

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 СПЕКАНИЯ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ»

По направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии
материалов

Профиль: «Композиционные и порошковые материалы, покрытия»

Луганск – 2023

Лист согласования РПУД

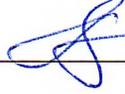
Рабочая программа учебной дисциплины «Теория спекания порошковых материалов» по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов. – 16 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Теория спекания порошковых материалов» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 02.06.2020 года № 701.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Доктор техн. наук, профессор Рябичева Л.А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры материаловедения «18» 04 2023 г., протокол № 8

Заведующая кафедрой материаловедения  Рябичева Л.А.

Переутверждена: « » 20 г., протокол №

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института Технологий и инженерной механики

«18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической комиссии института 

Ясуник С.Н.

© Рябичева Л.А., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. ДАЛЯ», 2023 год

Структура и содержание дисциплины

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

Цель изучения дисциплины - Изучение сущности спекания порошковой прессовки - нагрева и выдержки при температуре ниже точки плавления основного компонента с целью обеспечения заданных механических и физико-химических свойств. Перенос атомов через газовую среду.

Задачи:

- изучить процессы, проходящие при спекании металлических прессовок;
- изучить диффузионный механизм спекания;
- изучить условия выбора режима спекания металлических прессовок.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Теория спекания порошковых материалов» относится к дисциплинам по выбору 2. Условиями для освоения дисциплины являются знания, полученные при изучении дисциплин «Общее материаловедение и технологии материалов», «Моделирование и оптимизация свойств материалов и процессов» и служит основой для освоения дисциплин «Теория и технология нанесения покрытий», «Теория и технология получения порошковых материалов и изделий».

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

| Код и наименование компетенции | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине) | Перечень планируемых результатов |
|---|---|--|
| УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач | УК-1.1. Анализирует поставленную задачу и осуществляет поиск информации для ее решения УК-1.2. Применяет методы критического анализа и синтеза при работе с информацией УК-1.3. Рассматривает и предлагает системные варианты решения поставленной задачи | знать: задачи и поиск информации для ее решения уметь: применять методы критического анализа и синтеза при работе с информацией проектирования владеет: навыками выбора системных вариантов решения поставленной задачи |
| ОПК-2. Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания | ОПК-2.1. Демонстрирует знания математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания для успешного выполнения профессиональной деятельности ОПК-2.2. | знать: математический анализ, естественнонаучные и общеинженерные знания для успешного выполнения профессиональной деятельности уметь: использовать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач владеть: навыками вы- |

| | | |
|--|---|--|
| | Использует типовые методы и способы выполнения профессиональных задач ОПК-2.3. Владеет навыками выбора оптимальных методов решения профессиональных задач на основе знаний методов моделирования, математического анализа, естественнонаучных и общеинженерных дисциплин | бора оптимальных методов решения профессиональных задач на основе знаний методов моделирования, математического анализа, естественнонаучных и общеинженерных дисциплин |
|--|---|--|

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

| Вид учебной работы | Очная форма | Заочная форма |
|---|---------------------------|---------------------------|
| Общая учебная нагрузка (всего) | 108 (3 зач. ед) | 144 (3 зач. ед) |
| Обязательная контактная работа в том числе: (всего) | 51 | 12 |
| Лекции | 34 | 8 |
| Семинарские занятия | - | - |
| Практические занятия | 17 | 4 |
| Лабораторные работы | - | - |
| Курсовая работа | - | - |
| Другие формы и методы организации образовательного процесса (<i>расчетно-графические работы, индивидуальные задания и т.п.</i>) | - | - |
| Самостоятельная работа студента (всего) | 57 | 132 |
| Форма аттестации | экзамен | экзамен |

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Вводная лекция

Общие сведения. Основные термины. Практическое применение. Основы теории спекания металлических прессовок.

Тема 2. Твердофазное спекание.

Основные процессы, происходящие при спекании. Поверхностная и объемная диффузия атомов. Усадка при спекании. Усадка в продольном и поперечном направлении. Стадии усадки. Плотность порошкового тела и скорость уплотнения. Диффузия при спекании. Движущие силы диффузии. Изменение свободной энергии. Процессы, характерные для усадки. Линейная усадка. Диаграммы состояния для выбора режима спекания. Влияние вида диаграммы на процесс спекания. Рекристаллизация при спекании. Размер зерна спеченных прессовок.

Тема 3. Перенос атомов через газовую среду.

Явления, связанные с процессом испарения вещества с поверхности одних частиц и его конденсации на поверхности других частиц. Межчастичный контакт. Влияние явления переноса вещества через газовую фазу на достигаемые при спекании физические и механические свойства порошковых тел. Выдержка при спекании.

Тема 4. Влияние технологических факторов на процесс спекания и свойства порошковых тел

Свойства исходных порошков. величина частиц (гранулометрический состав порошка), их форма и состояние поверхности, содержание и тип оксидов, степень совершенства кристаллического строения. Запас свободной энергии. Шероховатость поверхности частиц, дефектность и кристаллическое строение.

Давление прессования. Увеличение исходной плотности порошкового тела. Объемная и линейная усадки при спекании. Температура, продолжительность, атмосфера спекания. Плотность и прочность порошковых изделий при их спекании.

Тема 5. Активированное спекание

Сущность активированного спекания. Физические и химические факторы. Изменение свойств при активированном спекании. Суммарная поверхность частиц и их кривизна. Свободная энергия. Прочность, плотность и других свойств при спекании. Физические способы активирования: циклическое изменение температуры, воздействие ультразвука или вибраций, спекание под давлением, наложение магнитного поля и т.д. Изменение состава восстановления атмосферы спекания путем добавления к ней различных соединений, например, фтористых или хлористых соединений водорода. Изменение свободной энергии.

Тема 6. Жидкофазное спекание

Прочность спеченных тел. Силы сцепления между частицами. Контакт на границах частиц. Смачиваемость поверхности в присутствии жидкой фазы. Изменение скорости диффузии в присутствии жидкой фазы. Влияние на пористость. Степень уплотнения при жидкофазном спекании в сравнении с твердофазным. Три стадии жидкофазного спекания: перегруппировка твердых частиц под воздействием течения жидкости; так называемый процесс растворения-осаждения; образование жесткого скелета из твердых частиц в результате их припекания. Усадка при спекании.

Спекание с жидкой фазой, присутствующей до конца изотермической выдержки при нагреве и спекание с жидкой фазой, исчезающей вскоре после ее появления, когда конечный период спекания происходит в твердой фазе.

Инфильтрация при спекании. Варианты инфильтрации.

Тема 7. Практика спекания. Атмосфера спекания

Защитные среды. Восстановительные атмосферы. Вакуум. Процессы, происходящие в атмосфере спекания. Виды и свойства атмосферы среды. Экономические и технологические требования.

Тема 8. Защитные засыпки.

Виды, составы, свойства, применение.

Тема 9. Брак при спекании и меры по его предупреждению

Виды брака и методы их устранения.

4.3. Лекции

| № п/п | Название темы | Объем часов | |
|---------------|---|-------------|---------------|
| | | Очная форма | Заочная форма |
| 1 | Вводная лекция. Общие сведения. Основные термины | 2 | 0,5 |
| 2 | Твердофазное спекание. | 4 | 1 |
| 3 | Перенос атомов через газовую среду | 6 | 1 |
| 4 | Влияние технологических факторов на процесс спекания и свойства порошковых тел. | 4 | 1 |
| 5 | Активированное спекание | 4 | 1 |
| 6 | Жидкофазное спекание. | 4 | 1 |
| 7 | Практика спекания. Атмосфера спекания. | 4 | 1 |
| 8 | Защитные засыпки | 4 | 1 |
| 9 | Брак при спекании и меры по его предупреждению | 2 | 0,5 |
| Итого: | | 34 | 8 |

4.4. Практические занятия

| № п/п | Название темы | Объем часов | |
|---------------|---|-------------|---------------|
| | | Очная форма | Заочная форма |
| 1 | Подготовка исходного металлического порошка | 2 | |
| 2 | Изучение прессования металлического порошка | 2 | |
| 3 | Определение физико-механических свойств после прессования | 2 | |
| 4 | Твердофазное спекание однокомпонентной металлической системы | 4 | 2 |
| 5 | Изучение структуры и свойств после спекания однокомпонентной металлической системы | 2 | 2 |
| 6 | Твердофазное спекание многокомпонентной системы | 4 | |
| 7 | Изучение структуры и свойств после спекания многокомпонентной металлической системы | 1 | |
| Итого: | | 17 | 4 |

4.5. Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом

4.6. Самостоятельная работа студентов

| № п/п | Название темы | Вид СРС | Объем часов | |
|---------------|---|--|-------------|---------------|
| | | | Очная форма | Заочная форма |
| 1 | Лабораторные работы №1-7 | Подготовка к лабораторным работам, оформление отчетов | 8 | 24 |
| 2 | Твердофазное спекание. | Самостоятельный поиск источников информации, анализ, структурирование, изучение информации | 6 | 12 |
| 3 | Перенос атомов через газовую среду | | 6 | 12 |
| 4 | Влияние технологических факторов на процесс спекания и свойства порошковых тел. | | 8 | 12 |
| 5 | Активированное спекание | | 6 | 12 |
| 6 | Жидкофазное спекание. | | 8 | 12 |
| 7 | Практика спекания. Атмосфера спекания. | | 6 | 12 |
| 8 | Защитные засыпки | | 6 | 12 |
| 9 | Брак при спекании и меры по его предупреждению | | 6 | 12 |
| 10 | Подготовка к экзамену | | 7 | 12 |
| Итого: | | | 57 | 132 |

4.7. Курсовые работы/проекты не предусмотрены учебным планом

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 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.

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. 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 занятиям по дисциплине «Теория спекания порошковых материалов» 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.

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

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

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

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

Лабораторные работы: 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 металлловедению и термической 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/ |

9. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт фонда оценочных средств по учебной дисциплине «Теория спекания порошковых материалов»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

| № п/п | Код контролируемой компетенции | Формулировка контролируемой компетенции | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине) | Контролируемые темы учебной дисциплины, практики | Этапы формирования (семестр изучения) |
|-------|--------------------------------|--|---|---|---------------------------------------|
| 1 | УК-1 | Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач | УК-1.1. Анализирует поставленную задачу и осуществляет поиск информации для ее решения УК-1.2. Применяет методы критического анализа и синтеза при работе с информацией УК-1.3. Рассматривает и предлагает системные варианты решения поставленной задачи | Тема 1. Вводная лекция Тема 2. Твердофазное спекание. Тема 3. Перенос атомов через газовую среду. Тема 4. Влияние технологических факторов на процесс спекания и свойства порошковых тел Тема 5. Активированное спекание | 5 |
| 2 | ОПК-2 | Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, ма- | ОПК-2.1. Демонстрирует знания математического анализа, естественнонаучные и инженерные | Тема 6. Жидкофазное спекание Тема 7. Практика спекания. Атмосфера | 5 |

| | | | | | |
|--|--|---|---|--|--|
| | | тематического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания | знания для успешного выполнения профессиональной деятельности ОПК–2.2. Использует типовые методы и способы выполнения профессиональных задач ОПК-2.3. Владеет навыками выбора оптимальных методов решения профессиональных задач на основе знаний методов моделирования, математического анализа, естественнонаучных и общеинженерных дисциплин | спекания Тема 8. Защитные засыпки Тема 9. Брак при спекании и меры по его предупреждению | |
|--|--|---|---|--|--|

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 | УК-1 | УК-1.1. Анализирует поставленную задачу и осуществляет поиск информации для ее решения УК-1.2. Применяет методы критического анализа и синтеза при работе с информацией УК-1.3. Рассматривает и предлагает системные варианты решения поставленной задачи | знать: задачи и поиск информации для ее решения уметь: применять методы критического анализа и синтеза при работе с информацией проектирования владеет: навыками выбора системных вариантов решения поставленной задачи | Тема 1. Вводная лекция Тема 2. Твердофазное спекание. Тема 3. Перенос атомов через газовую среду. Тема 4. Влияние технологических факторов на процесс спекания и свойства порошковых тел Тема 5. Активированное спекание | Задания к практическим занятиям; вопросы к экзамену |

| | | | | | |
|---|-------|--|---|---|--|
| 2 | ОПК-2 | <p>ОПК–2.1. Демонстрирует знания математического анализа, естественнонаучные и инженерные знания для успешного выполнения профессиональной деятельности</p> <p>ОПК–2.2. Использует типовые методы и способы выполнения профессиональных задач</p> <p>ОПК-2.3. Владеет навыками выбора оптимальных методов решения профессиональных задач на основе знаний методов моделирования, математического анализа, естественнонаучных и инженерных дисциплин</p> | <p>знать: математический анализ, естественнонаучные и инженерные знания для успешного выполнения профессиональной деятельности уметь: использовать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач</p> <p>владеть: навыками выбора оптимальных методов решения профессиональных задач на основе знаний методов моделирования, математического анализа, естественнонаучных и инженерных дисциплин</p> | <p>Тема 6. Жидкофазное спекание Тема 7. Практика спекания. Атмосфера спекания Тема 8. Защитные запытки Тема 9. Брак при спекании и меры по его предупреждению</p> | <p>Задания к практическим занятиям; вопросы к экзамену</p> |
|---|-------|--|---|---|--|

Задания для практических занятий:

Занятие 1. Подготовка исходного металлического порошка

Задание 1. Разработать схему подготовки исходного металлического порошка для прессования

Контрольные вопросы:

1. Какие операции подготовки исходного металлического порошка для прессования?
2. Как определяется гранулометрический состав?
3. Как определяются форма частиц?
4. Как определяется химический состав?

Занятие 2. Изучение прессования металлического порошка

Задание. Изучить процесс прессования металлического порошка

Контрольные вопросы:

1. Что такое пористое тело?
2. Как определяется давление прессования?
3. Что такое прессование порошка?
4. Какой инструмент применяется при прессовании?

Занятие 3. Определение физико-механических свойств после прессования

Задание. Определить физико-механические свойства брикета после прессования

Контрольные вопросы:

1. Какие механизмы уплотнения пористого тела известны??
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.

Занятие 4. Твердофазное спекание однокомпонентной металлической системы

Задание. Изучить процесс твердофазного спекания однокомпонентной металлической системы

Контрольные вопросы:

1. Что такое твердофазное спекание?
2. В каких единицах измеряется давление?
3. Как определить давление экспериментально?
4. От каких факторов зависит давление прессования?
5. Что такое плотность?

Занятие 5. Изучение структуры и физико-механических свойств брикета после твердофазного спекания

Задание. Изучить структуру и физико-механические свойства брикета после твердофазного спекания

Контрольные вопросы:

1. Что такое твердофазное спекание?
2. Какой режим твердофазного спекания?
3. Как выбирается температура спекания?
4. От каких факторов зависит температура спекания?
5. Какие свойства определяли после спекания?

Занятие 6. Твердофазное спекание многокомпонентной системы

Задание. Изучить твердофазное спекание многокомпонентной системы

Контрольные вопросы:

1. Что такое многокомпонентная система?
2. Какая температура спекания каждого компонента?
3. Как выбирали температуру спекания многокомпонентной системы?
4. От каких факторов зависит температуру спекания многокомпонентной системы?

Занятие 7. Изучение структуры и свойств после спекания многокомпонентной металлической системы

Задание. Изучить структуру и свойства после спекания многокомпонентной металлической системы

Контрольные вопросы:

1. Как изучается структура после спекания?
2. Как охарактеризовать структуру после спекания?
3. Какие свойства определяются после спекания?
4. Как свойства зависят от температуры спекания?
5. От каких факторов зависят свойства после спекания?

**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.) |

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

Вопросы к экзамену:

1. Основы теории спекания металлических прессовок.
2. Основные процессы, происходящие при спекании.
3. Поверхностная и объемная диффузия атомов.
4. Усадка при спекании. Усадка в продольном и поперечном направлении. Стадии усадки.
5. Плотность порошкового тела и скорость уплотнения.
6. Диффузия при спекании. Движущие силы диффузии. Изменение свободной энергии.
7. Процессы, характерные для усадки. Линейная усадка.
8. Диаграммы состояния для выбора режима спекания. Влияние вида диаграммы на процесс спекания.
9. Рекристаллизация при спекании. Размер зерна спеченных прессовок.
10. Явления, связанные с процессом испарения вещества с поверхности одних частиц и его конденсации на поверхности других частиц.
11. Межчастичный контакт.
12. Влияние явления переноса вещества через газовую фазу на достигаемые при спекании физические и механические свойства порошковых тел.
13. Влияние технологических факторов на процесс спекания и свойства порошковых тел
14. Активированное спекание. Сущность активированного спекания.
15. Изменение свойств при активированном спекании.
16. Изменение состава восстановления атмосферы спекания путем добавления к ней различных соединений, например, фтористых или хлористых соединений водорода. Изменение свободной энергии.
17. Процессы при жидкофазном спекании.
18. Прочность спеченных тел. Силы сцепления между частицами.
19. Изменение скорости диффузии в присутствии жидкой фазы. Влияние на пористость.
20. Степень уплотнения при жидкофазном спекании в сравнении с твердофазным.
21. Инфильтрация при спекании. Варианты инфильтрации.

22. Защитные среды при спекании.

23. Защитные засыпки. Виды, составы, свойства, применение.

24. Виды брака при спекании и методы их устранения.

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. Допускает 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) |
|----------|-----------------------------|--|--|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |