

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Максимов Алексей Борисович  
Должность: директор департамента по образовательной политике  
Дата подписания: 16.10.2023 14:48:05  
Уникальный программный идентификатор:  
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ



Декан факультета машиностроения  
/Е.В. Сафонов/

.....2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Порошковые технологии»**

Направление подготовки

**22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»**

**Профиль: «Перспективные материалы и технологии»**

Квалификация (степень) выпускника

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Москва 2020 г.

Программа дисциплины «Порошковые технологии» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов», профиль подготовки "Перспективные материалы и технологии"

Программу составили:

\_\_\_\_\_ 

ст. преподаватель Тер-Ваганяц Ю.С.

Программа дисциплины «Порошковые технологии» по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов», утверждена на заседании кафедры «Материаловедение».

«22» июня 2020 г., протокол № 12

Заведующий кафедрой «Материаловедение»  
проф., д.т.н.



/Шляпин А.Д./

Программа согласована с руководителем образовательной программы  
«Материаловедение в машиностроении»

\_\_\_\_\_ 

/И.А. Курбатова/

«22» июня 2020 г.

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета  
Машиностроения

Председатель комиссии



/А.Н. Васильев/

«25» 06 2020 г. Протокол: № 8-20

22.03.01/01/34

## 1. Цели освоения дисциплины.

К **основным целям** освоения дисциплины «Порошковые технологии» следует отнести:

- формирование знаний о современных методах получения порошковых металлов и сплавов, а также изделий из них;
- подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению, в том числе формирование умений по выявлению необходимых усовершенствований и разработке новых, более эффективных методов получения порошковых материалов.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Порошковые технологии» следует отнести:

- освоение способов получения порошковых материалов, технологических приемов формообразования изделий из порошковых материалов и механизмов, протекающих при спекании порошковых тел.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата.

Дисциплина «Порошковые технологии» относится к числу учебных дисциплин по выбору основной образовательной программы бакалавриата.

«Порошковые технологии» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

*В вариативной части базового цикла (Б1):*

- Металлические материалы;
- Выбор материалов для изготовления изделий;
- Технология конструкционных материалов;
- Методы определения свойств материалов.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

| Код компетенции | В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать         | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине   |
|-----------------|---|---|
| ПК-4            | способностью использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, | <b>знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• основы влияния механического термического, химико-термического и термо-механического воздействия в процессе производства на изменения</li></ul> |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | <p>анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации</p> | <p>структуры и свойств порошковых материалов;</p> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• правильно выбирать порошковый материал и технологию его производства с целью получения заданной структуры и свойств, обеспечивающих высокую надежность и долговечность деталей машин</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методами оптимизации технологических процессов порошковой металлургии для конкретного типа производства</li> </ul> |
|--|---|--|

#### 4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет **3** зачетные единицы, т.е. **108** академических часов (из них 54 часа – самостоятельная работа студентов).

Разделы дисциплины «Порошковые технологии» изучаются на втором курсе.

**Третий семестр:** лекции – 1 час в неделю (18 часов), семинарские занятия – 1 час в неделю (18 часов), лабораторные работы - 1 час в неделю (18 часов) форма контроля – экзамен.

Структура и содержание дисциплины «Порошковые технологии» по срокам и видам работы отражены в Приложении 3.

#### Содержание разделов дисциплины.

##### Введение

Предмет, задачи и содержание дисциплины. Современное состояние и перспективы развития производства порошковых материалов. Структура курса, его место и роль в подготовке специалиста, связь с другими дисциплинами.

##### Основные термины и определения.

Понятия о «металлическом порошке», «прессуемости и формуемости металлического порошка», «спекании металлического порошка», «конструкционном порошковом материале», «композиционном порошковом материале» (ГОСТ 17359-82).

##### Свойства металлических порошков и методы их получения.

*Свойства порошков и методы их определения.*

Химические, физические и технологические свойства порошков. Форма, размер частиц и методы их определения. Методы анализа дисперсности порошка. Удельная поверхность, пикнометрическая плотность и микротвердость частиц.

ГОСТы и ТУ на металлические порошки. Техника безопасности при работе с порошками.

### *Измельчение твердых материалов.*

Методы измельчения твердых материалов: обработка резанием, размол в шаровых вращающихся мельницах, ультразвуковое диспергирование, размол в вихревых и струйных мельницах, размол в молотковых мельницах, измельчение в щековых, валковых и конусных дробилках, измельчение ультразвуком.

### *Диспергирование металлических расплавов.*

Виды диспергирования расплавов: центробежное и ультразвуковое распыление. Технология распыления порошков различных металлов.

### *Восстановление химических соединений.*

Классификация методов восстановления железа: физико-химические, механические. Термодинамика и кинетика процессов восстановления. Восстановители, их свойства и методы получения.

### *Производство порошков электролизом.*

Физико-химические основы выделения порошков металлов. Технология получения порошков меди, никеля и других металлов электролизом водных растворов. Технология получения порошков тантала, титана и других металлов электролизом расплавов.

*Производство порошков термической диссоциацией химических соединений и другими методами.*

Физико-химические основы карбонильного метода. Технология карбонильных порошков железа и никеля. Межкристаллитная коррозия, возгонка и конденсация, термодиффузионное насыщение и другие методы получения порошков различных металлов и сплавов.

## **Методы формования металлических порошков.**

Классификация методов формования на статические и динамические. Подготовительные операции порошков к формованию. Смешивание порошков.

### *Прессование металлических порошков.*

Технология, достоинства и недостатки прессования. Физические основы прессования металлических порошков. Прочность прессовок. Использование смазок при прессовании: инертные и активные. Практика прессования и брак при прессовании. Нагружающие устройства – прессы.

### *Статические методы формования металлических порошков.*

Изоэластическое формование: сущность, преимущества и недостатки. Технология гидростатического формования. Газостатическое формование: сущность, преимущества и недостатки. Метод формования в толстостенных эластичных оболочках. Технологические процессы мундштучного, шликерного и инъекционного формования. Вибрационное формование: сущность метода и классификация.

### *Прокатка металлических порошков.*

Виды, технология, достоинства и недостатки метода. Геометрические и технологические параметры прокатки. Три основных периода прокатки: начальный неустановившийся, установившийся и конечный нестационарный период. Схемы прокатки: вертикальная, горизонтальная и наклонная.

### *Динамические методы формования металлических порошков.*

Преимущества и недостатки. Технологии взрывного, электрогидравлического, электромагнитного и пневмомеханического формования. Оценка результатов динамического формования.

### **Спекание металлических порошков.**

Классификация методов спекания: твердофазное, горячее прессование, жидкофазное спекание.

#### *Спекание однокомпонентных систем*

Термодинамические предпосылки спекания однокомпонентных систем. Стадии спекания. Движущие силы спекания однокомпонентных систем. Механизмы массопереноса. Ползучесть кристаллических тел. Рекристаллизация при спекании. Уплотнение при спекании. Анизотропия усадки, зональное обособление. Влияние технологических факторов на процесс спекания. Активированное спекание.

#### *Спекание многокомпонентных систем*

Общие закономерности спекания. Спекание систем с неограниченной и ограниченной растворимостью компонентов. Спекание систем с невзаимодействующими компонентами. Закономерности спекания многокомпонентных систем с образованием жидкой фазы (жидкофазное спекание). Инфильтрация: физико-химические основы и закономерности.

#### *Практика спекания.*

Атмосферы спекания и защитные засыпки. Брак при спекании и меры по его предупреждению.

## **5. Образовательные технологии.**

Методика преподавания дисциплины «Порошковые технологии» и реализация компетентного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

- подготовка, представление и обсуждение презентаций на семинарских занятиях;
- организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме устного опроса.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- подготовка и выступление на семинарском занятии с презентацией и обсуждением;

- реферат;

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания в форме устного опроса, для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины, защита рефератов.

Образцы заданий для проведения текущего контроля и экзаменационных билетов, приведены в приложении 2.

### **6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).**

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

| <b>Код компетенции</b> | <b>В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать</b>   |
|------------------------|--|
| <b>ПК-4</b>            | способностью использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации |

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

### **6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания.**

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

|   |                            |          |          |          |
|---|----------------------------|----------|----------|----------|
| <b>ПК-4:</b> способностью использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации |                            |          |          |          |
| <b>Показатель</b>   | <b>Критерии оценивания</b> |          |          |          |
|   | <b>2</b>                   | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> |

|  |  |  |   |   |
|--|--|--|---|---|
| <p><b>знать:</b><br/>основы влияния механического термического, химико-термического и термо-механического воздействия в процессе производства на изменения структуры и свойств порошковых материалов</p> | <p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: основы влияния механического термического, химико-термического и термо-механического воздействия в процессе производства на изменения структуры и свойств порошковых материалов.</p> | <p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: основы влияния механического термического, химико-термического и термо-механического воздействия в процессе производства на изменения структуры и свойств порошковых материалов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.</p> | <p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: основы влияния механического термического, химико-термического и термо-механического воздействия в процессе производства на изменения структуры и свойств порошковых материалов, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.</p> | <p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: основы влияния механического термического, химико-термического и термо-механического воздействия в процессе производства на изменения структуры и свойств порошковых материалов, свободно оперирует приобретенными знаниями.</p> |
| <p><b>уметь:</b><br/>правильно выбирать порошковый материал и технологию его производства с целью получения заданной структуры и свойств,</p>  | <p>Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет правильно выбирать порошковый материал и технологию его производства с целью получения заданной структуры и свойств, обеспечивающих высокую надежность и долговечность деталей машин.</p>                                  | <p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: правильно выбирать порошковый материал и технологию его производства с целью получения заданной структуры и свойств, обеспечивающих</p>   | <p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: правильно выбирать порошковый материал и технологию его производства с целью получения заданной структуры и свойств, обеспечивающих высокую надежность</p>  | <p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: правильно выбирать порошковый материал и технологию его производства</p>   |



|   |  |   |   |   |
|---|--|---|---|---|
| <p>обеспечиваю<br/>щих<br/>высокую<br/>надежность и<br/>долговечность<br/>деталей<br/>машин</p>   |  | <p>высокую надежность<br/>и долговечность<br/>деталей машин.<br/>Допускаются<br/>значительные ошибки,<br/>проявляется<br/>недостаточность<br/>умений, по ряду<br/>показателей,<br/>обучающийся<br/>испытывает<br/>значительные<br/>затруднения при<br/>оперировании<br/>умениями при их<br/>переносе на новые<br/>ситуации.</p>   | <p>и долговечность<br/>деталей машин.<br/>Умения освоены, но<br/>допускаются<br/>незначительные<br/>ошибки, неточности,<br/>затруднения при<br/>аналитических<br/>операциях, переносе<br/>умений на новые,<br/>нестандартные<br/>ситуации.</p>  | <p>с целью<br/>получения<br/>заданной<br/>структуры и<br/>свойств,<br/>обеспечиваю<br/>щих высокую<br/>надежность и<br/>долговечность<br/>деталей<br/>машин.<br/>Свободно<br/>оперирует<br/>приобретенным<br/>и умениями,<br/>применяет их в<br/>ситуациях<br/>повышенной<br/>сложности.</p>            |
| <p><b>владеть:</b><br/>методами<br/>оптимизации<br/>технологичес<br/>ких<br/>процессов<br/>порошковой<br/>металлургии<br/>для<br/>конкретного<br/>типа<br/>производства</p> | <p>Обучающийся не владеет<br/>или в недостаточной<br/>степени владеет методами<br/>оптимизации<br/>технологических<br/>процессов порошковой<br/>металлургии для<br/>конкретного типа<br/>производства.</p> | <p>Обучающийся владеет<br/>методами<br/>оптимизации<br/>технологических<br/>процессов<br/>порошковой<br/>металлургии для<br/>конкретного типа<br/>производства в<br/>неполном объеме,<br/>допускаются<br/>значительные ошибки,<br/>проявляется<br/>недостаточность<br/>владения навыками по<br/>ряду показателей,<br/>Обучающийся<br/>испытывает<br/>значительные<br/>затруднения при<br/>применении навыков в<br/>новых ситуациях.</p> | <p>Обучающийся частично<br/>владеет методами<br/>оптимизации<br/>технологических<br/>процессов<br/>порошковой<br/>металлургии для<br/>конкретного типа<br/>производства, навыки<br/>освоены, но<br/>допускаются<br/>незначительные<br/>ошибки, неточности,<br/>затруднения при<br/>аналитических<br/>операциях, переносе<br/>умений на новые,<br/>нестандартные<br/>ситуации.</p> | <p>Обучающийся<br/>в полном<br/>объеме владеет<br/>методами<br/>оптимизации<br/>технологическ<br/>их процессов<br/>порошковой<br/>металлургии<br/>для<br/>конкретного<br/>типа<br/>производства,<br/>свободно<br/>применяет<br/>полученные<br/>навыки в<br/>ситуациях<br/>повышенной<br/>сложности.</p> |

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:  
**Форма промежуточной аттестации: экзамен.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Порошковые технологии» (выполнили и защитили лабораторные работы, подготовили реферат и выступили с докладом).

| <b>Шкала оценивания</b>    | <b>Описание</b>  |
|----------------------------|--|
| <i>Отлично</i>             | <i>Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.</i> |
| <i>Хорошо</i>              | <i>Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.</i>  |
| <i>Удовлетворительно</i>   | <i>Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.</i>   |
| <i>Неудовлетворительно</i> | <i>Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные</i>   |

|  |  |
|--|--|
|  | <i>затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.</i> |
|--|--|

**Фонды оценочных средств представлены в приложении 1 к рабочей программе.**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Направление подготовки: 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ  
МАТЕРИАЛОВ

ОП (профиль): «Перспективные материалы и технологии»

Форма обучения: очная

Вид профессиональной деятельности: научно-исследовательская и расчетно-аналитическая, производственная и проектно-технологическая

Кафедра: «Материаловедение»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Порошковые технологии**

- Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств  
2. Описание оценочных средств:

**А. Темы рефератов**

**Б. Вопросы к экзамену**

**В. Темы коллоквиума**

**Г. Перечень лабораторных работ**

**Составители:**

**преподаватель Тер-Ваганянц Ю.С.**

Москва, 2020 год

**ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ**

| <b>ПОРОШКОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</b>  |  |  |   |                                    |  |
|---|--|--|---|------------------------------------|--|
| ФГОС ВО 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»   |  |  |   |                                    |  |
| В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие профессиональные компетенции: |  |  |   |                                    |  |
| <b>КОМПЕТЕНЦИИ</b>  |  | <b>Перечень компонентов</b>  | <b>Технология формирования компетенций</b>          | <b>Форма оценочного средства**</b> | <b>Степени уровней освоения компетенций</b>  |
| <b>ИН-ДЕКС</b>  | <b>ФОРМУЛИРОВКА</b>  |  |   |                                    |  |
| <b>ПК-4</b>   | <b>способность использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации</b> | <p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>основы влияния механического термического, химико-термического и термо-механического воздействия в процессе производства на изменения структуры и свойств порошковых материалов;</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>правильно выбирать порошковый материал и технологию его производства с целью получения заданной структуры и свойств, обеспечивающих высокую надежность и долговечность деталей машин</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>методами оптимизации технологических процессов порошковой металлургии для конкретного типа производства</li> </ul> | лекция, самостоятельная работа, семинарские занятия | Р, Экз<br>К<br>ЛР                  | <p><b>Базовый уровень</b></p> <p>- способен осуществлять выбор порошкового материала и технологию его изготовления в стандартных учебных ситуациях</p> <p><b>Повышенный уровень</b></p> <p>- способен осуществлять выбор порошкового материала и технологию его изготовления с учетом особенностей работы готового изделия в различных отраслях промышленности</p> |

\*\*Сокращения форм оценочных средств см. в приложении 2 к РП.

*Приложение 2  
к рабочей программе*

***Перечень оценочных средств по дисциплине «Порошковые технологии»***

| № ОС | Наименование оценочного средства | Краткая характеристика оценочного средства   | Представление оценочного средства в ФОС    |
|------|----------------------------------|--|--|
| 1    | Реферат (Р)                      | Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее. | Темы рефератов                             |
| 2    | Коллоквиум (К)                   | Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования педагогического работника с обучающимися.   | Темы коллоквиума                           |
| 3    | Устный опрос (Э – экзамен)       | Диалог преподавателя со студентом, цель которого – систематизация и уточнение имеющихся у студента знаний, проверка его индивидуальных возможностей усвоения материала   | Перечень вопросов к экзамену               |
| 4    | Лабораторные работы (ЛР)         | Оценка способности студента применить полученные ранее знания для проведения анализа, опыта, эксперимента и выполнения последующих расчетов, а также составления выводов   | Перечень лабораторных работ и их оснащение |

Направление подготовки:  
22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ  
ОП (профиль): «Перспективные материалы и технологии»

Кафедра «*Материаловедение*»  
(наименование кафедры)

## Темы рефератов (ПК-4)

по дисциплине «*Порошковые технологии*»  
(наименование дисциплины)

1. Современное состояние и перспективы развития порошковой металлургии.
2. Химические, физические и технологические свойства порошков и методы их определения.
3. Методы измельчения твердых материалов.
4. Диспергирование металлических расплавов.
5. Технология распыления порошков различных металлов.
6. Восстановление химических соединений.
7. Производство порошков электролизом.
8. Производство порошков термической диссоциацией химических соединений и другими методами.
9. Подготовка порошков к формованию. Смешивание порошков.
10. Прессование металлических порошков.
11. Изостатическое формование: сущность, преимущества и недостатки.
12. Технология гидростатического формования: сущность, преимущества и недостатки.
13. Газостатическое формование: сущность, преимущества и недостатки.
14. Метод формования в толстостенных эластичных оболочках.
15. Технологические процессы мундштучного, шликерного и инъекционного формования.
16. Вибрационное формование: сущность метода и классификация
17. Прокатка металлических порошков.
18. Динамические методы формования металлических порошков.
19. Спекание металлических порошков.
20. Спекание однокомпонентных систем. Стадии спекания.
21. Движущие силы спекания однокомпонентных систем. Механизмы массопереноса.
22. Рекристаллизация при спекании.

23. Уплотнение при спекании.
24. Влияние технологических факторов на процесс спекания. Активированное спекание.
25. Спекание систем с неограниченной и ограниченной растворимостью компонентов.
26. Спекание систем с невзаимодействующими компонентами.
27. Закономерности спекания многокомпонентных систем с образованием жидкой фазы (жидкофазное спекание).
28. Инфильтрация: физико-химические основы и закономерности.
29. Атмосферы спекания и защитные засыпки.
30. Браки при спекании и меры по его предупреждению.

### **Перечень вопросов на экзамен (ПК-4)**

1. Понятия о «металлическом порошке», «прессуемости и формуемости металлического порошка».
2. Понятие о «спекании металлического порошка», «конструкционном порошковом материале», «композиционном порошковом материале».
3. Свойства порошков и методы их определения.
4. Химические, физические и технологические свойства порошков.
5. Форма, размер частиц и методы их определения.
6. Методы анализа дисперсности порошка.
7. Удельная поверхность, пикнометрическая плотность и микротвердость частиц.
8. ГОСТы и ТУ на металлические порошки.
9. Техника безопасности при работе с порошками.
10. Методы измельчения твердых материалов: обработка резанием.
11. Методы измельчения твердых материалов: размол в шаровых вращающихся мельницах.
12. Методы измельчения твердых материалов: ультразвуковое диспергирование.
13. Методы измельчения твердых материалов: размол в вихревых и струйных мельницах.
14. Методы измельчения твердых материалов: размол в молотковых мельницах.
15. Методы измельчения твердых материалов: измельчение в щековых, валковых и конусных дробилках.
16. Методы измельчения твердых материалов: измельчение ультразвуком.
17. Виды диспергирования расплавов: центробежное и ультразвуковое распыление.
18. Технология распыления порошков различных металлов.
19. Классификация методов восстановления железа: физико-химические, механические.
20. Термодинамика и кинетика процессов восстановления.



21. Восстановители, их свойства и методы получения.
22. Физико-химические основы выделения порошков металлов.
23. Технология получения порошков меди, никеля и других металлов электролизом водных растворов.
24. Технология получения порошков тантала, титана и других металлов электролизом расплавов.
25. Производство порошков термической диссоциацией химических соединений.
26. Физико-химические основы карбонильного метода.
27. Технология карбонильных порошков железа и никеля.
28. Межкристаллитная коррозия.
29. Возгонка и конденсация различных металлов и сплавов.
30. Термодиффузионное насыщение.
31. Методы формования металлических порошков.
32. Классификация методов формования.
33. Подготовительные операции порошков к формованию.
34. Смешивание порошков.
35. Прессование металлических порошков.
36. Технология, достоинства и недостатки прессования.
37. Физические основы прессования металлических порошков.
38. Прочность прессовок.
39. Использование смазок при прессовании: инертные и активные.
40. Практика прессования и брак при прессовании.
41. Нагружающие устройства – прессы.
42. Статические методы формования металлических порошков.
43. Изостатическое формование: сущность, преимущества и недостатки.
44. Технология гидростатического формования.
45. Газостатическое формование: сущность, преимущества и недостатки.
46. Метод формования в толстостенных эластичных оболочках.
47. Технологические процессы мундштучного формования.
48. Технологические процессы шликерного формования.
49. Технологические процессы инъекционного формования.
50. Вибрационное формование: сущность метода и классификация.
51. Прокатка металлических порошков.
52. Геометрические и технологические параметры прокатки.
53. Три основных периода прокатки.
54. Схемы прокатки: вертикальная, горизонтальная и наклонная.
55. Динамические методы формования металлических порошков.
56. Технологии взрывного формования.
57. Технология электрогидравлического формования.
58. Технология электромагнитного формования.
59. Технология пневмомеханического формования.
60. Оценка результатов динамического формования.
61. Спекание металлических порошков.

62. Классификация методов спекания.
63. Твердофазное спекание.
64. Горячее прессование.
65. Жидкофазное спекание.
66. Спекание однокомпонентных систем.
67. Термодинамические предпосылки спекания однокомпонентных систем.
68. Стадии спекания.
67. Движущие силы спекания однокомпонентных систем.
68. Механизмы массопереноса при спекании.
69. Ползучесть кристаллических тел.
70. Рекристаллизация при спекании.
71. Уплотнение при спекании.
72. Анизотропия усадки.
73. Зональное обособление.
74. Влияние технологических факторов на процесс спекания.
75. Активированное спекание.
76. Спекание многокомпонентных систем.
77. Общие закономерности спекания.
78. Спекание систем с неограниченной растворимостью компонентов.
79. Спекание систем с ограниченной растворимостью компонентов.
80. Спекание систем с не взаимодействующими компонентами.
81. Закономерности спекания многокомпонентных систем с образованием жидкой фазы (жидкофазное спекание).
82. Инфильтрация: физико-химические основы и закономерности.
83. Практика спекания.
84. Атмосферы спекания и защитные засыпки.
85. Браки при спекании и меры по его предупреждению.

Направление подготовки:  
22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ  
ОП (профиль): «Перспективные материалы и технологии»

Кафедра «*Материаловедение*»  
(наименование кафедры)

## Вопросы для коллоквиумов (ПК-4)

по дисциплине «*Порошковые технологии*»  
(наименование дисциплины)

1. Химические, физические и технологические свойства порошков и методы их определения.
2. Методы измельчения твердых материалов.
3. Технология распыления порошков различных металлов.
4. Восстановление химических соединений.
5. Прокатка металлических порошков.
6. Спекание металлических порошков.
7. Спекание однокомпонентных систем. Стадии спекания.
8. Влияние технологических факторов на процесс спекания. Активированное спекание.
9. Закономерности спекания многокомпонентных систем с образованием жидкой фазы (жидкофазное спекание).
10. Браки при спекании и меры по его предупреждению.

### Перечень лабораторных работ (ПК-4)

| № п/п | Наименование   | Оснащение  | Кол-во часов |
|-------|--|--|--------------|
| 1     | Исследование реологических свойств порошков статическим методом  | Весы, металлическая линейка, штангенциркуль, установка согласно ГОСТ 27801-93 «Глинозем. Метод определения насыпной плотности»; ГОСТ 27802-93 «Глинозем. Метод определения угла естественного откоса»; ГОСТ 25279-93 (ИСО 3953-85) «Порошки металлические. Определение плотности после утряски». | 9            |
| 2     | Исследование реологических свойств порошков динамическим методом | Весы, прибор реометр Revolution, мерная колба (объемом 250 мл)   | 9            |

## Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

### а) основная литература:

1. Волкогон Г.М., Еремеева Ж.В., Ледовской Д.А. Современные процессы порошковой металлургии. – М.: Инфра-Инженерия, 2020 – 208 с.

### б) дополнительная литература:

2. Нарва В.К. Технология и свойства порошковых материалов и изделий из них: Конструкционные материалы: Курс лекций. – М.: МИСИС, 2010. – 124 с.

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

|  |   |
|--|---|
| Аудитория для лекционных, лабораторных, практических занятий ав.1313.<br>115280, г. Москва, Автозаводская, д. 16 | Столы учебные со стульями, аудиторная доска. Рабочее место преподавателя: стол, стул; переносной проектор + экран, компьютер. Учебное и лабораторное оборудование: твердомер ТР 5006; микроскопы АЛЬТАМИ, МИМ-7, шкафы для хранения с учебно-методической и научной литературой, наглядные пособия (плакаты). |
| Аудитория для лекционных, лабораторных, практических занятий ав.1316.<br>115280, г. Москва, Автозаводская, д. 16 | Столы учебные со стульями, аудиторная доска. Рабочее место преподавателя: стол, стул. Учебное лабораторное оборудование: твердомер ТКС-1М, наглядные пособия  |

## 9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых для него знаний и умений без непосредственного участия преподавателей. Самостоятельная работа сопровождается эффективным контролем и оценкой ее результатов. Предметно и содержательно самостоятельная работа определяется государственным образовательным стандартом, действующим учебным планом, рабочей программой дисциплины, средствами обеспечения

самостоятельной работы. Самостоятельная работа – это важнейшая часть любого образования. Обязанность преподавателя – научить студента самостоятельно трудиться, самостоятельно пополнять запас знаний.

Для успешной самостоятельной работы студент должен планировать свое время и за основу рекомендуется брать рабочую программу учебной дисциплины.

После прослушивания лекции необходимо проработать и осмыслить полученный материал. Умение слушать, творчески воспринимать излагаемый материал – это необходимое условие для его понимания. Внимательное слушание требует умственного напряжения, волевых усилий. В процессе лекционного занятия необходимо выделять важные моменты, выводы, анализировать основные положения. Если при изложении материала преподавателем создана проблемная ситуация, пытаться предугадать дальнейший ход рассуждений. Это способствует лучшему усвоению материала лекции и облегчает запоминание отдельных выводов. Для более прочного усвоения знаний лекцию необходимо конспектировать. Конспект лекций должен быть в отдельной тетради. Не надо стремиться подробно слово в слово записывать всю лекцию. Конспектируйте только самое важное в рассматриваемом параграфе: формулировки определений и законов, выводы основных уравнений и формул, то, что старается выделить лектор, на чем акцентирует внимание студентов. Старайтесь отфильтровывать и сжимать подаваемый материал. Более подробно записывайте основную информацию и кратко – дополнительную. Не нужно просить лектора несколько раз повторять одну и ту же фразу для того, чтобы успеть записать. По возможности записи ведите своими словами, своими формулировками.

Лекция не должна превращаться в своеобразный урок-диктант. Поскольку в этом случае вы не учитесь мыслить и анализировать услышанное и лекция превращается в механический процесс.

Тетрадь для конспекта лекций также требует особого внимания. Ее нужно сделать удобной, практичной и полезной, ведь именно она является основным информативным источником при подготовке к различным отчетным занятиям, зачетам, экзаменам. Целесообразно отделить поля, где можно бы изложить свои мысли, вопросы, появившиеся в ходе лекции. Полезно одну из страниц оставлять свободной. Она потребуется потом, при самостоятельной подготовке. Сюда можно будет занести дополнительную информацию по данной теме, полученную из других источников: чертежи и рисунки, схемы и графики, цитаты и биографии выдающихся ученых и т.д. Таким образом, на лекции студент должен совместить два момента: внимательно слушать лектора, прикладывая максимум усилий для понимания излагаемого материала и одновременно вести его осмысленную запись.

Главные задачи лабораторных работ таковы: 1) экспериментальная проверка основных положений; 2) освоение методики измерений и приобретение навыков проведения эксперимента; 3) изучение принципов

работы приборов; 4) приобретения умения обработки результатов эксперимента.

Студент должен понимать, что методическое описание – это только основа для выполнения работы, что навыки экспериментирования зависят не от качества описания, а от отношения студента к работе и что формально, бездумно проделанные измерения – это потраченное впустую время.

Если в лабораторной работе исследуется зависимость одной величины от другой, эту зависимость следует представить графически. Число точек на различных участках кривой и масштабы выбираются с таким расчетом, чтобы наглядно были видны места изгибов, экстремумов и скачков. Вычисление искомой величины содержит и расчет погрешностей измерения.

Выполнение каждой из запланированных работ заканчивается написанием вывода.

Экзамен – форма итоговой проверки и оценки полноты и прочности знаний студентов, а также сформированности умений и навыков; проводится в виде собеседования по важнейшим вопросам каждого раздела изученного курса или по курсу в целом в индивидуальном порядке. Основная цель подготовки к экзамену — достичь понимания законов и явлений, а не только механически заучить материал. Но все же довольно много вещей придется просто выучить. При этом следует учитывать ваши индивидуальные особенности. К примеру, если у вас зрительный тип памяти, тогда следует уделить особое внимание внешней форме вашего краткого конспекта — недопустим небрежный, неразборчивый, мелкий почерк. Важные понятия должны быть выделены из текста, чтобы «бросаться в глаза» сразу. Конечно, аккуратный конспект потребует несколько большего времени, но в итоге время на заучивание сократится, и вы эффективнее подготовитесь к экзамену или зачету. Если у вас слуховой тип памяти, следует проговаривать наиболее важную часть материала, возможно даже использовать магнитофон для подготовки. Если же преобладающим у вас является моторный тип памяти, то конспект нужно переписать несколько раз, причем каждый раз надо вычеркивать то, что вы уже выучили достаточно хорошо, оставляя для переписывания только самое необходимое для запоминания.

## **9. Методические рекомендации для преподавателя**

### **Методические указания по чтению лекций.**

Наименование тем лекций и их содержание приведено в разделе 4 рабочей программы по курсу. В приложении указано распределение времени по темам курса.

В начале лекции называется: тема лекции, основные вопросы, выносимые на лекцию, а также указывается литература, где изложен материал лекции. После каждого раздела делаются обобщающие выводы и даются указания по самостоятельной работе над материалом лекции.

В условиях информатизации всех сфер деятельности человека чтение лекций у доски с мелом становится не эффективным. Предлагается использовать в помощь лектору, созданные средствами Microsoft Office Power Point. Демонстрация слайдов должна сопровождаться отступлениями от режима демонстрации и пояснениями лектора. Значительную часть слайдов должны занимать иллюстрации. В процессе изложения материала такой лекции необходимо акцентировать внимание слушателей на ключевых понятиях ее темы.

Если требуется к ним возвращаться, то для этого целесообразно прокручивать материал (слайды) назад. При этом следует активизировать внимание студентов вопросами, которые, как правило, касаются весьма простых, но ключевых понятий. Одновременно следует давать студентам время для пометок и записей в своих конспектах.

Изложенный вариант даёт более высокий эффект, если во время лекции на руках у студентов будет раздаточный материал (тезисы или полный конспект лекций, слайды презентации).

Практические занятия предусматривают изучение нового и закрепление проработанного на лекциях теоретического материала. После того, как студенты разберут теоретический материал по данной работе, им предлагается выполнить задание или презентацию по пройденной теме. Часть заданий может выполняться студентами в качестве самостоятельной подготовки к занятиям. Темы практических работ студентам известны заранее, поэтому к каждому занятию студенты приходят подготовленными. Задания по практическим работам рекомендуется выполнять с использованием программного обеспечения, имеющегося на кафедре.

**Структура и содержание дисциплины «Порошковые технологии» по направлению подготовки  
22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»  
(бакалавр)**

| n/n | Раздел  | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах |     |     |     |     | Виды самостоятельной работы студентов |      |     |         |     | Формы аттестации |   |
|-----|---|---------|-----------------|---|-----|-----|-----|-----|---------------------------------------|------|-----|---------|-----|------------------|---|
|     |   |         |                 | Л   | П/С | Лаб | СРС | КСР | К.Р.                                  | К.П. | РГР | Реферат | К/р | Э                | З |
|     | <b>Третий семестр</b>   |         |                 |   |     |     |     |     |                                       |      |     |         |     |                  |   |
| 1.1 | <b>Введение.</b> Предмет, задачи и содержание дисциплины. Современное состояние и перспективы развития порошковой металлургии. Структура курса, его место и роль в подготовке специалиста, связь с другими дисциплинами.<br><b>Выдача задания на реферат</b>  | 3       | 1-2             | 2   | 2   |     | 4   |     |                                       |      |     |         |     |                  |   |
| 1.2 | <b>Свойства порошков и методы их определения.</b><br><i>Химические, физические и технологические свойства порошков. Форма, размер частиц и методы их определения. Методы анализа дисперсности порошка. Удельная поверхность, пикнометрическая плотность и</i> | 3       | 3-4             | 2   | 2   |     | 4   |     |                                       |      | +   |         |     |                  |   |



|     |   |   |      |   |   |   |   |  |  |  |  |   |  |  |  |
|-----|---|---|------|---|---|---|---|--|--|--|--|---|--|--|--|
|     | <i>микротвердость частиц.<br/>Семинарское занятие: «Свойства<br/>металлических порошков»</i>  |   |      |   |   |   |   |  |  |  |  |   |  |  |  |
|     | <i>Лабораторная работа<br/>«Исследование реологических<br/>свойств порошков статическим<br/>методом »</i>   | 3 |      |   |   | 9 | 9 |  |  |  |  |   |  |  |  |
| 1.3 | <b>Методы получения<br/>металлических порошков.</b><br><i>Измельчение твердых<br/>материалов. Диспергирование<br/>металлических расплавов.<br/>Восстановление химических<br/>соединений.<br/>Семинарское занятие: «Методы<br/>получения металлических<br/>порошков»</i>   | 3 | 5-6  | 2 | 2 |   | 4 |  |  |  |  | + |  |  |  |
| 1.4 | <b>Методы получения<br/>металлических порошков.</b><br><i>Производство порошков<br/>электролизом. Физико-химические<br/>основы выделения порошков<br/>металлов. Производство<br/>порошков термической<br/>диссоциацией химических<br/>соединений и другими методами.<br/>Физико-химические основы<br/>карбонильного метода.<br/>Сдача рефератов</i> | 3 | 7-8  | 2 | 2 |   | 4 |  |  |  |  | + |  |  |  |
| 1.5 | <b>Методы формования<br/>металлических порошков.</b><br><i>Классификация методов<br/>формования. Подготовительные</i>   | 3 | 9-10 | 2 | 2 |   | 4 |  |  |  |  | + |  |  |  |

|     |   |   |       |   |   |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |
|-----|---|---|-------|---|---|--|---|--|--|--|--|--|---|--|--|
|     | <p>порошков к формованию.<br/> Смешивание порошков.<br/> Прессование металлических порошков.<br/> Семинарское занятие:<br/> «Формование металлических порошков»</p>   |   |       |   |   |  |   |  |  |  |  |  |   |  |  |
| 1.6 | <p><b>Статические методы формования металлических порошков.</b><br/> Изостатическое формование. Технология гидростатического формования. Газостатическое формование Метод формования в толстостенных эластичных оболочках. Технологические процессы мундштучного, иликерного и инжекционного формования. Вибрационное формование. Прокатка металлических порошков.<br/> Сдача рефератов</p> | 3 | 11-12 | 2 | 2 |  | 4 |  |  |  |  |  | + |  |  |
| 1.7 | <p><b>Динамические методы формования металлических порошков.</b><br/> Преимущества и недостатки. Технологии взрывного, электрогидравлического, электромагнитного и пневмомеханического формования. Оценка результатов динамического формования.</p>   | 3 | 13-14 | 2 | 2 |  | 4 |  |  |  |  |  | + |  |  |

|            |  |   |       |    |    |    |    |  |  |  |  |  |                  |  |   |
|------------|--|---|-------|----|----|----|----|--|--|--|--|--|------------------|--|---|
|            | <i>Сдача рефератов</i>   |   |       |    |    |    |    |  |  |  |  |  |                  |  |   |
|            | <i>Лабораторная работа<br/>«Исследование реологических<br/>свойств порошков динамическим<br/>методом»</i>  | 3 |       |    |    | 9  | 9  |  |  |  |  |  |                  |  |   |
| <b>1.8</b> | <b>Спекание металлических порошков.</b><br><i>Классификация методов спекания: твердофазное, горячее прессование, жидкофазное спекание.<br/>Спекание однокомпонентных систем. Стадии спекания.<br/>Движущие силы спекания однокомпонентных систем.<br/>Механизмы массопереноса.<br/>Рекристаллизация при спекании.<br/>Активированное спекание.<br/>Спекание многокомпонентных систем.<br/>Общие закономерности спекания.<br/>Семинарское занятие «Спекание металлических порошков»</i> | 3 | 15-16 | 2  | 2  |    | 4  |  |  |  |  |  | +                |  |   |
| <b>1.9</b> | <b>Практика спекания.</b><br><i>Атмосферы спекания и защитные засыпки. Браки при спекании и меры по его предупреждению.<br/>Сдача рефератов</i>  | 3 | 17-18 | 2  | 2  |    | 4  |  |  |  |  |  | +                |  |   |
|            | <b>Всего часов по дисциплине</b>   |   |       | 18 | 18 | 18 | 54 |  |  |  |  |  | <b>1 реферат</b> |  | Э |