

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»**

**Институт Технологий и инженерной механики
Кафедра Материаловедение**

УТВЕРЖДАЮ:

Директор

Института Технологий и инженерной
механики

 Могильная Е.П.
(подпись)

« 18 » 04 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**«ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ
МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ»**

По направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Профили: «Материаловедение в машиностроении»,

«Композиционные и порошковые материалы, покрытия»

Луганск – 2023

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области получения порошков различного химического состава и деталей из порошковых материалов.

Задачи:

- изучить физические и химические процессы, протекающих в порошковых материалах при их получении и обработке;
- прогнозирование влияния структуры и технологических параметров обработки на свойства порошковых материалов;
- изучение процессов изготовления, обработки и исследования порошковых материалов.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Теория и технология получения порошковых материалов и изделий» относится к блоку 1 части, формируемой участниками образовательных отношений. Условиями для освоения дисциплины являются знания, умения и навыки, полученные при изучении дисциплин: «Физическая химия», «Термодинамика неравновесных процессов», «Физика конденсированного состояния», «Теория и технология термической обработки», «Физические свойства материалов», «Механические свойства материалов», «Теория тепло- и массопереноса в материалах», «Методы структурного анализа материалов» и служит основой для освоения дисциплин «Моделирование и оптимизация свойств материалов и процессов», «Сплавы с особыми свойствами», «Цветные металлы и сплавы», «Теория и технология композиционных материалов», «Теория и технология нанесения покрытий».

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

| Код и наименование компетенции | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине) | Перечень планируемых результатов |
|---|---|--|
| ОПК-5. Способен решать научно-исследовательские задачи при осуществлении профессиональной деятельности с применением современных информационных технологий и прикладных аппаратно-программных средств | ОПК-5.1. Понимает специфику и особенности применения современных информационных технологий и программных средств для решения научно-исследовательских задач при осуществлении профессиональной деятельности | знать: специфику и особенности применения современных информационных технологий и программных средств для решения научно-исследовательских задач при осуществлении профессиональной деятельности уметь: использовать специфику и особенности применения современных информационных технологий и программных средств для решения научно-исследовательских задач при осуществлении профессио- |

| | | |
|---|---|--|
| | | <p>нальной деятельности</p> <p>владеть: спецификой и особенностями применения современных информационных технологий и программных средств для решения научно-исследовательских задач при осуществлении профессиональной деятельности</p> |
| | <p>ОПК-5.2. Демонстрирует умение рационально выбирать современные методы решения научных задач в профессиональной деятельности</p> | <p>знать: основы рационального выбора современных методов решения научных задач в профессиональной деятельности</p> <p>уметь: рационально выбирать современные методы решения научных задач в профессиональной деятельности</p> <p>владеть: рациональным выбором современных методов решения научных задач в профессиональной деятельности</p> |
| | <p>ОПК-5.3. Использует современные информационные технологии и программные средства для решения профессиональных задач</p> | <p>знать: современные информационные технологии и программные средства для решения профессиональных задач</p> <p>уметь: использовать современные информационные технологии и программные средства для решения профессиональных задач</p> <p>владеть: навыками современных информационных технологий и программных средств для решения профессиональных задач</p> |
| <p>ОПК-6. Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии</p> | <p>ОПК-6-2. Выбирает эффективные средства и технологии для решения профессиональных задач</p> | <p>знать: эффективные средства и технологии для решения профессиональных задач</p> <p>уметь: выбрать эффективные средства и технологии для решения профессиональных задач</p> <p>владеть: эффективными средствами и технологиями для решения профессиональных задач</p> |

| | | |
|--|--|--|
| <p>ПК-6. Способен разрабатывать, сопровождать и интегрировать типовые технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов</p> | <p>ПК-6.3. Участствует в контроле опытной партии изделий по типовым технологическим процессам термической обработки</p> | <p>знать: стадии и основы разработки типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</p> <p>уметь: сопровождать типовые технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов</p> <p>владеть: навыками контроля опытной партии изделий по типовым технологическим процессам термической обработки</p> |
| <p>ПК-7. Способен разрабатывать, сопровождать и интегрировать инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов в том числе по выбору новых материалов, покрытий, обработки и модификации</p> | <p>ПК-7.1. Участствует в разработке инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</p> | <p>знать: разработку инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</p> <p>уметь: разрабатывать инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов</p> <p>владеть: разработкой инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</p> |
| | <p>ПК-7.2. Участствует в сопровождении инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</p> | <p>знать: инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов</p> <p>уметь: сопровождать инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов</p> <p>владеть: сопровождением инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов</p> |
| | <p>ПК-7.3. Участствует в интегрировании инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии</p> | <p>знать: интегрированные инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии</p> <p>уметь: участвовать в интегрировании инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии</p> <p>владеть: интегрированными инновационными тех-</p> |

| | | |
|--|--|--|
| | | нологическими процессами в области материаловедения и технологии |
|--|--|--|

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

| Вид учебной работы | Объем часов (зач. ед.) | |
|--|-----------------------------|-----------------------------|
| | Очная форма | Заочная форма |
| Общая учебная нагрузка (всего) | 144 (4,0 зач. ед) | 144 (4,0 зач. ед) |
| Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) | 85 | 21 |
| в том числе: | | |
| Лекции | 51 | 8 |
| Семинарские занятия | - | - |
| Практические занятия | 17 | 4 |
| Лабораторные работы | 17 | 4 |
| Курсовая работа (курсовой проект) | 36 | 36 |
| Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i>) | - | - |
| Самостоятельная работа студента (всего) | 59 | 128 |
| Итоговая аттестация | экзамен | экзамен |

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Предмет и задачи дисциплины.

Рождение и развитие порошковой металлургии. Перспективы развития и область применения технологий порошковой металлургии. Разделение методов получения порошков на механические и физико-химические. Связь методов получения порошков с природой и свойствами исходных металлов и их соединений.

Тема 2. Классификация восстановительных и защитных сред.

Основные реакции в газовых защитных средах и основные типы газовых сред. Технологические схемы и оборудование для получения, очистки и регенерации газовых сред. Выбор газовой среды. Спекание без применения газовой среды. Очистка и осушка газовых сред.

Тема 3. Теория разрушения частиц компактного материала.

Движущие силы механизма разрушения. Связь механизма разрушения с механическими характеристиками материала. Вязкое и хрупкое разрушение. Предварительное измельчение комковых материалов в щековых, валковых и конусных дробилках. Получение порошков методом резания. Область применения метода. Аппаратурное оформление и технология получения порошков.

Тема 4. Получение порошков методом размола.

Основы процесса и факторы, определяющие интенсивность и механизм размол. Используемое оборудование. Выбор и расчет оборудования для измельчения конкретных материалов. Размол в шаровых вращающихся мельницах и атриторах. Получение порошков методом механического легирования. Размол в шаровых вибрационных мельницах. Размол материалов в планетарных центробежных и гироскопических мельницах. Измельчение в аппаратах магнитного индукционного вращения. Размол в вихревых мельницах. Размол в молотковых мельницах.

Тема 5. Измельчение ультразвуком.

Механизм ультразвукового измельчения. Ультразвуковая кавитация. Режимы измельчения и основные схемы аппаратов для ультразвукового измельчения.

Тема 6. Физико-химические и механические процессы при распылении расплавов металлов.

Понятие расплава. Дробление струи на пряди. Влияние скорости, теплоемкости, плотности энергоносителя на свойства получаемых порошков. Методы распыления расплавов. Центробежное распыление расплавов. Метод вращающегося электрода, метод диска, метод выдавливания расплава из быстро вращающегося контейнера.

Ультразвуковое диспергирование легкоплавких металлов и сплавов. Методы распыления металлического расплава потоками энергоносителей.

Бесконтактный метод распыления расплавов. Высокоскоростные методы распыления расплава (получение РИБЗ-порошков).

Тема 7. Физико-химические методы получения порошков металлов.

Термодинамика и кинетика процесса восстановления. Кристаллохимическая перестройка исходного продукта и образование металлической фазы. Механизм адсорбционно-автокатолических превращений.

Тема 8. Восстановление твердых или расплавленных химических соединений.

Получение порошков железа и его сплавов. Сырье для порошковой металлургии. Восстановление оксидов железа водородом, твердым углеродом и его оксидом. Механизм восстановления. Термодинамика процесса. Технологические варианты способов получения порошков железа.

Получение порошков цветных металлов и их сплавов. Способы получения порошков вольфрама, молибдена, титана, циркония, тантала, ниобия, меди кобальта и никеля. Получение легированных порошков.

Восстановление химических соединений из растворов. Получение порошков автоклавным способом. Технология получения порошков цементацией. Электрохимические реакции между металлом-цементатором и вытесняемым металлом. Механизм реакции. Аппаратурное оформление процесса.

Восстановление газообразных химических соединений. Получение порошков в кипящем слое и плазме. Технология получения порошков из низкокипящих фторидов и хлоридов вольфрама, молибдена, рения, ниобия и тантала.

Тема 9. Технологические аспекты процесса электролиза.

Факторы, определяющие характер катодного осадка. Специфические факторы процесса получения порошков металлов электролизом водных растворов. Технология получения порошков меди, никеля серебра, железа. Получение порошков сплавов. Получение порошков из производственных растворов и сточных вод металлургического производства.

Специфические факторы процесса получения металлических порошков электролизом расплавленных сред. Структура катодного осадка, факторы, определяющие свойства порошков. Технология получения порошков тантала, титана, циркония и железа.

Тема 10. Схема карбонильного метода.

Факторы, определяющие кинетику процесса. Структура карбониллов и ее влияние на процесс термической диссоциации. Зародышеобразование и рост кристаллов. Аппаратурное оформление метода. Технология получения порошков железа, вольфрама и молибдена.

Тема 11. Получение порошков железа и его сплавов методом термодиффузного насыщения.

Сущность методов межкристаллитной коррозии и «испарения-конденсации». Технология получения порошков алюминия, цинка, магния и их сплавов.

Тема 12. Получение порошков тугоплавких соединений восстановлением кислородных соединений и путем прямого синтеза из элементов.

Общие принципы технологии производства карбидов, нитридов, боридов и силицидов металлов. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез. Золь-гель процессы.

Тема 13. Методы получения металлических волокон.

Механические и физико-химические методы получения волокон.

Тема 14. Характеристика свойств порошков.

Химические свойства. Физические свойства. Методы исследования свойств. Влияние свойств порошков на процессы формообразования изделий. Контроль качества порошков.

Тема 15. Классификация методов формования изделий из порошков.

Общие закономерности процессов формообразования. Основные этапы процесса формования. Подготовка порошков к прессованию. Отжиг порошков и их классификация. Приготовление смесей. Аппаратурное оформление процессов.

Тема 16. Компактирование порошков.

Процессы, происходящие при компактировании. Пространственная структура порошков. Дискретно-изотропная и дискретно-анизотропная среда.

Основные стадии процесса компактирования порошковых тел. Идеализированная кривая процесса уплотнения порошковых тел. Межчастичное и боковое трение.

Зависимость плотности прессовки от усилия прессования и схемы нагружения порошкового тела. Распределение плотности порошкового тела по объему прессовки.

Основы механизма уплотнения. Модели математического описания процессов уплотнения порошковых тел. Влияние контактной поверхности частиц на прочность прессовки.

Виды брака при прессовании, факторы, способствующие его проявлению. Борьба с браком формовок.

Тема 17. Спекание порошковых заготовок. Влияние дефектов кристаллической решетки на процесс спекания порошкового тела.

Спекание однокомпонентных систем. Геометрические элементы порошкового тела («шейка», «изометрическая пора» и пр.). Стадии процесса спекания. Механическое равновесие на границе двух фаз и движущие силы процесса спекания.

Механизмы массопереноса вещества. Пути диффузии атомов и ее эффекты, проявляющиеся при спекании порошковых тел. Объемная диффузия при спекании частиц порошка. Этапы «залечивания» поры. Вязкое течение. Ползучесть кристаллических тел. Диффузионно-вязкое течение.

Рекристаллизация частиц. Схема укрупнения частиц при рекристаллизации. Температура рекристаллизации. Уплотнение порошковых тел. Стадии процесса усадки порошкового тела. Зависимость усадки от продолжительности спекания. Особенности усадки порошковых тел при спекании. Активация процессов спекания.

Спекание многокомпонентных систем. Спекание систем с полной взаимной растворимостью компонентов. Объемные изменения при спекании. Системы с ограниченной растворимостью компонентов. Спекание систем эвтектического типа. Системы с перитектикой. Спекание систем с химическими соединениями. Спекание систем с нерастворимыми компонентами.

Общая характеристика процесса жидкофазного спекания. Термодинамические условия жидкофазного спекания. Закономерности жидкофазного спекания. Стадии спекания. Теоретические и технологические аспекты процесса жидкофазного спекания порошковых тел.

Спекание с жидкой фазой, присутствующей до конца изотермической выдержки. Спекание с жидкой фазой, исчезающей в процессе спекания. Инфильтрация порошковой формовки. Управление объемными изменениями порошковых тел при жидкофазном спекании.

Брак при спекании и меры его предупреждения. Основные виды брака при спекании, Причины проявления брака и возможности по его устранению.

Тема 18. Методы формования порошковых изделий.

Изостатическое формование. История возникновения методов изостатического формования. Основные разновидности изостатического формования.

Гидростатическое формование (ХИП). Разновидности метода и аппаратное оформление процесса. Материалы, используемые для приготовления форм. Преимущества и недостатки метода. Жидкие среды, применяемые при ХИП. Подготовка порошков и пресс-форм к формованию. Принцип устройства установок для ХИП. Цикл ХИП. Дефекты формовок.

Газостатическое формование. Достоинства и недостатки метода. Используемые среды. Материалы оболочек и аппаратное оформление процесса. Устройство газостатов. Цикл ГИП. Формование в толстостенные эластичные оболочки.

Шликерное формование. История методов шликерного формования. Основные разновидности метода. Преимущества и недостатки метода. Шликерное формование в пористых адсорбирующих формах. Механизм формования. Материалы и технологии создания форм для литья жидкого шликера. Подготовка шликера (подготовка и смешивание дисперсной среды и дисперсионной жидкости). Реологические свойства шликеров. Формование заготовок наливным и сливным способом. Обработка отливок.

Шликерное формование в пористые неадсорбирующие формы. Способы удаления дисперсионной среды. Подготовка порошков и пресс-форм к формованию.

Литье из термопластичных шликеров. Приготовление дисперсной фазы и введение термопластичной связки. Отливка изделий. Удаление термопластичной связки и спекание формовок.

Электрофоретическое формование. Область применения и особенности метода. Аппаратное оформление.

Мундштучное и инъекционное формование. Область применения метода мундштучного формования. Устройство пресс-форм для мундштучного формования. Степень обжата материала. Особенности процесса экструзии порошка. Способы формования изделий из порошков (формование с пластификаторами, в защитной атмосфере и оболочках и пр.).

Особенности метода инъекционного формования. Подготовка порошков к формованию. Оборудование для формования материалов.

Вибрационное формование. Область применения метода. Основные способы вибрационного формования. Схемы пресс-инструмента. Способы передачи энергии вибрации. Характеристики режимов вибрирования. Особенности технологического процесса и оборудование для виброформования.

Импульсное формование. Область применения метода и его особенности. Взрывное формование. Применяемые вещества и устройство баллистического пресса. Метод гидродинамического прессования. Метод электрогидравлического формования. Метод электромагнитного формования. Пневмомеханическое формование. Плотность получаемых заготовок.

Прокатка порошков. Основные виды прокатки. Угловые параметры процесса прокатки (центральные углы очага деформации). Величина центральных

углов. Особенности процесса прокатки порошков. Поступления порошка в очаг деформации. Основные уравнения, описывающие процесс прокатки. Виды брака при прокатке порошков. Схемы прокатки и используемые виды оборудования.

Горячее прессование. Особенности и аппаратное оформление метода. Материалы применяемы для изготовления пресс-формы. Режимы и цикл формообразования. Разновидности метода горячего прессования.

Тема 19. Обработка порошковых изделий

Термическая, химико-термическая и термомеханическая обработка изделий. Дисперсно-упрочняющая термическая обработка. Защита изделий от коррозии.

Методы контроля порошковых формовок и спеченных изделий. Структура порошковых материалов и изделий. Структурные составляющие порошковых материалов. Типы структур. Методы исследования структуры. Подготовка объектов к исследованиям. Определение физических свойств (расчетный и гидростатический метод). Методы определения механических свойств.

4.3. Лекции

| № п/п | Название темы | Объем часов | |
|---------------|--|-------------|---------------|
| | | Очная форма | Заочная форма |
| 1 | Предмет и задачи дисциплины. Классификация методов получения порошков. | 2 | 0,5 |
| 2 | Классификация восстановительных и защитных сред. | 4 | 0,5 |
| 3 | Получение порошков методом размола. Измельчение ультразвуком, распыление расплавов. | 6 | 1 |
| 4 | Физико-химические методы получения порошков металлов. | 4 | - |
| 5 | Методы получения порошков тугоплавких соединений. | 4 | 1 |
| 6 | Методы получения металлических волокон. | 4 | 0,5 |
| 7 | Характеристика свойств порошков. Контроль качества | 6 | 0,5 |
| 8 | Классификация методов формования изделий из порошков. Подготовка порошков к формованию. Общие закономерности процессов формообразования. | 7 | 1 |
| 9 | Методы формования изделий на основе порошков. | 6 | 2 |
| 10 | Теория и практика спекание изделий из порошков. | 4 | 0,5 |
| 11 | Обработка порошковых изделий | 4 | 0,5 |
| Итого: | | 51 | 8 |

4.4. Практические занятия

| № п/п | Название темы | Объем часов | |
|-------|---|-------------|---------------|
| | | Очная форма | Заочная форма |
| 1 | Маркировка порошков по ГОСТам, состав, свойства и область применения порошков | 2 | 0,5 |
| 2 | Расчет эффективных условий получения порошков заданного состава в шаровых мельницах | 4 | 0,5 |
| 3 | Расчет условий прессования порошков металлов. зависимость плотности прессовки от давления прессования | 4 | 0,5 |

| | | | |
|---------------|---|-----------|----------|
| 4 | Стандарты порошковой металлургии и их применение на практике | 2 | 0,5 |
| 5 | Принципы конструирования закрытых пресс-форм для холодного прессования порошков | 2 | 1 |
| 6 | Расчет закрытых пресс-форм для холодного прессования порошков | 3 | 1 |
| Итого: | | 17 | 4 |

4.5. Лабораторные работы

| № п/п | Название темы | Объем часов | |
|---------------|---|-------------|---------------|
| | | Очная форма | Заочная форма |
| 1 | Получение порошков механическим способом | 2 | 1 |
| 2 | Определение гранулометрического состава и микротвердости порошков | 2 | 1 |
| 3 | Компактирование порошковой шихты. | 2 | 1 |
| 4 | Спекание однокомпонентных систем | 2 | - |
| 5 | Металлографическое исследование сформованных и спеченных материалов | 4 | 1 |
| 6 | Определение механических свойств порошкового материала | 5 | - |
| Итого: | | 17 | 4 |

4.6. Самостоятельная работа студентов

| № п/п | Название темы | Вид СРС | Объем часов | |
|-------|---|--|-------------|---------------|
| | | | Очная форма | Заочная форма |
| 1 | Практические занятия №1-6 | Подготовка к практическим занятиям, самостоятельный поиск источников информации, оформление отчетов | 6 | 12 |
| 2 | Лабораторные занятия №1-6 | Подготовка к лабораторным занятиям, самостоятельный поиск источников информации, оформление отчетов | 6 | 10 |
| 3 | Курсовая работа | Самостоятельный поиск источников информации, анализ, структурирование, изучение информации, написание курсовой работы по заданной теме | 34 | 36 |
| 4 | Введение в курс. Классификация методов получения порошков | Самостоятельный поиск источников информации, анализ, структурирование, изучение информации, написание ре- | 1 | 4 |
| 5 | Восстановители и защитные среды | | 1 | 4 |
| 6 | Механические методы получения порошков | | 1 | 6 |
| 7 | Физико-химические методы получения | | 1 | 6 |

| | | | | |
|---------------|--|-------------------------|-----------|------------|
| | порошков металлов | ферата по заданной теме | | |
| 8 | Методы получения порошков тугоплавких соединений | | 1 | 6 |
| 9 | Методы получения металлических волокон | | 1 | 6 |
| 10 | Методы контроля качества металлических порошков. Управление качеством продукции. | | 1 | 6 |
| 11 | Классификация методов формования изделий из порошков. Подготовка порошков к формованию | | 1 | 6 |
| 12 | Общие закономерности процессов формообразования | | 1 | 6 |
| 13 | Методы формования изделий на основе порошков | | 1 | 6 |
| 14 | Теория и практика спекание изделий из порошков | | 1 | 6 |
| 15 | Обработка порошковых изделий | | 1 | 6 |
| 16 | Методы контроля порошковых формовок и спеченных изделий. | | 1 | 2 |
| Итого: | | | 59 | 128 |

4.7. Курсовые работы/проекты по дисциплине

Учебным планом предусмотрено выполнение курсовой работы на тему «Разработка технологии изготовления порошкового изделия».

Структура курсовой работы:

1. Разработать технологию изготовления: детали из антифрикционного, фрикционного, электроконтактного, спеченного дисперсно-упрочненного и дисперсно-твердеющего, тугоплавко, конструкционного спеченного материала; фильтра; спеченного магнита (чертеж детали с требованиями к ней получить у преподавателя).

- 1) выбрать марку материала;
- 2) определить химический состав и механические и специальные свойства материала;
- 3) выбрать порошки для изготовления детали;
- 4) разработать технологию получения выбранных порошков;
- 5) определить физико-механические и технологические свойства порошков и микроструктуру;
- 6) выбрать методы контроля качества порошков;
- 7) разработать технологию изготовления изделия из порошкового материала;
- 8) определить механические и эксплуатационные свойства порошков и микроструктуру;
- 9) выбрать методы контроля качества материала;
- 10) определить виды брака при изготовлении изделия.

5. Образовательные технологии

В процессе обучения для достижения планируемых результатов освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;
- информационно-коммуникационная технология, в том числе визуализация, создание электронных учебных материалов;
- использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям, практическим и лабораторным занятиям;
- технология проблемного обучения, в том числе в рамках разбора проблемных ситуаций;
- технология развивающего обучения, в том числе постановка и решение задач от менее сложных к более сложным, развивающих компетенции студентов.

В рамках перечисленных технологий основными методами обучения являются: работа в команде; самостоятельная работа; проблемное обучение.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Нарва В.К., Технология порошковых материалов и изделий : курс лекций / В.К. Нарва - М. : МИСиС, 2012. - 171 с. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876235596.html>
2. Панов В.С., Технология получения и свойства спеченных материалов и изделий из них / Панов В.С. - М. : МИСиС, 2015. - 138 с. <http://www.studentlibrary.ru/book/MIS071.html>
3. Шестаков Н.А., Уплотнение, консолидация и разрушение пористых материалов / Шестаков Н.А., Субич В.Н., Демин В.А. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 264 с. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922111874.html>
4. Рябичева Л.А. Технология изготовления медных изделий из волоконного материала методами порошковой металлургии / Л.А. Рябичева, А.П. Скляр. – Луганск : Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2012. – 156 с.
5. Рябичева Л.А., Цыркин А.Т. Технология изготовления материалов из отходов промышленности / Луганськ. Вид-во Суду им. В. Даля, 2005. – 168 с.

б) дополнительная литература:

1. Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы. Сварка. В 2 ч. Ч. 1 [Электронный ресурс] / П.А. Витязь (гл. ред.) [и др.] - Минск : Беларус. наука, 2013. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789850815484.html>
2. Теоретические основы спекания порошков : механизмы припекания сферических тел : курс лекций [Электронный ресурс] / Аникин В.Н., Блинков И.В., Челноков В.С., Пьянов А.А., Волхонский А.О. - М. : МИСиС, 2013. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876236982.html>
3. Технология и свойства спеченных твердых сплавов [Электронный ресурс] / Панов, В.С. - М. : МИСиС, 2013. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876237002.html>
4. Керамические материалы на основе диоксида циркония [Электронный ресурс] / Жигачев А.О., Головин Ю.И., Умрихин А.В., Коренков В.В., Тюрин А.И., Родаев В.В., Дьячек Т.А. - М. : Техносфера, 2018. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785948365299.html>
5. Технология конструкционных материалов [Электронный ресурс] / Солнцев Ю.П., Ермаков Б.С., Пирайнен В. Ю. - СПб. : ХИМИЗДАТ, 2017. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938082984.html>

в) методические указания:

1. Методические указания к практическим работам дисциплине «Теория и технология получения порошковых материалов и изделий» для студентов очной и заочной форм обучения по направлениям подготовки: 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов /Сост: Ю. Н. Никитин. - Луганск: ЛНУ им В. Даля, 2018. - 82 с.

2. Методические указания к лабораторным работам дисциплине «Теория и технология получения порошковых материалов и изделий» (для студентов, обучающихся по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов) Сост.: Ю. Н. Никитин - Луганск: изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2018. - 60 с.

3. Методические указания к курсовой работе дисциплине «Теория и технология получения порошковых материалов и изделий» для студентов очной и заочной форм обучения по направлениям подготовки: 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов /Сост: Ю. Н. Никитин. - Луганск: ЛНУ им В. Даля, 2017. - 92 с.

г) интернет-ресурсы:

– Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

– Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

– ГОСТы и стандарты – <https://standartgost.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Теория и технология получения порошковых материалов и изделий» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Лекционные занятия: демонстрационный материал; аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Практические занятия: демонстрационный материал; аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет; микроскопы металлографические МИМ-7; печи нагревательные лабораторные СНОЛ-6,7/9 и др.; образцы, микрошлифы и оборудование для их подготовки; твердомер Бринелля, твердомер Роквелла; разрывная машина Р 0,5; копер маятниковый; весы лабораторные технические с комплектом разновесов; набор сит; прибор для определения утряски порошков; прибор для определения твердости; прибор для определения газопроницаемости; гидравлический пресс, винтовой пресс; пресс-формы; молотковая мельница; шаровая мельница; газогенераторная установка; перечень наглядных пособий и технических средств обучения; комплект плакатов по материаловедению и термиче-

ской обработке, строению и свойствам металлических и неметаллических материалов; альбомы микроструктур металлов и металлических сплавов; лабораторные стенды образцов и наглядных пособий кафедры; стандартные шкалы изображений микроструктур по ГОСТ 5639.

Программное обеспечение:

| Функциональное назначение | Бесплатное программное обеспечение | Ссылки |
|----------------------------------|---|---|
| Офисный пакет | Libre Office 6.3.1 | https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice |
| Операционная система | UBUNTU 19.04 | https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu |
| Браузер | Firefox Mozilla | http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx |
| Браузер | Opera | http://www.opera.com |
| Почтовый клиент | Mozilla Thunderbird | http://www.mozilla.org/ru/thunderbird |
| Файл-менеджер | Far Manager | http://www.farmanager.com/download.php |
| Архиватор | 7Zip | http://www.7-zip.org/ |
| Графический редактор | GIMP (GNU Image Manipulation Program) | http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP |
| Редактор PDF | PDFCreator | http://www.pdfforge.org/pdfcreator |
| Аудиоплеер | VLC | http://www.videolan.org/vlc/ |

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт фонда оценочных средств по учебной дисциплине «Теория и технология получения порошковых материалов и изделий» Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины

| № п/п | Код контролируемой компетенции | Формулировка контролируемой компетенции | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине) | Контролируемые темы учебной дисциплины, практики | Этапы формирования (семестр изучения) |
|-------|--------------------------------|--|---|---|---------------------------------------|
| 1 | ОПК-5 | Способен решать научно-исследовательские задачи при осуществлении профессиональной деятельности с применением современных информационных технологий и прикладных аппаратно-программных средств | ОПК-5.1. Понимает специфику и особенности применения современных информационных технологий и программных средств для решения научно-исследовательских задач при осуществлении профессиональной деятельности | Тема 1. Введение в курс. Классификация методов получения порошков. Тема 2. Восстановители и защитные среды. | 5 |
| | | | ОПК-5.2. Демонстрирует умение рационально выбирать современные методы решения научных задач в профессиональной деятельности | Тема 3. Механические методы получения порошков. | |
| | | | ОПК-5.3. Использует современные информационные технологии и программные средства для решения профессиональных задач | Тема 4. Физико-химические методы получения порошков металлов | |
| 2 | ОПК-6 | Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии | ОПК-6-2. Выбирает эффективные средства и технологии для решения профессиональных задач | Тема 5. Методы получения порошков тугоплавких соединений. Тема 6. Методы получения металлических волокон. | 5 |
| 3 | ПК-6 | Способен разрабатывать, сопровождать, | ПК-6.3. Участствует в контроле | Тема 7. Методы кон- | 5 |

| | | | | | |
|---|-------------|--|--|---|---|
| | | дать и интегрировать типовые технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов | опытной партии изделий по типовым технологическим процессам термической обработки | <p>троля качества металлических порошков.</p> <p>Управление качеством продукции.</p> <p>Тема 8.</p> <p>Классификация методов формования изделий из порошков.</p> <p>Подготовка порошков к формованию</p> <p>Тема 15.</p> <p>Классификация методов формования изделий из порошков.</p> <p>Тема 19.</p> <p>Обработка порошковых изделий</p> | |
| 4 | ПК-7 | Способен разрабатывать, сопровождать и интегрировать инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов в том числе по выбору новых материалов, покрытий, обработки и модификации | ПК-7.1. Участствует в разработке инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов | Тема 9. Общие закономерности процессов формования Тема 10. Методы формования изделий на основе порошков | 5 |
| | | | ПК-7.2. Участствует в сопровождении инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов | Тема 11. Теория и практика спекание изделий из порошков. Тема 12. Обработка порошковых изделий. Тема 13. Методы контроля порошковых формовок и спеченных изделий Тема 14. Характеристика свойств порошков | |
| | | | ПК-7.3. Участствует в интегри- | Тема 18. Методы формо- | |

| | | | | | |
|--|--|--|---|---|--|
| | | | ровании инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии | вания порошковых изделий Тема 17. Спекание порошковых заготовок | |
|--|--|--|---|---|--|

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

| № п/п | Код контролируемой компетенции | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине) | Перечень планируемых результатов | Контролируемые темы учебной дисциплины | Наименование оценочного средства |
|-------|--|---|--|---|---|
| 1 | ОПК-5 Способен решать научно-исследовательские задачи при осуществлении профессиональной деятельности с применением современных информационных технологий и прикладных аппаратно-программных средств | ОПК-5.1. Понимает специфику и особенности применения современных информационных технологий и программных средств для решения научных задач при осуществлении профессиональной | <p>знать: специфику и особенности применения современных информационных технологий и программных средств для решения научных задач при осуществлении профессиональной деятельности</p> <p>уметь: использовать специфику и особенности применения современных информационных технологий и программных средств для решения научных задач при осуществлении профессиональной деятельности</p> <p>владеть: спецификой и особенностями применения современных информационных технологий и программных средств для решения научных задач при осуществлении профессиональной деятельности</p> | Тема 1. Введение в курс. Классификация методов получения порошков. Тема 2. Восстановители и защитные среды. | Задания к практическим и лабораторным занятиям; вопросы к экзамену |

| | | | | | |
|--|--|---|--|---|--|
| | | <p>ОПК-5.2. Демонстрирует умение рационально выбирать современные методы решения научных задач в профессиональной деятельности</p> | <p>знать: основы рационального выбора современных методов решения научных задач в профессиональной деятельности</p> <p>уметь: рационально выбирать современные методы решения научных задач в профессиональной деятельности</p> <p>владеть: рациональным выбором современных методов решения научных задач в профессиональной деятельности</p> | <p>Тема 3. Механические методы получения порошков.</p> | |
| | | <p>ОПК-5.3. Использует современные информационные технологии и программные средства для решения профессиональных задач</p> | <p>знать: современные информационные технологии и программные средства для решения профессиональных задач</p> <p>уметь: использовать современные информационные технологии и программные средства для решения профессиональных задач</p> <p>владеть: навыками современных информационных технологий и программных средств для решения профессиональных задач</p> | <p>Тема 4. Физико-химические методы получения порошков металлов</p> | |

| | | | | | |
|---|--|--|---|---|---|
| 2 | <p>ОПК-6 Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии</p> | <p>ОПК-6-2. Выбирает эффективные средства и технологии для решения профессиональных задач</p> | <p>знать: современные информационные технологии и программные средства для решения профессиональных задач уметь: использовать современные информационные технологии и программные средства для решения профессиональных задач владеть: навыками современных информационных технологий и программных средств для решения профессиональных задач</p> | <p>Тема 5. Методы получения порошков тугоплавких соединений. Тема 6. Методы получения металлических волокон.</p> | <p>Задания к практическим и лабораторным занятиям; вопросы к экзамену</p> |
| 3 | <p>ПК-6. Способен разрабатывать, сопровождать и интегрировать типовые технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов</p> | <p>ПК-6.3. Участствует в контроле опытной партии изделий по типовым технологическим процессам термической обработки</p> | <p>знать: особенности контроля опытной партии изделий по типовым технологическим процессам термической обработки уметь: осуществлять контроль опытной партии изделий по типовым технологическим процессам термической обработки владеть: навыками контроля опытной партии изделий по типовым технологическим процессам в области материаловедения и технологии материалов</p> | <p>Тема 7. Методы контроля качества металлических порошков. Управление качеством продукции. Тема 8. Классификация методов формования изделий из порошков. Подготовка порошков к формованию Тема 15. Классификация методов формования изделий из порошков. Тема 19. Обработка порошковых изделий</p> | <p>Задания к практическим и лабораторным занятиям; вопросы к экзамену</p> |

| | | | | | |
|---|---|--|---|--|---|
| 4 | ПК-7 Способен разрабатывать, сопровождать и интегрировать инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов в том числе по выбору новых материалов, покрытий, обработки и модификации | ПК-7.1. Участвует в разработке инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов | знать: разработку инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов уметь: разрабатывать инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов владеть: разработкой инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов | Тема 9. Общие закономерности процессов формования Тема 10. Методы формования изделий на основе порошков | Задания к практическим и лабораторным занятиям; вопросы к экзамену |
| | | ПК-7.2. Участвует в сопровождении инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов | знать: инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов уметь: сопровождать инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов владеть: сопровождением инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов | Тема 11. Теория и практика спекание изделий из порошков. Тема 12. Обработка порошковых изделий. Тема 13. Методы контроля порошковых формовок и спеченных изделий Тема 14. Характеристика свойств порошков | |
| | | ПК-7.3. Участвует в интегрировании инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии | знать: интегрированные инновационные технологические процессы в области материаловедения и технологии уметь: участвовать в интегрировании инновационных технологических процессов в области | Тема 18. Методы формования порошковых изделий Тема 17. Спекание порошковых заготовок | |

| | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|
| | | | материаловедения и технологии владеть: интегрированными инновационными технологическими процессами в области материаловедения и технологии | | |
|--|--|--|---|--|--|

Задания для практических занятий:

Занятие 1. Маркировка порошков по гостам, состав, свойства и область применения порошков

Задание. 1. Изучить особенности обозначения порошковых материалов, характеристики методов их получения и область применения порошков;

2. Расшифровать следующие марки порошков: ПХ18Н15, ПХ23Н18, ПХ18Н9Т, ПХ3О, ПРОХ18Н10, ПРХ18Н9, ПРН, ПР-Н2М, ПР-НМ, ПН55Т45, ПР-Х18Н9, ПР-06ХН28МДТ, ПР-04Х9Н11МЗ, ПРХ18Н10С, ПР-Х18Н9, ПР-06ХН28МДТ, ПР-04Х19Н11МЗ;

3. Привести обозначения порошков.

Контрольные вопросы:

1. Какова структура Международной организации по стандартизации?
2. Назовите основные задачи и сферу деятельности Международной организации по стандартизации.
3. Изложите основы маркировки металлических порошков.
4. Назовите основные марки порошка платины.
5. Расшифруйте следующие марки порошков: ПХ18Н15, ПХ23Н18.

Занятие 2. Расчет эффективных условий получения порошков заданного состава в шаровых мельницах

Задание. 1. Определить скоростные режимы измельчения материала (крупный и тонкий помол) исходя из технических характеристик шаровой мельницы;

2. Рассчитать объемы загружаемых в мельницу размольных тел, измельчаемого материала и количество жидкости;

3. Провести проверку полученных расчетов;

4. В отчете по работе привести порядок определения величин.

Контрольные вопросы:

1. Назовите факторы, определяющие эффективность помола материалов в шаровой мельнице.
2. Чему равна критическая скорость вращения барабана шаровой мельницы?
3. Каково оптимальное количество размольных тел, загружаемых в барабан мельницы?
4. За счет чего размольные тела в барабане мельницы поднимаются вверх?
5. Нужно ли вводить в барабан мельницы дисперсионную среду при помоле порошков металлов, имеющих высокое сродство к кислороду?
6. Как предотвращается самовозгорание металлических порошков при помоле в шаровой мельнице, если помол ведется в воздушной среде?
7. Для чего в барабан мельницы вводится дисперсионная среда?
8. Как определить оптимальное количество жидкой среды, вводимой в барабан мельницы при грубом и тонком помоле?
9. Каково оптимальное соотношение массы размольных тел к массе измельчаемого материала при грубом и тонком помоле?

Занятие 3. Расчет условий прессования порошков металлов. Зависимость плотности прессовки от давления прессования

Задание. 1. Изучить особенности процесса прессования изделий из пластичных и непластичных материалов.

2. Пользуясь исходными данными определить значения давления прессования при получении изделий из порошков металлов с относительной плотностью 70, 80 и 90 % соответственно.

Контрольные вопросы:

1. Чем отличается процесс прессования порошкового тела от прессования компактного металла?
2. Какие факторы определяют выбор условий прессования порошков?
3. Назовите основные стадии процесса уплотнения порошкового тела.
4. Напишите уравнения, характеризующие количественную зависимость плотности прессовки от давления прессования.
5. Что учитывают такие показатели процесса прессования, как фактор и показатель прессования?
6. Напишите уравнение, позволяющее определить фактор прессования. Поясните его.
7. Напишите уравнение прессования для идеального процесса уплотнения (без учета влияния внешнего трения). Поясните его.

Занятие 4. Стандарты порошковой металлургии и их применение на практике

Задание. 1. Изучить общие вопросы стандартизации в области порошковой металлургии их применение на практике:

2. Привести и изучить стандартную характеристику металлических порошков;
3. Привести и изучить стандарты по контролю физико-технологических свойств металлических порошков.

Контрольные вопросы:

1. В каком году была создана организация по стандартизации (ИСО)?
2. Назовите основные задачи и сферу деятельности Международной организации по стандартизации.
3. Перечислите основные физико-технологические свойства металлических порошков.
4. Назовите основные методы определения размера частиц и гранулометрического состава металлических порошков.
5. Какой ГОСТ распространяется на медный порошок?

Занятие 5. Принципы конструирования закрытых пресс-форм для холодного прессования порошков

Задание. 1. Пользуясь справочными данными определить группу сложности прессуемой детали;

2. Разработать и изобразить кинематическую схему процесса прессования и конструкцию матрицы пресс-формы.

Контрольные вопросы:

1. Назовите методы дозировки порошка в пресс-форму.
2. Какой из методов дозировки применяется при прессовании изделий на автоматическом прессе?
3. Назовите группы сложности изделий. Чем отличаются эти группы друг от друга?
4. Назовите основные детали пресс-инструмента.
5. Какой принцип лежит в основе конструирования пресс-форм для прессования порошков?
6. Какие пуансоны применяют для прессования заготовок очень сложной формы?
7. Перечислите последовательность операций прессования изделий из порошков.
8. На каком этапе процесса прессования извлекают иглу из формовки?

Занятие 6. Расчет закрытых пресс-форм для холодного прессования порошков

Задание. Пользуясь справочными данными рассчитать параметры пресс-инструмента для формования прессовки изделия:

- 1) общую высоту матрицы пресс-формы;
- 2) размеры рабочей полости матрицы пресс-формы;
- 3) внешние размеры матрицы пресс-формы;
- 4) расчет пуансонов;
- 5) размеры стержня.

Контрольные вопросы:

1. Какова величина закрытой пористости спеченного изделия?
2. Как определить плотность спеченного тела, имеющего закрытую пористость?
3. Для чего нижний пуансон вводят в полость матрицы перед началом прессования?
4. Как определить объемные изменения при прессовании порошкового тела?
5. Как определить объемные изменения при прессовании и спекании порошкового тела?
6. С чем связано наличие радиальных и аксиальных упругих последствий при прессовании?
7. Назовите методы дозировки порошка при заполнении им прессформы.
8. Какой из методов дозировки применяется при прессовании материалов на автоматических прессах?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «практическое занятие»

| Шкала оценивания (интервал баллов) | Критерий оценивания |
|---------------------------------------|---|
| 5 | Задание выполнено на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.) |
| 4 | Задание выполнено на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.) |
| 3 | Задание выполнено на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.) |
| 2 | Задание выполнено на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.) |

Задание для лабораторных занятий:

Лабораторная работа №1. Получение порошков механическим способом

- Задание. 1. Освоить методику получения порошков механическим способом;
2. Проанализировать процесс размола и формирования структуры получаемых порошков;
 3. Определить влияние технологических параметров на процесс размола и свойства получаемых материалов.

Контрольные вопросы:

1. Для измельчения каких материалов целесообразно использовать шаровые мельницы?
2. Назовите основные виды шаровых мельниц.
3. Чему равна критическая скорость вращения барабана мельницы?
4. Назовите основные факторы, определяющие степень помола в шаровых мельницах.
5. Укажите механизмы перехода мельницы в различные режимы.

6. Назовите основные режимы работы шаровых мельниц.
7. Какие усилия (в основном) действуют на измельчаемый материал в режимах интенсивного измельчения и истирания?
8. Как можно предотвратить пыление и агрегатирование порошка при его размоле?

Лабораторная работа №2. Определение гранулометрического состава и микротвердости порошков

Задание. Ознакомиться с основными методами контроля зернистости в порошковой металлургии и определение гранулометрического состава порошка методом ситового анализа.

Контрольные вопросы:

1. Что из себя представляет металлический порошок?
2. На какие группы в зависимости от размеров частиц подразделяются порошки?
3. Дайте определение понятию «гранулометрический состав порошка».
4. Какими методами определяют гранулометрический состав порошка?
5. В чем заключается сущность ситового анализа?
6. В чем заключается сущность микроскопического анализа?
7. В чем заключается сущность седиментационного анализа?
8. В чем отличие испытания на микротвердость от испытаний по методу кинетической микротвердости?
9. Какой индентор используется в этом виде испытания?
10. Какие параметры механических свойств материалов можно определить, используя этот метод испытаний?
11. Как проводятся испытания по методу кинетической микротвердости?
12. Какие виды материалов можно испытывать этим методом?
13. Относится ли этот метод к методам неразрушающего контроля?
14. По какой ветви нагружения или разгружения определяется модуль упругости материала?

Лабораторная работа №3. Компактирование порошковой шихты

Задание. 1. Определить зависимость плотности прессовки от давления прессования
2. Изучить особенности процесса прессования изделий из пластичных и непластичных материалов.

Контрольные вопросы:

1. Какие методы смешения являются основными?
2. Как можно оценить качество смешения?
3. Какие данные необходимы для расчета времени достижения требуемой однородности смешивания?
4. Чем отличается процесс прессования порошкового тела от прессования компактного металла?
5. Какие факторы определяют выбор условий прессования порошков?
6. Назовите основные стадии процесса уплотнения порошкового тела.
7. Напишите уравнения, характеризующие количественную зависимость плотности прессовки от давления прессования.
8. Что учитывают такие показатели процесса прессования, как фактор и показатель прессования?

Лабораторная работа №4. Спекание однокомпонентных систем

Задание. Изучить особенности процесса спекания однокомпонентных систем.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные стадии процесса спекания.
2. Что образуется на второй стадии процесса спекания?
3. Чем характеризуется завершающая стадия процесса спекания?
4. Назовите основные этапы твердофазного спекания порошкового тела.

5. Дайте характеристику этапам твердофазного спекания.
6. Что такое коалесценция?
7. Назовите основные подходы, дающие представление о движущих силах процесса спекания.
8. Напишите и объясните суть уравнения, определяющего равновесие фаз на внешней поверхности шейки.
9. Назовите основные движущие силы процесса спекания.
10. Кто разработал систему уравнений для оценки отклонения концентрации вакансий от равновесной из-за кривизны межфазной границы?
11. Что является движущей силой механизма переноса вещества, связанного с процессом диффузионной ползучести?

Лабораторная работа №5. Металлографическое исследование сформованных и спеченных материалов.

1. Определить пористость и характер распределения фаз, проведя металлографическое исследование сплавов WC–Co, TiC–WC–Co.

Контрольные вопросы:

1. Какие параметры влияют на образование структуры порошковых изделий?
2. Назовите основные структурные составляющие порошковых изделий.
3. Каким образом химический состав компонентов влияет на формирование структуры?
4. Как состав материала и условия нагрева влияют на формирование структуры?
5. Что из себя представляет металлографическое исследование структуры спеченных порошковых материалов?

Лабораторная работа №6. Определение механических свойств порошкового материала

Задание. Изучить методику определения механических свойств порошкового материала.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите факторы, оказывают влияние на механические свойства порошковых тел?
2. Как изменяется прочность порошкового тела при увеличении пористости?
3. Стандарты регламентирующие механические свойства пористых тел.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «лабораторная работа»

| Шкала оценивания (интервал баллов) | Критерий оценивания |
|------------------------------------|---|
| 5 | Задание выполнено на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.) |
| 4 | Задание выполнено на среднем уровне (студент в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.) |
| 3 | Задание выполнено на низком уровне (студент допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.) |
| 2 | Задание выполнено на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.) |

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

Тест 1

1. Технологические схемы и оборудование для получения, очистки и регенерации газовых сред.
2. Характеристика свойств порошков.
3. Структурные составляющие порошковых материалов.
4. Расшифровать следующие марки порошков: ПХ18Н15, ПХ18Н9Т, ПХ3О, , ПРХ18Н9, ПРН, ПР-Н2М, ПН55Т45, ПР-Х18Н9, ПР-06ХН28МДТ, ПР-04Х9Н11М3, ПР-Х18Н9, ПР-06ХН28МДТ, ПР-04Х19Н11М3.

Тест 2

1. Размол в шаровых вибрационных мельницах.
2. Горячее прессование.
3. Брак при спекании и меры его предупреждения.
4. Расшифровать следующие марки порошков: ПХ23Н18, ПХ18Н9Т, ПХ3О, ПРОХ18Н10, ПРН, ПР-Н2М, ПР-НМ, ПН55Т45, ПР-Х18Н9, ПР-06ХН28МДТ, , ПРХ18Н10С, ПР-Х18Н9, ПР-04Х19Н11М3.

Тест 3

1. Измельчение ультразвуком.
2. Спекание многокомпонентных систем.
3. Методы исследования структуры.
4. Расшифровать следующие марки порошков: ПХ3О, ПРОХ18Н10, ПРХ18Н9, ПРНПН55Т45, ПР-Х18Н9, ПР-06ХН28МДТ, ПР-04Х9Н11М3, ПРХ18Н10С, ПР-Х18Н9, ПР-06ХН28МДТ, ПР-04Х19Н11М3.

Тест 4

1. Изостатическое формование.
2. Основные этапы процесса формования.
3. Спекание с жидкой фазой, присутствующей до конца изотермической выдержки.
4. Расшифровать следующие марки порошков: ПХ18Н15, ПХ23Н18, ПР-НМ, ПН55Т45, ПР-Х18Н9, ПР-06ХН28МДТ, ПР-04Х9Н11М3, ПРХ18Н10С, ПР-Х18Н9, ПР-06ХН28МДТ, ПР-04Х19Н11М3.

Тест 5

1. Восстановление твердых или расплавленных химических соединений.
2. Прокатка порошков.
3. Шликерное формование.
4. Расшифровать следующие марки порошков: ПХ18Н15, ПХ23Н18, ПХ18Н9Т, ПХ3О, ПРОХ18Н10, ПРХ18Н9, ПРН, ПР-Н2М, ПР-НМ, ПН55Т45, ПР-Х18Н9, ПР-06ХН28МДТ, ПР-04Х9Н11М3, ПРХ18Н10С.

Тест 6

1. Технологические аспекты процесса электролиза. Факторы, определяющие характер катодного осадка.
2. Виды брака при прессовании, факторы, способствующие его проявлению. Борьба с браком формовок.

3. Спекание однокомпонентных систем.

4. Расшифровать следующие марки порошков: ПХ18Н15, ПХ23Н18, ПХ18Н9Т, ПХ3О, ПРОХ18Н10, ПРХ18Н9, ПРН, ПР-Н2М, ПР-НМ, ПН55Т45, ПР-06ХН28МДТ, ПР-04Х19Н11М3.

Тест 7

1. Получение порошков методом размола.

2. Импульсное формование.

3. Обработка порошковых изделий

4. Расшифровать следующие марки порошков: ПХ18Н9Т, ПХ3О, ПРОХ18Н10, ПРХ18Н9, ПРН, ПН55Т45, ПР-Х18Н9, ПР-06ХН28МДТ, ПР-04Х9Н11М3, ПР-06ХН28МДТ, ПР-04Х19Н11М3.

Тест 8

1. Восстановители и защитные среды.

2. Схема карбонильного метода.

3. Общая характеристика процесса жидкофазного спекания.

4. Расшифровать следующие марки порошков: ПХ18Н9Т, ПХ3О, ПРОХ18Н10, ПРХ18Н9, ПРН, ПР-Н2М, ПР-НМ, ПН55Т45, ПР-Х18Н9, ПР-06ХН28МДТ, ПР-06ХН28МДТ, ПР-04Х19Н11М3.

Тест 9

1. Методы распыления расплавов.

2. Получение порошков железа и его сплавов методом термодиффузного насыщения.

3. Механизмы массопереноса вещества.

4. Расшифровать следующие марки порошков: ПХ18Н9Т, ПХ3О, ПРОХ18Н10, ПРХ18Н9, ПР-НМ, ПН55Т45, ПР-Х18Н9, ПР-06ХН28МДТ, ПР-04Х9Н11М3, ПРХ18Н10С, ПР-Х18Н9, ПР-06ХН28МДТ.

Тест 10

1. Получение порошков тугоплавких соединений восстановлением кислородных соединений и путем прямого синтеза из элементов.

2. Газостатическое формование.

3. Спекание многокомпонентных систем.

4. Расшифровать следующие марки порошков: ПХ18Н15, ПХ23Н18, ПХ18Н9Т, ПХ3О, ПРОХ18Н10, ПРХ18Н9, ПРН, ПР-Н2М, ПР-НМ, ПН55Т45, ПР-Х18Н9, ПР-06ХН28МДТ.

Тест 11

1. Получение порошков железа и его сплавов методом термодиффузного насыщения.

2. Подготовка порошков к прессованию.

3. Термическая, химико-термическая и термомеханическая обработка изделий.

4. Расшифровать следующие марки порошков: ПРН, ПР-Н2М, ПР-НМ, ПН55Т45, ПР-Х18Н9, ПР-06ХН28МДТ, ПР-04Х9Н11М3, ПРХ18Н10С, ПР-Х18Н9, ПР-06ХН28МДТ, ПР-04Х19Н11М3.

Тест 12

1. Теория разрушения компактного материала.

2. Основы механизма уплотнения.

3. Спекание многокомпонентных систем.
4. Расшифровать следующие марки порошков: ПХ18Н15, ПХ23Н18, ПХ18Н9Т, ПХ3О, ПРОХ18Н10, ПРХ18Н9, ПРН, ПР-Н2М, ПР-НМ, ПН55Т45, ПР-06ХН28МДТ, ПР-04Х19Н11М3.

Тест 13

1. Получение порошков цветных металлов и их сплавов.
2. Литье из термопластичных шликеров.
3. Спекание с жидкой фазой, присутствующей до конца изотермической выдержки.
4. Расшифровать следующие марки порошков: ПР-Х18Н9, ПР-06ХН28МДТ, ПР-04Х9Н11М3, ПРХ18Н10С, ПР-Х18Н9, ПР-06ХН28МДТ, ПР-04Х19Н11М3.

Тест 14

1. Методы распыления расплавов.
2. Основы механизма уплотнения.
3. Брак при спекании и меры его предупреждения.
4. Расшифровать следующие марки порошков: ПХ23Н18, ПХ18Н9Т, ПХ3О, ПРОХ18Н10, ПРХ18Н9, ПРН, ПР-НМ, ПН55Т45, ПР-Х18Н9, ПР-06ХН28МДТ, ПР-04Х9Н11М3, ПР-Х18Н9, ПР-04Х19Н11М3.

Тест 15

1. Ультразвуковое диспергирование легкоплавких металлов и сплавов.
2. Зависимость плотности прессовки от усилия прессования и схемы нагружения порошкового тела.
3. Спекание с жидкой фазой, исчезающей в процессе спекания.
4. Расшифровать следующие марки порошков: ПХ23Н18, ПХ18Н9Т, ПХ3О, ПРОХ18Н10, ПРХ18Н9, ПРН, ПР-Н2М, ПР-Х18Н9, ПР-06ХН28МДТ, ПР-04Х9Н11М3, ПРХ18Н10С, ПР-Х18Н9, ПР-06ХН28МДТ.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «экзамен»

| Шкала оценивания (интервал баллов) | Критерий оценивания |
|---------------------------------------|---|
| отлично (5) | Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. |
| хорошо (4) | Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач. |
| удовлетворительно (3) | Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допус- |

| | |
|-------------------------|--|
| | кает до 30% ошибок в излагаемых ответах. |
| неудовлетворительно (2) | Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы |

Лист изменений и дополнений

| № п/п | Виды дополнений и изменений | Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения | Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами) |
|----------|-----------------------------|--|--|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |