании.

КМ5	Экзамен	ПК-1-31;ПК-1-33;ПК-1-34;ПК-1-32;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-3-31	<ol style="list-style-type: none"> 1. Классификация методов формования металлических порошков. 2. Цели проведения отжига металлических порошков перед формованием. 3. Цели классификации металлических порошков перед формованием и оборудование для его осуществления 4. Сухое смешивание металлических порошков и оборудование для его осуществления. 5. Мокрое смешивание, химическое смешивание. Смешивание металлических порошков со связками - особенности процесса и оборудование для его осуществления. 6. Прессование металлических порошков в пресс-формах: преимущества и недостатки метода. 7. Устройство простейшей пресс-формы. Способы приложения нагрузки к порошку. 8. Арочный эффект: причины его возникновения и влияние на прессование порошка в пресс-формах. 9. Поведение отдельных частиц и их цепочек при прессовании (по Бальшину). 10. Идеализированная кривая уплотнения металлических порошков для пластичных и хрупких материалов. Стадии уплотнения на этих кривых и их характеристика. 11. Полулогарифмическое и логарифмическое уравнения прессования М.Ю.Бальшина. Допущения, сделанные для вывода полулогарифмического уравнения, и их критика. 12. Трактовка результатов применения логарифмического уравнения. 13. Уравнения прессования разных авторов (кроме М.Ю.Бальшина). 14. Оценка величины бокового давления при прессовании порошка в пресс-формах. 15. Оценка величины потерь усилия прессования на преодоление внешнего трения. 16. Распределение плотности по объему прессовки как результат проявления внешнего трения. 17. Прессование металлических порошков со смазкой. Влияние смазок на неравноплотность. 18. Виды смазок, способы и особенности их применения. 19. Упругое последствие. 20. Давление выталкивания. 21. Способы обеспечения прочности прессовок и пути ее повышения. Особенности применения для этого пластификаторов и смазок. 22. Брак при прессовании: причины его возникновения, меры борьбы с ним. 23. Прессы, применяемые в порошковой металлургии. Их преимущества и недостатки. 24. Группы сложности порошковых прессовок и конструкции пресс-форм для их изготовления. 25. Принципы вибрационного формования (прессования). Использование для вибрационного формования (прессования) полифракционных смесей. 26. Общая характеристика методов изостатического формования, их преимущества и недостатки. 27. Требования, предъявляемые к рабочим жидкостям и материалам оболочек для гидростатического формования. 28. Технологический цикл гидростатического формования по методу "мокрого мешка". 29. Технологический цикл гидростатического формования по методу "сухого мешка", разновидности его аппаратурного осуществления. 30. Брак при гидростатическом прессовании. 31. Газостатическое формование: общие сведения; требования, предъявляемые к рабочим газам и материалам оболочек. 32. Базовый технологический цикл газостатического формования, его разновидности. 33. Конструкции рабочих камер газостатов. 34. Формование металлических порошков в толстостенных втулках.
-----	---------	---	---

			<p>35. Общие сведения о прокатке порошков. Преимущества и недостатки метода.</p> <p>36. Угловые параметры прокатки.</p> <p>37. Уравнения прокатки.</p> <p>38. Сравнительный анализ разновидностей прокатки.</p> <p>39. Брак при прокатке порошков.</p> <p>40. Конструктивные особенности станков для прокатки порошков</p> <p>41. Мундштучное формование сплошных и полых длинномерных заготовок.</p> <p>42. Общие сведения о шликерном формование. Преимущества и недостатки метода.</p> <p>43. Характеристики шликера.</p> <p>44. Приготовление пористых адсорбирующих форм.</p> <p>45. Подготовка порошков, приготовление шликера и технологический цикл формования в пористых адсорбирующих формах.</p> <p>46. Шликерное формование в пористых неадсорбирующих формах.</p> <p>47. Электрофоретическое формование.</p> <p>48. Формование термопластичных шликеров.</p> <p>49. Инжекционное формование: общие сведения, преимущества и недостатки метода.</p> <p>50. Требования, предъявляемые к порошкам и связующим.</p> <p>51. Цикл инжекционного формования и особенности его осуществления.</p> <p>52. Оснастка и установки для инжекционного формования .</p> <p>53. Импульсное формование: общая характеристика методов, их преимущества и недостатки.</p> <p>54. Взрывное формование металлических порошков с использованием энергии порохов, гидродинамическое формование. Установки для его осуществления.</p> <p>55. Взрывное формование металлических порошков с использованием энергии бризантных веществ.</p> <p>56. Электрогидравлическое формование.</p> <p>57. Электромагнитное формование.</p> <p>58. Пневмомеханическое формование металлических порошков.</p> <p>59. Определение операции спекания, его общая характеристика и целевая задача. Классификация видов спекания.</p> <p>60. Стадии спекания (2 подхода к разделению спекания на стадии).</p> <p>61. Термодинамические предпосылки спекания.</p> <p>62. Движущие силы спекания.</p> <p>63. Массоперенос через газовую фазу при спекании.</p> <p>64. Поверхностная диффузия при спекании.</p> <p>65. Объемная диффузия, источники и стоки вакансий в порошковом однокомпонентном теле при спекании.</p> <p>66. Вязкое и диффузионно-вязкое течение при спекании порошков, ползучесть кристаллических тел.</p> <p>67. Рекристаллизация при спекании.</p> <p>68. Уплотнение порошкового тела при нагреве: стадии уплотнения, уравнение В.А.Ивенсена.</p> <p>69. Представления В.А.Ивенсена об "искаженном" и "неискаженном" спекании.</p> <p>70. Механизмы, обеспечивающие большую скорость усадки, в том числе на начальных этапах спекания и при скачкообразном подъеме температуры.</p> <p>71. Анизотропия усадки, зональное обособление.</p> <p>72. Влияние свойств порошков на спекание.</p> <p>73. Влияние условий спекания на его результаты.</p> <p>74. Физические методы активации спекания.</p> <p>75. Химические методы активации спекания.</p> <p>76. Особенности спекания формовок из ультрадисперсных порошков.</p> <p>77. Спекание многокомпонентных систем с неограниченной растворимостью компонентов.</p> <p>78. Спекание многокомпонентных систем с ограниченной растворимостью компонентов.</p> <p>79. Спекание многокомпонентных систем с не взаимодействующими компонентами.</p> <p>80. Особенности спекания порошковых систем с участием жидкой</p>
--	--	--	--

			<p>фазы. Классификация жидкофазного спекания.</p> <p>81. Источники возникновения жидкой фазы. Особенности контактного плавления.</p> <p>82. Смачивание при жидкофазном спекании.</p> <p>83. Механическая перегруппировка при жидкофазном спекании.</p> <p>84. Перекристаллизация через жидкую фазу при жидкофазном спекании.</p> <p>85. Срастание частиц твердой фазы при жидкофазном спекании.</p> <p>86. Особенности спекания систем с исчезающей жидкой фазой.</p> <p>87. Особенности инфльтрации порошковых формовок.</p> <p>88. Классификация печей, применяемых в порошковой металлургии.</p> <p>89. Среды спекания.</p> <p>90. Брак при спекании.</p> <p>91. Горячее прессование как разновидность совместного воздействия на порошок давления и нагрева. Сравнение его результатов с традиционной технологией.</p> <p>92. Материалы, применяемые для изготовления пресс-оснастки.</p> <p>93. Способы нагрева порошков при горячем прессовании.</p> <p>94. Особенности электроразрядного спекания.</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 "Классификация методов формования металлических порошков. Оборудование для разделения металлических порошков на фракции и смешивания"	ПК-3-31;ПК-1-31	Изучение основных целей и задачи подготовительных операций, проводимых перед формованием порошков. Изучение основных типов оборудования для осуществления подготовительных операций.
P2	Практическое занятие "Уравнения прессования М.Ю. Бальшина и других авторов. Оценка доли усилия прессования на преодоление внешнего трения. Оценка неравноплотности прессовок с различным соотношением габаритов"	ПК-1-32;ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-2-31;ПК-2-У1	Изучение основных допущений, сделанных при выводе М.Ю. Бальшиным полулогарифмического и логарифмического уравнений. Использование логарифмического уравнения для оценки результатов уплотнения порошков. Изучение уравнений прессования других авторов и ограничений этих уравнений, связанных с исходными предпосылками. Вывод формулы для оценки потери усилия прессования для преодоления внешнего трения. Оценка неравноплотности прессовок, связанной с этими потерями, и распределение плотности по различным зонам прессовки при одно- и двустороннем прессовании.

P3	Практическое занятие "Способы обеспечения прочности прессовок при различной относительной плотности. Обеспечение формуемости с помощью связок. Применение смазок. Применение полифракционных смесей порошков для повышения относительной плотности формовок"	ПК-1-32;ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1	Изучение основных способов обеспечения связи между частицами порошка при прессовании. Определение основных факторов, обеспечивающих прочности порошковых прессовок при различных давлениях прессования (и, соответственно, относительных плотностях). Особенности применения связок для обеспечения формуемости малопластичных и хрупких порошков. Особенности применения смазок для повышения интегральной плотности прессовок и снижения внешнего трения. Изучение влияния смазок на прочность. пресосовок. Изучение влияния полифракционных порошковых смесей на относительную плотность пресосовок и особенностей их консолидации.
P4	Практическое занятие "Прессы. Группы сложности порошковых прессовок и конструкция пресс-форм для их изготовления"	ПК-1-32;ПК-1-У1;ПК-3-31	Изучение основных конструктивных особенностей механических и гидравлических прессов, используемых для консолидации порошков. Знакомство с классификацией порошковых прессовок по группам сложности. Изучение особенностей конструкции пресс-оснастки для прессования заготовок разной группы сложности и ее функционирования.
P5	Практическое занятие "Конструкция установок для гидро- и газостатического формования порошков. Способы замыкания рабочих камер и их упрочнения"	ПК-3-31;ПК-1-32;ПК-1-У1	Изучение основных конструктивных узлов установок для гидро- и газостатического формования. Изучение способов обеспечения конструктивных прочности рабочих камер гидро- и газостатов. Изучение вспомогательного оборудования, обеспечивающего реализацию гидро- и газостатического формования.
P6	Практическое занятие "Брак при гидростатическом и газостатическом формовании"	ПК-1-32;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-1-У1	Изучение основных видов брака при гидро- и газостатическом оборудовании и причин его возникновения.
P7	Практическое занятие "Особенности практической реализации формования в толстостенных эластичных оболочках. Требования к материалу толстостенных оболочек. Брак при формовании в толстостенных оболочках"	ПК-1-32;ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-3-31	Изучение особенностей оснастки для формования порошков в толстостенных эластичных оболочках и требований, предъявляемых к материалу эластичной оболочки. Изучение видов брака при данном виде формования и его причин. (4 часа)

P8	Практическое занятие "Конструкция прокатных станов для формования порошков. Разновидности подачи порошка в очаг деформации. Брак при прокатке порошков"	ПК-3-31;ПК-1-32;ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1	Изучение основных узлов прокатных станов для формования порошков. Изучение основных способов формирования ровных кромок прокатанной ленты. Изучение способов подачи порошка в очаг деформации при вертикальной, горизонтальной и наклонной прокатке. Изучение способов формирования дискретного проката. Изучение основных видов брака при прокатке порошков и их причин.
P9	Практическое занятие "Приготовление пластифицированных смесей для мундштучного формования. Конструкция формирующего узла"	ПК-1-32;ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-3-31	Изучение основных принципов приготовления смесей металлических порошков с пластификаторами (связками) с учетом особенностей мундштучного формования. Изучение основных видов смесителей для приготовления пластифицированных смесей и оборудования для приготовления брикетированных смесей. Изучение особенностей мундштучного формования в деформируемых оболочках. Изучение конструкции узла для формования сплошных и полых длинномерных изделий.
P10	Практическое занятие "Разновидности формования шликеров в пористых адсорбирующих формах. Электрофоретическое шликерное формование"	ПК-1-32;ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-3-31	Изучение основных способов формирования осадков в пористых адсорбирующих формах при изготовлении сплошных и полых изделий. Изучение основных особенностей и аппаратного обеспечения для электрофоретического формования порошков.
P11	Практическое занятие "Вещества, используемые при приготовлении термопластичных шликеров. Термическое удаление термопластичных связующих"	ПК-1-32;ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1	Изучение требований к веществам и их смесям, используемых в качестве связок для термопластичных шликеров. Изучение особенностей одностадийного многоступенчатого термического удаления связки из сформованных заготовок.
P12	Практическое занятие "Особенности конструкции оснастки для инжекционного формования. Установки для инжекционного формования"	ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-3-31;ПК-2-У1	Изучение основных элементов оснастки для инжекционного формования порошков. Изучение влияния геометрии изделия на количество формирующих полостей в оснастке. Знакомство с основными типами установок для инжекционного формования порошков. Изучение основных узлов установок с возвратно-поступательным движением шнека.
P13	Практическое занятие "Установки для взрывного формования порошков. Электрогидравлическое, электромагнитное и пневмомеханическое формование"	ПК-1-32;ПК-1-У1;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-3-31	Изучение основных типов установок для контактного и бесконтактного формования порошков порохами и бризантными взрывчатыми веществами. Изучение основных конструктивных отличий установок для гидродинамического формования от гидростатов. Изучение основных принципов электрогидравлического, электромагнитного и пневмомеханического формования и установок для его реализации.

P14	Практическое занятие "Усадка порошковых тел при спекании. Уравнение Ивенсена"	ПК-1-33;ПК-2-31;ПК-2-У1	Изучение движущих сил и механизмов массопереноса, приводящих к усадке порошковых формовок. Изучение предпосылок для вывода уравнения В.А. Ивенсена, описывающего усадку однокомпонентных порошковых систем в большом диапазоне времен изотермической выдержки.
P15	Практическое занятие "Механизмы, обеспечивающие ускоренную усадку"	ПК-1-33;ПК-2-31;ПК-2-У1	Изучение движущих сил и механизмов массопереноса, обеспечивающих ускоренную усадку однокомпонентных порошковых систем: аккомодационный механизм, аккомодационный механизм с короткоживущей пористостью, диффузионный и диффузионно-дислокационный механизмы, обеспечивающие проскальзывание частиц порошка как целых объектов. Неизотермическое спекание как способ обеспечения ускоренной усадки порошковых систем. Теория активных несовершенств Ивенсена.
P16	Практическое занятие "Понятие искаженного и неискаженного спекания"	ПК-1-33;ПК-2-31;ПК-2-У1	Изучение условий формирования закрытой газонаполненной пористости в порошковых формовках, тормозящей их усадку (искаженное спекание по Ивенсену). Изучение влияния природы порошков и их физических свойств на возникновение закрытой газонаполненной пористости.
P17	Практическое занятие "Зональное обособление и анизотропия усадки"	ПК-1-33;ПК-2-31;ПК-2-У1	Изучение понятий зонального обособления и анизотропии усадки и причин их возникновения при спекании однокомпонентных тел. Изучение влияния свойств порошков на создание при формировании предпосылок для зонального обособления и анизотропии усадки.
P18	Практическое занятие "Активированное спекание"	ПК-1-33;ПК-2-31;ПК-2-У1	Изучение основных физических и химических способов активации массопереноса одно- и многокомпонентных порошковых систем.
P19	Практическое занятие "Источники возникновения жидкой фазы при спекании. Закономерности смачивания твердой фазы"	ПК-1-33;ПК-2-У1	Изучение источников возникновения твердой жидкой фазы в многокомпонентных системах: плавление легкоплавкого компонента, контактное плавление. Изучение основных закономерностей смачивания твердой фазы жидкостью в различных газовых средах и вакууме.
P20	Практическое занятие "Инfiltrация порошковой формовки"	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-1-33	Изучение основных закономерностей и технологических особенностей заполнения пор порошковой формовки расплавленным металлом или сплавом.
P21	Практическое занятие "Печное оборудование и среды для спекания порошковых материалов"	ПК-2-У1;ПК-3-31;ПК-2-31	Изучение различных классификаций печного оборудования, используемого при спекании порошковых материалов. Изучение основных способов транспортировки заготовок в печах непрерывного действия. Изучение основных конструктивных особенностей печей периодического действия. Основные материалы нагревателей и теплоизоляции. Изучение способов измерения температуры. Среда спекания.
P22	Практическое занятие "Брак при спекании"	ПК-1-33;ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-3-31	Изучение основных видов брака при твердофазном спекании спекании одно- и многокомпонентных систем и жидкофазном спекании многокомпонентных систем, его причин и средств устранения.
P23	Практическое занятие "Пресс-оснастка для горячего прессования и электроразрядного спекания. Установки горячего прессования и электроразрядного спекания"	ПК-1-У1;ПК-3-31;ПК-1-32;ПК-1-34;ПК-1-33;ПК-2-31;ПК-2-У1	Изучение особенностей конструкции пресс-оснастки для горячего прессования и электроразрядного спекания, а также материалов для ее изготовления. Изучение основных узлов оборудования для осуществления горячего прессования и электроразрядного спекания. (3 часа)

P24	Лабораторная работа "Изучение влияния давления прессования на уплотнение металлических порошков"	ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-2-У1	Изучение влияния давления прессования на уплотнение различных фракций металлического порошка или порошков разного химического состава, получаемых одним и тем же способом, или порошков одинакового химического состава, получаемых разными методами. (4 часа)
P25	Лабораторная работа "Определение потерь усилия прессования на преодоление внешнего трения"	ПК-1-У2;ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-2-У1	Изучение влияния давления прессования на величину потерь усилия прессования на преодоление внешнего трения для порошков одинакового химического, но разного гранулометрического состава или порошков разного химического состава. (4 часа)
P26	Лабораторная работа "Изучение распределения плотности по объему прессовки"	ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-2-У1	Изучение влияния вида, давления прессования, соотношения высоты и диаметра прессовки, наличия или отсутствия смазки на частях пресс-формы на распределения плотности по объему прессовок. (4 часа)
P27	Лабораторная работа "Определение величины упругого последствия и давления выталкивания при прессовании"	ПК-1-У2;ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-2-У1	Изучение влияния химического состава смеси и давления прессования на радиальное, осевое и объемное упругое последствие, а также на давление выталкивания прессовок. (4 часа)
P28	Лабораторная работа "Изучение процесса формования металлических порошков в гидростате"	ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-2-У1	Изучение влияния давления формования в плунжерном гидростате и природы металлического порошка на относительную плотность формовок. (4 часа)
P29	Лабораторная работа "Изучение процесса формования металлических порошков в толстостенных эластичных оболочках"	ПК-1-У1;ПК-1-У2;ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-2-У1	Изучение влияния давления формования в толстостенных эластичных оболочках и природы металлического порошка на относительную плотность формовок. (4 часа)
P30	Лабораторная работа "Изучение спекания однокомпонентных порошковых систем"	ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-1-У2;ПК-2-У1	Изучение влияния температуры, времени изотермической выдержки, гранулометрического состава и природы металлических порошков на относительную плотность после спекания и усадку. Описание временной зависимости усадки по уравнению Ивенсена и/или МакКензи-Шаттлворса. (9 часов)
P31	Лабораторная работа "Изучение твердофазного спекания порошковых систем с неограниченной растворимостью"	ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-1-У2;ПК-2-У1	Изучение влияния химического состава порошковых формовок, давления прессования, температуры и времени изотермической выдержки на объемную усадку при спекании (на примере системы Cu-Ni) (6 часов)
P32	Лабораторная работа "Изучение твердофазного спекания порошковых систем с невзаимодействующими компонентами"	ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-1-У2;ПК-2-У1	Изучение влияния химического состава порошковых формовок, давления прессования, температуры и времени изотермической выдержки на объемную усадку при спекании и относительную плотность после спекания (на примере систем Cu-Al ₂ O ₃ , Cu-C, Ni-Al ₂ O ₃) (4 часа)

P33	Лабораторная работа "Изучение жидкофазного спекания порошковых систем"	ПК-1-В1;ПК-1-У2;ПК-1-В2;ПК-2-У1	Изучение влияния химического состава порошковых формовок, давления прессования, температуры и времени изотермической выдержки на объемную усадку при спекании и относительную плотность после спекания (на примере систем Cu-Sn - спекание с исчезающей жидкой фазой и Cu-Pb - спекание с жидкой фазой, присутствующей до конца изотермической выдержки) (4 часа)
P34	Лабораторная работа "Горячее прессование и электроразрядное спекание порошковых материалов"	ПК-1-В1;ПК-1-В2;ПК-3-31	Изучение особенностей горячего прессования и электроразрядного спекания на примере порошков тугоплавких соединений. Изучение основных функциональных блоков установок для осуществления горячего прессования и электроразрядного спекания.

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

Образец экзаменационного билета по дисциплине "Процессы формования и спекания металлических порошков"

Национальный исследовательский технологический университет МИСиС

Институт технологий

Направление подготовки "Металлургия", 22.03.02

Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий

Процессы формования и спекания металлических порошков

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №4

1. Сухое смешивание металлических порошков и оборудование для его осуществления.
2. Идеализированная кривая уплотнения металлических порошков для пластичных и хрупких материалов. Стадии уплотнения на этих кривых и их характеристика.
3. Термодинамические предпосылки спекания.

" _____ " _____ 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	Кипарисов Сергей Сергеевич, Падалко О. В.	Оборудование предприятий порошковой металлургии: Учебник для вузов по спец. 'Композитивные и порошковые материалы, покрытия' и 'Физ.-хим. исслед. металлург. процессов'	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1988

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.2	Либенсон Г. А., Лопатин В. Ю., Комарницкий Г. В.	Т.2: Формование и спекание	Электронная библиотека	, 2002

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	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
Л2.2	Либенсон Г. А., Лопатин В. Ю., Комарницкий Г. В.	Т.1: Производство металлических порошков	Электронная библиотека	, 2001
Л2.3	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
Л2.4	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

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Учебно-методическая литература для студентов	https://www.studmed.ru/
Э2	Государственная публичная научно-техническая библиотека России	http://www.gpntb.ru/

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
П.2	MS Teams
П.3	Microsoft Excel
П.4	Microsoft PowerPoint
П.5	Acrobat Reader DC

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
К-04	Лаборатория	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	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	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 "Обработка металлов давлением", "Физика" ("Механика"), "Материаловедение", "Процессы и оборудование для получения металлических порошков".

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

Описание лабораторных работ приведено в практикуме №4423 Процессы порошковой металлургии : лаб. практикум / В.Ю. Лопатин [и др.]. – Москва : Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2021. – 110 с. (в менеджере РПД не отображается). PDF-файл практикума приведен в приложении.