Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 28.10.2023 14:57:07
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Факультет Машиностроения

УТВЕРЖДАЮ

Декан

_____ /Е.В. Сафонов/

«10» апреля 2023 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# Основы материаловедения порошковых материалов

Направление подготовки
**27.03.05 Инноватика**

Профиль
**Аддитивные технологии**

Квалификация
**Бакалавр**

Формы обучения
**Очная**

Москва, 2023 г.

**Разработчик(и):**

Доцент, к.т.н., /Ю.С. Тер-Ваганянц/

**Согласовано:**
Заведующий кафедрой «Материаловедение»,
д.т.н, профессор /В.В. Овчинников/

Программа согласована с руководителем образовательной программы «Аддитивные технологии» по направлению подготовки 27.03.05 «Инноватика»

доц., к.т.н. /П.А. Петров/

# Содержание


1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине ... 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы ... 4
3. Структура и содержание дисциплины ... 5
   - 3.1. Виды учебной работы и трудоемкость ... 5
   - 3.2. Тематический план изучения дисциплины ... 5
   - 3.3. Содержание дисциплины ... 5
   - 3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий ... 6
   - 3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ) ... 6
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение ... 7
   - 4.1. Основная литература ... 7
   - 4.2. Дополнительная литература ... 7
   - 4.3. Электронные образовательные ресурсы ... 7
   - 4.4. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение ... 7
   - 4.5. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы ... 7
5. Материально-техническое обеспечение ... 8
6. Методические рекомендации ... 8
   - 6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения ... 8
   - 6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины ... 8
7. Фонд оценочных средств ... 10
   - 7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения ... 10
   - 7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения ... 10
   - 7.3. Оценочные средства ... 11

## 1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

*Цель дисциплины-* изучение природы и свойств материалов, применяемых в аддитивном производстве.

*Задачи дисциплины:*

- изучение основных понятий, терминов и определений в области материаловедения;
- изучение состава, структуры и свойств современных металлических и неметаллических материалов;
- освоение основ производства порошковых материалов;
- изучение физической сущности явлений, происходящих в материалах в условиях производства и эксплуатации;
- изучение физической сущности явлений, происходящих в порошковых материалах в условиях аддитивного производства деталей;
- изучение требований к порошковым материалам для аддитивного производства
- освоение основных связей между строением материалов и их свойствами;
- изучение области применения различных современных материалов

*Планируемые результаты обучения* – подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению, в том числе формирование умений по созданию, обработке и изучению свойств и структуры порошковых материалов, применяемых в аддитивном производстве.

Обучение по дисциплине «Материаловедение» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций в соответствии с ФГОС 27.03.05 «Инноватика», утверждённым приказом Минобрнауки России от 31.07.2020 N 870:

| **Код и наименование компетенций** | **Индикаторы достижения компетенции** |
|---|---|
| ОПК-1. Способен анализировать задачи профессиональной деятельности на основе положений, законов и методов в области математики, естественных и технических наук | ИОПК-1.1. Использует основные законы базовых инженерных и технических дисциплин;<br>ИОПК-1.2. Использует основные законы естественнонаучных дисциплин, правила построения технических схем и чертежей;<br>ИОПК-1.3. Владеет основными методами технико-экономического анализа, навыками составления рабочих проектов в составе творческой команды;<br>ИОПК-1.4. Знает принципиальные особенности моделирования математических, физических и химических процессов, предназначенные для конкретных технологических процессов, в том числе аддитивного производства; |

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части блока Б1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

В обязательной части (Б 1.1):

- Основы материаловедения металлов, пластмасс и композиционных материалов;

- Реология и механика металлических и композиционных материалов;
- Основы проектирования функциональных материалов в аддитивном производстве.

В части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.2):
- Теория и технология аддитивного производства изделий из порошковых материалов.

## 3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы (72 часа).

### 3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

Очная форма обучения

| п/п | Вид учебной работы | Количество часов | Семестры 5 |
|---|---|---|---|
| | **Аудиторные занятия** | **36** | **36** |
| | В том числе: | | |
| 1. | Лекции | 18 | 18 |
| 2. | Лабораторные занятия | 10 | 10 |
| 3. | Семинарские занятия | 8 | 8 |
| | **Самостоятельная работа** | **36** | **36** |
| | В том числе: | | |
| 1. | Подготовка к лабораторным и семинарским занятиям | 18 | 18 |
| 2. | Самостоятельное изучение | 18 | 18 |
| | **Промежуточная аттестация** | | |
| | Зачет/диф. зачет/экзамен | **зачет** | **зачет** |
| | **Итого** | **72** | **72** |

### 3.2 Тематический план изучения дисциплины

Тематический план размещён в приложении 1 к рабочей программе.

### 3.3 Содержание дисциплины

**Тема 1. Методы получения порошковых материалов.**

***1.1.Механические методы получения порошковых материалов****. Измельчение твердых материалов. Диспергирование металлических расплавов.*

***1.2.Физико-химические методы получения порошковых материалов.*** *Восстановление. Производство порошков электролизом. Физико-химические основы выделения порошков металлов. Производство порошков термической диссоциацией химических соединений и другими методами. Физико-химические основы карбонильного метода. Межкристаллитная коррозия. Термодиффузионное насыщение.*

**Тема 2. 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.*

**Тема 3. Формование порошковых материалов.**

***3.1. Подготовка порошков к формованию.*** *Смешивание порошков. Классификация (рассев). Отжиг порошков.*

***3.2. Статические методы формования металлических порошков.*** *Изостатическое формование. Технология гидростатического формования. Газостатическое формование Метод формования в толстостенных эластичных оболочках. Технологические процессы мундштучного, шликерного и инжекционного формования. Вибрационное формование. Прокатка металлических порошков.*

***3.3. Динамические методы формования металлических порошков.*** *Преимущества и недостатки. Технологии взрывного, электрогидравлического, электромагнитного и пневмомеханического формования. Оценка результатов динамического формования.*

**Тема 4. Спекание порошковых материалов.**

***4.1. Твердофазное спекание порошков.*** *Классификация методов спекания: твердофазное, горячее прессование, жидкофазное спекание. Спекание однокомпонентных систем. Стадии спекания. Движущие силы спекания однокомпонентных систем. Механизмы массопереноса. Рекристаллизация при спекании. Активированное спекание. Спекание многокомпонентных систем. Общие закономерности спекания.*

***4.2. Жидкофазное спекание порошков.*** *Стадии жидкофазного спекания. Усадка при спекании. Брак при спекании*

**Тема 5. Обработка изделий из порошковых материалов.**

*Термическая обработка. Химико-термическая обработка. Дисперсионно-упрочняющая термическая обработка. Защита от коррозии. Механическая обработка.*

## 3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Лабораторные занятия

Лабораторное занятие №1 «Маркировка порошков по ГОСТ. Классификация и маркировка порошковых сталей и твердых сплавов»

Лабораторное занятие №2 «Расчет технологических параметров шаровой мельницы»

Лабораторное занятие №3 «Физические свойства порошков»

Лабораторное занятие №4 «Технологические свойства порошков»

Лабораторное занятие №5 «Влияние технологических факторов на процесс спекания»

3.4.1. Семинарские занятия

Семинарское занятие №1 «Маркировка порошков по ГОСТ. Классификация и маркировка порошковых сталей и твердых сплавов»

Семинарское занятие №2 «Расчет технологических параметров шаровой мельницы»

Семинарское занятие №3 «Физические свойства порошков»

Семинарское занятие №4 «Технологические свойства порошков»

Семинарское занятие №5 «Влияние технологических факторов на процесс спекания»

## 3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Курсовые работы по данной дисциплине не предусмотрены.

## 4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

### 4.1 Основная литература

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

### 4.2 Дополнительная литература

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

### 4.3 Электронные образовательные ресурсы

Проведение занятий и аттестаций возможно в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанных кафедрой электронных образовательных ресурсов (ЭОР) по всем разделам программы:

| Название ЭОР | Ссылка на курс |
|---|---|
| Порошковые материалы | https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=4861 |

В указанном ЭОР содержится вся теоретическая информация, необходимая для обучения по дисциплине «Основы материаловедения порошковых материалов»

### 4.4 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

| № | Наименование | Разработчик ПО (правообладатель) | Доступность (лицензионное, свободно распространяемое) | Ссылка на Единый реестр российских программ для ЭВМ и БД (при наличии) |
|---|---|---|---|---|
| 1. | МойОфис | ООО "НОВЫЕ ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ" | Лицензионное | https://reestr.digital.gov.ru/reestr/301558/?sphrase_id=943375 |

### 4.5 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

| № | Наименование | Ссылка на ресурс | Доступность |
|---|---|---|---|
| **Информационно-справочные системы** | | | |
| 1. | Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс | http:// www.consultant.ru | Доступно |
| **Электронно-библиотечные системы** | | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. | Лань | https://e.lanbook.com/ | Доступна в сети Интернет без ограничений |
| 2. | IPR Books | https://www.iprbookshop.ru/ | Доступна в сети Интернет без ограничений |
| **Профессиональные базы данных** | | | |
| 1. | База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU) | http://www.elibrary.ru | Доступно |
| 2. | WebofScienceCoreCollection – политематическая реферативно-библиографическая инаукометрическая (библиометрическая) база данных | http://webofscience.com | Доступно |

## 5. Материально-техническое обеспечение

| Номер аудитории | Оборудование |
|---|---|
| 1313 | Ноутбук, проектор, экран |

## 6. Методические рекомендации

### 6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

6.1.1. Преподаватель организует преподавание дисциплины в соответствии с требованиями "Положения об организации образовательного процесса в московском политехническом университете и его филиалах", утверждённым ректором университета.

6.1.2. На первом занятии преподаватель доводит до сведения студентов содержание рабочей программы дисциплины (РПД) и предоставляет возможность ознакомления с программой.

6.1.3. Преподаватель особенно обращает внимание студентов на:

- виды и формы проведения занятий по дисциплине, включая порядок проведения занятий с применением технологий дистанционного обучения и системы дистанционного обучения университета (СДО мосполитеха);
- виды, содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости в соответствии с фондом оценочных средств;
- форму, содержание и порядок проведения промежуточной аттестации в соответствии с фондом оценочных средств, предусмотренным РПД.

6.1.4. Доводит до сведения студентов график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД.

6.1.5. Необходимо с самого начала занятий рекомендовать студентам основную и дополнительную литературу и указать пути доступа к ней.

6.1.6. Вначале или в конце семестра дать список вопросов для подготовки к промежуточной аттестации (экзамену или зачёту).

6.1.7. Рекомендуется факт ознакомления студентов с РПД и графиком работы письменно зафиксировать подписью студента в листе ознакомления с содержание РПД.

6.1.8. Преподаватели, ведущий лекционные и практические занятия, должны согласовывать тематический план практических занятий, использовать единую систему обозначений, терминов, основных понятий дисциплины.

6.1.9. При подготовке **к лабораторному занятию** по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем вопросов по теме семинара.

В ходе семинара во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы семинарского занятия, определить порядок его проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Применяя фронтальный опрос дать возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

В заключительной части семинарского занятия следует подвести его итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенного семинарского занятия. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS). Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

## 6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

6.2.1. Студент с самого начала освоения дисциплины должен внимательно ознакомится с рабочей программой дисциплины.

6.2.2. Студенту необходимо составить для себя график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД с учётом требований других дисциплин, изучаемых в текущем семестре.

6.2.3. При проведении занятий и процедур текущей и промежуточной аттестации с использованием инструментов информационной образовательной среды дистанционного образования университета (LMS мосполитеха) как во время контактной работы с преподавателем, так и во время самостоятельной работы студент должен обеспечить техническую возможность дистанционного подключения к системам дистанционного обучения. При отсутствии такой возможности обсудить ситуацию с преподавателем дисциплины.

6.2.4. Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- подготовка к лабораторным работам, семинарам и практическим занятиям;

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;

- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы, и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация самостоятельной работы.

# 7. Фонд оценочных средств

## 7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Для контроля успеваемости и качества освоения дисциплины настоящей программой предусмотрены следующие виды контроля:

- контроль текущей успеваемости (текущий контроль);
- промежуточная аттестация (зачет).

## 7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения при проведении промежуточной аттестации

| Шкала оценивания | Критерии оценивания |
|---|---|
| Зачтено | 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. |
| Не зачтено | Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой. 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 затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации. |

## 7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

| Вид работы | Форма отчетности и текущего контроля |
|---|---|
| Лабораторные работы (перечень лабораторных работ представлен в п. 3.4.1) | Оформленные отчеты (журнал) лабораторных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины с отметкой преподавателя «зачтено», если выполнены и оформлены все работы. |
| Коллоквиум | Отметка в журнале преподавателем о присутствии и активном участии обучающегося на обсуждении темы коллоквиума. Вопросы для коллоквиумов представлены в приложении 2 к рабочей программе |
| Реферат | Оформленный реферат с отметкой преподавателя «зачтено», подготовленная презентация по теме реферата, отметка преподавателем в журнале о выступлении обучающегося на занятии. Темы рефератов представлены в приложении 2 к рабочей программе |

7.3.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация - (зачет) проводится по билетам в устной форме. Регламент проведения аттестации:

- время для подготовки ответа на вопросы не более 40 мин.;
- время на ответ на заданные вопросы не более 10 мин.

Билет состоит из трех теоретических вопросов.

Перечень вопросов к зачету приведен в приложении 2 к рабочей программе.

Приложение 1

**Тематический план дисциплины «Основы материаловедения порошковых материалов» по направлению подготовки**
**27.03.05 «Инноватика»**
**(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 |
| **1.1** | **Механические методы получения порошковых материалов.** Измельчение твердых материалов. Диспергирование металлических расплавов. | 4 | **1-3** | 2 | | | 2 | | | | | | | | |
| | *Лабораторное занятие по теме «Маркировка порошков по ГОСТ. Классификация и маркировка порошковых сталей и твердых сплавов»* | 4 | | | | 2 | 2 | | | | | + | | | |
| | *Семинарское занятие по теме «Маркировка порошков по ГОСТ. Классификация и маркировка порошковых сталей и твердых сплавов»* | | | | 1 | | 2 | | | | | | | | |
| | *Лабораторное занятие по теме «Расчет технологических параметров шаровой мельницы»* | | | | | 2 | 2 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Семинарское занятие по теме «Расчет технологических параметров шаровой мельницы»* | 4 | | | 1 | | 2 | | | | | + | | | |
| **2** | **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.* | 4 | **6-7** | 2 | | | 2 | | | | | | | | |
| | *Лабораторное занятие по теме «Физические свойства порошков»* | 4 | | | | 2 | 2 | | | | | + | | | |
| | *Семинарское занятие по теме «Физические свойства порошков»* | | | | 2 | | 2 | | | | | | | | |
| | *Лабораторное занятие по теме «Технологические свойства порошков»* | | | | | 2 | 2 | | | | | | | | |
| | *Семинарское занятие по теме «Технологические свойства порошков»* | 4 | | | 2 | | 2 | | | | | + | | | |
| **3.1** | **Подготовка порошков к формованию** *Смешивание порошков. Классификация (рассев). Отжиг порошков.* | 4 | **8** | 2 | | | 2 | | | | | | | | |
| **3.2** | **Статические методы формования металлических порошков.** | 4 | **9-10** | 2 | | | 2 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Изостатическое формование. Технология гидростатического формования. Газостатическое формование Метод формования в толстостенных эластичных оболочках. Технологические процессы мундштучного, шликерного и инжекционного формования. Вибрационное формование. Прокатка металлических порошков.* | | | | | | | | | | | | | | |
| **3.3** | **Динамические методы формования металлических порошков.** *Преимущества и недостатки. Технологии взрывного, электрогидравлического, электромагнитного и пневмомеханического формования. Оценка результатов динамического формования. Сдача рефератов* | 4 | **11-12** | 2 | | | 2 | | | | | | | | |
| **4.1** | **Твердофазное спекание порошков** *Классификация методов спекания: твердофазное, горячее прессование, жидкофазное спекание. Спекание однокомпонентных систем. Стадии спекания. Движущие силы спекания однокомпонентных систем. Механизмы массопереноса.* | 4 | **13-14** | 2 | | | 2 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Рекристаллизация при спекании. Активированное спекание. Спекание многокомпонентных систем. Общие закономерности спекания.* | | | | | | | | | | | | | | |
| **4.2** | **Жидкофазное спекание порошков.** *Стадии жидкофазного спекания. Усадка при спекании. Брак при спекании* | 4 | **15-16** | 2 | | | 2 | | | | | | | | |
| | *Лабораторное занятие по теме «Влияние технологических факторов на процесс спекания»* | 4 | | | | 2 | 2 | | | | | + | | | |
| | *Семинарское занятие по теме «Влияние технологических факторов на процесс спекания»* | | | | 2 | | 2 | | | | | | | | |
| **5** | **Обработка изделий из порошковых материалов.** *Термическая обработка. Химико-термическая обработка. Дисперсионно-упрочняющая термическая обработка. Защита от коррозии. Механическая обработка.* | 4 | **17-18** | 2 | | | 2 | | | | | | | | |
| | **Всего часов по дисциплине** | | | **18** | **8** | **10** | **36** | | | | | **1 реферат** | | | **3** |

Приложение 2

# ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
## «Основы материаловедения порошковых материалов»

Направление подготовки

**27.03.05 Инноватика**

Образовательная программа (профиль подготовки)

**Аддитивные технологии**

## Темы рефератов

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 инжекционного 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. Брак при спекании и меры по его предупреждению.

## Вопросы к зачету

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 инжекционного 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 невзаимодействующими 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. Брак при спекании и меры по его предупреждению.

## Вопросы для коллоквиумов

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.Брак при спекании и меры по его предупреждению.