

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 30.01.2023 16:41:18

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Теоретические основы прессования и спекания

Закреплена за подразделением

Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий

Направление подготовки

22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль

Порошковые и аддитивные технологии синтеза функциональных материалов и покрытий

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 2

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

39

часов на контроль

54

Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>) | 2 (1.2) | | Итого | |
|---|---------|-----|-------|-----|
| | УП | РП | УП | РП |
| Неделя | 18 | | | |
| Вид занятий | УП | РП | УП | РП |
| Лекции | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Лабораторные | 14 | 14 | 14 | 14 |
| Практические | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Итого ауд. | 51 | 51 | 51 | 51 |
| Контактная работа | 51 | 51 | 51 | 51 |
| Сам. работа | 39 | 39 | 39 | 39 |
| Часы на контроль | 54 | 54 | 54 | 54 |
| Итого | 144 | 144 | 144 | 144 |

Программу составил(и):

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

Рабочая программа

Теоретические основы прессования и спекания

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.02 Metallurgy, 22.04.02-ММТ-22-4.plx Порошковые и аддитивные технологии синтеза функциональных материалов и покрытий, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.02 Metallurgy, Порошковые и аддитивные технологии синтеза функциональных материалов и покрытий, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий

Протокол от 28.03.2022 г., №12

Руководитель подразделения Левашов Е.А.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

| | |
|-----|---|
| 1.1 | Цели освоения дисциплины: научить основам комплексного научного подхода при проектировании и создании различных видов порошковых материалов, обучить выбору составов порошковых материалов различного назначения с учетом требуемых свойств для их конкретного применения, теоретическим основам конструирования порошковых материалов, особенностям методов контроля свойств порошковых материалов, управлять технологическими процессами получения порошковых материалов, эксплуатировать оборудование. |
|-----|---|

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

| | | |
|------------|---|------------|
| Блок ОП: | | Б1.В.ДВ.04 |
| 2.1 | Требования к предварительной подготовке обучающегося: | |
| 2.1.1 | Закономерности, механизмы и методы диагностики процессов горения в СВС-системах | |
| 2.1.2 | Получение металлических порошков | |
| 2.1.3 | Свойства порошков и методы их определения | |
| 2.2 | Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: | |
| 2.2.1 | Материаловедение в аддитивных технологиях | |
| 2.2.2 | Порошковые материалы с особыми свойствами | |
| 2.2.3 | Современные методы формования порошковых материалов | |
| 2.2.4 | Теоретические основы прочности твердых сплавов | |
| 2.2.5 | Физико-химия композиционных материалов | |
| 2.2.6 | Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы | |
| 2.2.7 | Преддипломная практика | |
| 2.2.8 | Научные и технологические принципы нанесения покрытий методами физического и химического осаждения | |
| 2.2.9 | Обеспечение единства измерения трибологических и механических свойств | |
| 2.2.10 | Теоретические основы получения наноструктурных поверхностей | |
| 2.2.11 | Технология получения неорганических материалов методами СВС и их применение | |

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

| | |
|---|--|
| ПК-1: Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по тематике организации | |
| Знать: | |
| ПК-1-31 Основные задачи операций прессования и спекания порошковых материалов. | |
| ПК-4: Способен разрабатывать технологические процессы получения порошков, порошковых, композиционных материалов, покрытий и управлять ими, проводить их анализ для выбора мер и средств управления качеством продукции | |
| Знать: | |
| ПК-4-31 Основные зависимости свойств спрессованных и спеченных порошковых материалов от технологических параметров и свойств исходных материалов. | |
| ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии | |
| Знать: | |
| ОПК-1-32 Основные процессы, происходящие при спекании формовок и порошков в состоянии свободной насыпки | |
| ОПК-1-31 Основные процессы, происходящие при уплотнении порошкообразных материалов в пресс-формах. | |
| ПК-4: Способен разрабатывать технологические процессы получения порошков, порошковых, композиционных материалов, покрытий и управлять ими, проводить их анализ для выбора мер и средств управления качеством продукции | |
| Уметь: | |
| ПК-4-У1 Оценивать влияние технологических параметров и свойств исходных порошков на свойства спрессованных и спеченных порошковых материалов. | |
| ПК-1: Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по тематике организации | |
| Уметь: | |
| ПК-1-У1 Оценивать возможности основного технологического оборудования для прессования и спекания порошковых материалов с точки зрения возможности достижения целей НИР. | |

| |
|---|
| ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии |
| Уметь: |
| ОПК-1-У1 Выбирать порошки, способные обеспечить заданный комплекс свойств спеченного материала. |
| ОПК-1-У2 Выбирать основное оборудование для прессования и спекания, обеспечивающее получение заданного комплекса свойств спеченного материала. |
| ПК-4: Способен разрабатывать технологические процессы получения порошков, порошковых, композиционных материалов, покрытий и управлять ими, проводить их анализ для выбора мер и средств управления качеством продукции |
| Владеть: |
| ПК-4-В1 Навыками оценки возможностей средств для определения основных свойств спрессованных и спеченных порошковых материалов. |
| ПК-3: Способен анализировать результаты эксперимента, выбирать методы исследований, формировать новые направления исследований, определять сферы применения результатов исследований |
| Владеть: |
| ПК-3-В1 Методиками статистической обработки экспериментальных результатов |
| ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний, знаний в междисциплинарных областях в области металлургии |
| Владеть: |
| ОПК-1-В1 Методиками оценки основных свойств спрессованных и спеченных порошковых материалов. |

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/ | Семестр / Курс | Часов | Формируемые индикаторы компетенций | Литература и эл. ресурсы | Примечание | КМ | Выполняемые работы |
|-------------|--|----------------|-------|--|--------------------------|------------|-----|--------------------|
| | Раздел 1. Теоретические основы прессования | | | | | | | |
| 1.1 | Идеализированные и реальные кривые уплотнения порошкообразных материалов. Боковое давление, внешнее трение и неравноплотность прессовок. Упругое последствие, давление выпрессовывания, прочность порошковых формовок. Контрольная работа №1 "Процессы прессования порошкообразных материалов" /Лек/ | 2 | 6 | ОПК-1-31 ОПК-1-У2 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-4-31 ПК-4-У1 | Л1.Л2.1 Л2.3 Э1 Э2 | | КМ1 | |
| 1.2 | Уравнения, описывающие зависимости относительной плотности порошковых прессовок от давления. Оценка доли усилия прессования на преодоление внешнего трения. Факторы, влияющие на прочность прессовок, обеспечение формуемости порошковых материалов с помощью пластификаторов. Применение смазок при прессовании порошковых материалов. Пресс-оснастка и прессы, применяемые для формования порошков. /Пр/ | 2 | 10 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-В1 ПК-1-31 ПК-3-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 | Л1.Л2.1 Л2.3 | | | Р1,Р2,Р3,Р4,Р5 |

| | | | | | | | | |
|--|---|---|----|---|------------------------------|------------------------------|-----|-----------------|
| 1.3 | Изучение влияние давления прессования на уплотнение металлических порошков. Изучение распределения плотности по объему прессовок. Определение величины упругого последействия и давления выталкивания при прессовании. /Лаб/ | 2 | 6 | ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-3-В1 ПК-4-В1 | Л1.1Л2.1 Л2.3 | Лабораторны е работы №1 - №3 | | P11,P12, P13 |
| 1.4 | Подготовка к практическим занятиям, лабораторным работам и контрольной работе №1. /Ср/ | 2 | 16 | ОПК-1-31 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-3-В1 ПК-4-31 ПК-4-У1 | Л1.1Л2.1 Л2.3 Э1 Э2 | | | |
| Раздел 2. Теоретические основы спекания | | | | | | | | |
| 2.1 | Термодинамические предпосылки и движущие силы спекания порошковых материалов. Массоперенос при спекании порошковых материалов за счет переноса через газовую фазу и поверхностной диффузии. Массоперенос при спекании порошковых материалов за счет объемной диффузии и диффузионно-вязкого течения. Твердофазное спекание многокомпонентных порошковых материалов. Жидкофазное спекание порошковых материалов. Контрольная работа №2 "Спекание одно- и многокомпонентных порошковых материалов". /Лек/ | 2 | 11 | ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ПК-1-31 ПК-4-31 ПК-4-У1 | Л1.1Л2.4 Л2.5 Л2.6 Э1 Э2 | | КМ2 | |
| 2.2 | Стадии спекания однокомпонентных порошковых материалов. Зависимости, описывающие разные механизмы массопереноса при спекании от времени. Усадка при спекании однокомпонентных материалов и ее математическое описание. Механизмы, обеспечивающие повышенную скорость усадки. Усадка при неизотермическом спекании. Инфильтрация порошковой формовки. Горячее прессование, электроразрядное спекание. /Пр/ | 2 | 10 | ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-4-31 ПК-4-У1 | Л1.1Л2.1 Л2.2 Л2.4 Л2.5 Л2.6 | | | P6,P7,P8,P9,P10 |

| | | | | | | | | |
|-----|---|---|----|---|---|-----------------------------|--|---------------------|
| 2.3 | Изучение спекания однокомпонентных порошковых систем. Изучение твердофазного спекания порошковых систем с неограниченной растворимостью компонентов. Изучение жидкофазного спекания порошковых систем. Горячее прессование порошковых материалов. /Лаб/ | 2 | 8 | ОПК-1-32 ОПК-1-В1 ПК-1-У1 ПК-3-В1 ПК-4-В1 | Л1.1Л2.4 Л2.5 Л2.6 | Лабораторные работы №4 - №7 | | P14,P15, P16,P17 |
| 2.4 | Подготовка к практическим занятиям, лабораторным работам и контрольной работе №2. /Ср/ | 2 | 23 | ОПК-1-32 ОПК-1-У2 ПК-1-31 ПК-4-31 ПК-4-У1 | Л1.1Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Э1 Э2 | | | |

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

| Код КМ | Контрольное мероприятие | Проверяемые индикаторы компетенций | Вопросы для подготовки |
|--------|--|---|---|
| КМ1 | Контрольная работа "Процессы прессования порошкообразных материалов" | ОПК-1-31;ОПК-1-У2;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1 | <ol style="list-style-type: none"> 1. Место прессования в общей классификации методов формования металлических порошков. 2. Отжиг, классификация, сухое смешивание, выполняемые перед прессованием: назначение, особенности выполнения. 3. Особенности мокрого и химического смешивания порошков. Их преимущества и недостатки. 4. Преимущества и недостатки метода прессования как способа формования металлических порошков и их смесей. Устройство пресс-формы. 5. Арочный эффект и его влияние на прессование порошка в пресс-формах. 6. Этапы идеализированной и реальной кривых уплотнения пластичных металлических порошков. Описание этапов. 7. Допущения, сделанные М.Ю. Бальшиным при выводе полулогарифмического уравнения. Критика допущений. 8. Трактовка результатов применения логарифмического уравнения М.Ю. Бальшина. 9. Уравнения прессования разных авторов (кроме М.Ю.Бальшина). 10. Причины возникновения бокового давления при прессовании порошков в пресс-формах. Оценка величины бокового давления. 11. Потери усилия прессования на преодоление внешнего трения при прессовании порошков в пресс-формах. 12. Распределение плотности по объему прессовки при одно- и двустороннем прессовании. Причины возникновения неравноплотности при прессовании в пресс-формах. 13. Использование смазок при прессовании металлических порошков. Виды смазок, способы и особенности их применения. 14. Упругое последствие прессовок и его последствия. Давление выталкивания. 15. Факторы влияющие на прочность прессовок и способы ее повышения. 16. Брак при прессовании. 17. Основные типы прессов, применяемых в порошковой металлургии. Их преимущества и недостатки. |

| | | | |
|-----|---|---|---|
| КМ2 | Контрольная работа №2 "Спекание одно- и многокомпонентных порошковых материалов" | ОПК-1-32;ОПК-1-У1;ПК-1-31;ПК-4-31;ПК-4-У1 | <ol style="list-style-type: none"> 1. Общая характеристика и целевая задача спекания как технологической . Классификация разновидностей спекания. 2. Стадии спекания в трактовке разных авторов 3. Возможность проведения спекания с точки зрения термодинамики. 4. Движущие силы спекания. 5. Перенос через газовую фазу, поверхностная диффузия - характеристика этих механизмов массопереноса и их результаты. 6. Объемная диффузия - характеристика этого механизма массопереноса и его результаты. Источники и стоки вакансий. 7. Диффузионно-вязкое течение, ползучесть кристаллических тел - результаты действия этих механизмов при спекании однокомпонентного порошкового тела. 8. Рекристаллизация при спекании. 9. Усадка порошкового тела при изотермическом и неизотермическом нагреве. Стадии уплотнения, уравнение В.А.Ивенсена. 10. "Искаженное" и "неискаженное" спекание по В.А. Ивенсену. 11. Анизотропия усадки, зональное обособление 12. Влияние свойств порошков и условий их спекания на свойства спеченных изделий. 13. Методы активации спекания. 14. Спекание порошковых систем с неограниченной растворимостью компонентов. 15. Спекание порошковых систем с ограниченной растворимостью компонентов. 16. Особенности спекания многокомпонентных систем с взаимодействующими компонентами. 17. Жидкофазное спекания и его разновидности. 18. Источники возникновения жидкой фазы. Понятие контактного плавления. Явление смачивание при жидкофазном спекании и способы управления им. 19. Механическая перегруппировка частиц при жидкофазном спекании. Условия осуществления и особенности процесса. 20. Перекристаллизация через жидкую фазу при жидкофазном спекании. Условия осуществления и особенности процесса. 21. Срастание частиц твердой фазы на третьей стадии жидкофазного спекания. 22. Спекание порошковых систем с жидкой фазой, исчезающей в процессе нагрева и в начале изотермической выдержки. 23. Инфильтрация порошковой формовки. 24. Горячее прессование и электроразрядное спекание. 25. Виды брака при спекании. |
|-----|---|---|---|

| | | | |
|-----|---------|---|---|
| КМЗ | Экзамен | ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-4-У1 | <ol style="list-style-type: none"> 1. Классификация методов формования металлических порошков. 2. Подготовительные операции перед формованием: отжиг, классификация, сухое смешивание. 3. Подготовительные операции перед формованием: мокрое смешивание, химическое смешивание. Их преимущества и недостатки. 4. Прессование металлических порошков в пресс-формах: преимущества и недостатки метода. Устройство простейшей пресс-формы. 5. Арочный эффект: причины его возникновения и влияние на прессование порошка в пресс-формах. Поведение отдельных частиц и их цепочек при прессовании (по Бальшину). 6. Идеализированная кривая уплотнения металлических порошков (для пластичных и хрупких материалов). Стадии уплотнения и их характеристика. 7. Уравнения прессования М.Ю.Бальшина. Допущения, сделанные для их вывода. Трактровка результатов применения логарифмического уравнения. 8. Уравнения прессования разных авторов (кроме М.Ю.Бальшина). 9. Боковое давление при прессовании порошка в пресс-формах. Оценка величины бокового давления. 10. Оценка величины потерь усилия прессования на преодоление внешнего трения. 11. Распределение плотности по объему прессовки. Причины неравноплотности при прессовании порошка в пресс-формах. 12. Прессование металлического порошка со смазкой. Виды смазок, способы и особенности их применения. 13. Упругое последствие. Давление выталкивания. 14. Прочность прессовок. Способы ее повышения. Особенности применения для этой цели пластификаторов и смазок. 15. Брак при прессовании. 16. Прессы, применяемые в технологии порошковой металлургии. Их преимущества и недостатки. 17. Определение операции спекания, его общая характеристика и целевая задача. Классификация видов спекания. 18. Стадии спекания (2 подхода к разделению спекания на стадии). 19. Термодинамические предпосылки спекания. Движущие силы спекания. 20. Механизмы массопереноса: перенос через газовую фазу, поверхностная диффузия. 21. Механизмы массопереноса: объемная диффузия, источники и стоки вакансий в порошковом однокомпонентном теле. 22. Механизмы массопереноса: диффузионно-вязкое течение, ползучесть кристаллических тел. 23. Рекристаллизация при спекании. 24. Уплотнение порошкового тела при нагреве: стадии уплотнения, уравнение В.А.Ивенсена. 25. Представления В.А.Ивенсена об "искаженном" и "неискаженном" спекании. 26. Механизмы, обеспечивающие большую скорость усадки, в том числе на начальных этапах спекания и при скачкообразном подъеме температуры. 27. Анизотропия усадки, зональное обособление. 28. Влияние свойств порошков на спекание. 29. Влияние условий спекания на его результаты. 30. Физические методы активации спекания. 31. Химические методы активации спекания. 32. Особенности спекания формовок из ультрадисперсных порошков. 33. Спекание многокомпонентных систем с неограниченной растворимостью компонентов. 34. Спекание многокомпонентных систем с ограниченной растворимостью компонентов. 35. Спекание многокомпонентных систем с не взаимодействующими компонентами. 35. Особенности спекания порошковых систем с участием жидкой фазы. Классификация жидкофазного спекания. 36. Источники возникновения жидкой фазы. Особенности |
|-----|---------|---|---|

| | | | <p>контактного плавления. Смачивание при жидкофазном спекании.</p> <p>37. Стадии жидкофазного спекания: механическая перегруппировка.</p> <p>38. Стадии жидкофазного спекания: перекристаллизация через жидкую фазу.</p> <p>39. Стадии жидкофазного спекания: срастание частиц твердой фазы.</p> <p>40. Спекание систем с исчезающей жидкой фазой.</p> <p>41. Инфильтрация порошковой формовки.</p> <p>42. Практика спекания: классификация печей, применяемых в порошковой металлургии. Атмосферы спекания.</p> <p>43. Практика спекания: брак при спекании.</p> <p>44. Горячее прессование. Электроразрядное спекание.</p> |
|---|--|---|--|
| 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.) | | | |
| Код работы | Название работы | Проверяемые индикаторы компетенций | Содержание работы |
| P1 | Практическое занятие "Уравнения, описывающие зависимости относительной плотности порошковых прессовок от давления" | ОПК-1-У1;ОПК-1-В1;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-1-31 | Изучение областей применения различных уравнений, описывающих зависимость относительной плотности или пористости прессовок от давления прессования. Изучение допущений, сделанных авторами уравнений при их выводе. |
| P2 | Практическое занятие "Оценка доли усилия прессования на преодоление внешнего трения" | ОПК-1-31;ПК-3-В1;ОПК-1-У2 | Изучение методики расчет доли усилия прессования на преодоление внешнего трения по упрощенной схеме и с использованием дифференциального уравнения. |
| P3 | Практическое занятие "Факторы, влияющие на прочность прессовок, обеспечение формуемости порошковых материалов с помощью пластификаторов" | ОПК-1-31;ОПК-1-У1;ПК-1-31;ПК-4-31;ПК-4-У1 | Изучение основных принципов обеспечения связи частиц порошков различной твердости при приложении давления. Изучение влияния гранулометрического состава порошков и формы их частиц на прочность механического зацепления. Изучение влияния пластичности материала порошков на развитие межчастичных контактов при приложении давления. |
| P4 | Практическое занятие "Применение смазок при прессовании порошковых материалов" | ОПК-1-31;ОПК-1-В1;ПК-1-31;ПК-4-У1 | Изучение особенностей структуры материалов, используемых в качестве твердых смазок при прессовании порошков. Ознакомление со способами применения твердых смазок при прессовании. |
| P5 | Практическое занятие "Пресс-оснастка и прессы, применяемые для формования порошков" | ОПК-1-31;ОПК-1-У2;ПК-1-31 | Изучение классификации пресс-форм, изучение основных принципов геометрических и прочностных расчетов элементов пресс-форм. Изучение конструкций пресс-форм для прессования изделий разных групп сложности. Изучение основных преимуществ и недостатков механических и гидравлических прессов, применяемых для прессования порошков. |

| | | | |
|-----|---|--|--|
| P6 | Практическое занятие "Стадии спекания однокомпонентных порошковых материалов. Зависимости, описывающие разные механизмы массопереноса от времени" | ОПК-1-32;ПК-1-31;ПК-4-31;ПК-4-У1 | Изучение различных схем разделения спекания однокомпонентных порошковых материалов на стадии и соотношения стадий по различным схемам. Изучение основных зависимостей для описания механизмов массопереноса Френкеля, Кучинского, Пинеса, Гегузина. |
| P7 | Практическое занятие "Усадка при спекании однокомпонентных материалов и ее математическое описание" | ОПК-1-32;ОПК-1-У1;ПК-4-31;ПК-4-У1 | Изучение основных принципов, положенных в основу уравнения Ивенсена. Особенности расчета временной зависимости усадки по уравнению Ивенсена. |
| P8 | Практическое занятие "Механизмы, обеспечивающие повышенную скорость усадки. Усадка при неизотермическом спекании" | ОПК-1-32;ОПК-1-У1;ПК-1-31;ПК-4-31;ПК-4-У1 | Изучение аккомодационных механизмов ползучести, механизмов обеспечивающих диффузионное и диффузионно-дислокационное проскальзывание частиц как целых объектов при спекании. Роль активных несовершенств при неизотермическом спекании по Ивенсену. |
| P9 | Практическое занятие "Инфильтрация порошковой формовки" | ОПК-1-32;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ПК-1-У1 | Изучение основных принципов и способов реализации инфильтрации как разновидности жидкофазного спекания порошковых материалов. Определение сходства и различия с жидкофазным спеканием порошковых смесей с присутствием жидкой фазы до конца изотермической выдержки. |
| P10 | Практическое занятие "Горячее прессование. Электроразрядное спекание" | ОПК-1-32;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ПК-4-31;ПК-4-У1;ПК-1-У1;ПК-1-31 | Изучение основных принципов горячего прессования как технологической операции, позволяющей достичь более высоких результатов по сравнению с прессованием и спеканием. Изучение основных зависимостей, описывающих уплотнение порошковых материалов при горячем прессовании. Изучение основных особенностей электроразрядного спекания. |
| P11 | Лабораторная работа "Изучение влияния давления прессования на уплотнение металлических порошков" | ОПК-1-В1;ПК-1-У1;ПК-4-В1;ПК-3-В1 | Изучение влияния давления прессования на уплотнение разных фракций одного порошка, разных порошков, полученных одним и тем же методом, порошков одной природы, полученных разными методами. Построение графических зависимостей относительной плотности от давления прессования. Обработка результатов эксперимента по логарифмическому уравнению М.Ю. Бальшина. |
| P12 | Лабораторная работа "Изучение распределения плотности по объему прессовок" | ОПК-1-В1;ПК-1-У1;ПК-4-В1;ПК-3-В1 | Изучение распределения плотности по объему прессовок путем определения плотности гидростатическим методом для верхних, средних и нижних частей прессовок, полученных одно- и двусторонним прессованием со смазкой и без нее. |
| P13 | Лабораторная работа "Определение величин упругого последствия и давления выталкивания при прессовании" | ОПК-1-В1;ПК-1-У1;ПК-4-В1;ПК-3-В1 | Измерение осевого и радиального упругого последствия, а также давления выталкивания при трех разных давлениях прессования для смесей электролитических порошков никеля и меди. |
| P14 | Лабораторная работа "Изучение спекания однокомпонентных порошковых систем" | ОПК-1-32;ОПК-1-В1;ПК-1-У1;ПК-4-В1;ПК-3-В1 | Изучение спекания прессовок из разных фракций одного порошка, разных порошков, полученных одним и тем же методом, порошков одной природы, полученных разными методами, при различных температурах и временах изотермической выдержки. |

| | | | |
|-----|---|---|---|
| P15 | Лабораторная работа "Изучение твердофазного спекания порошковых систем с неограниченной растворимостью компонентов" | ОПК-1-32;ОПК-1-В1;ПК-1-У1;ПК-4-В1;ПК-3-В1 | Изучение особенностей и последствий гетеродиффузии в системах с неограниченной растворимостью компонентов на примере системы Cu-Ni. |
| P16 | Лабораторная работа "Изучение жидкофазного спекания порошковых систем" | ОПК-1-32;ОПК-1-В1;ПК-1-У1;ПК-4-В1;ПК-3-В1 | Изучение жидкофазного спекания с исчезающей жидкой фазой на примере системы Cu-Sn при различных температурах и временах изотермической выдержки |
| P17 | Лабораторная работа "Горячее прессование порошковых материалов" | ОПК-1-32;ОПК-1-В1;ПК-1-У1;ПК-4-В1;ПК-3-В1 | Изучение влияния давления и температуры изотермической выдержки при горячем прессовании малопластичных и хрупких материалов |

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

Образец экзаменационного билета по дисциплине "Теоретические основы прессования и спекания"

Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС"
Институт экотехнологий и инжиниринга

Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий
Направление подготовки "Металлургия", 22.04.02
Теоретические основы прессования и спекания

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №2

1. Подготовительные операции перед формованием: отжиг, классификация, сухое смешивание.
2. Определение операции спекания, его общая характеристика и целевая задача. Классификация видов спекания.
3. Особенности спекания формовок из ультрадисперсных порошков.

" _____ " _____ 20__ г.

Зав. кафедрой, проф., д.т.н.

Е.А. Левашов

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Методика оценки обучающегося на экзамене

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие знания в объеме программы дисциплины, уверенно устанавливает логические связи между отдельными разделами дисциплины, грамотно и непротиворечиво излагает материал при ответе, знает источники дополнительной информации.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов и установлении логических связей между отдельными разделами дисциплины, четко излагает материал без существенных противоречий в информации.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, исправляет допущенные ошибки после уточняющих вопросов преподавателя, знает основные и дополнительные источники информации по программе дисциплины.

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не способен установить логические связи между разделами дисциплины, не может дать ответ на основной и/или дополнительный вопрос .

Оценка «не явка» – обучающийся на экзамен не явился.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
|------|--|----------------------------|------------------------|-------------------|
| Л1.1 | Либенсон Г. А., Лопатин В. Ю., Комарницкий Г. В. | Т.2: Формование и спекание | Электронная библиотека | , 2002 |

| 6.1.2. Дополнительная литература | | | | |
|---|--|---|------------------|------------------------|
| | Авторы, составители | Заглавие | Библиотека | Издательство, год |
| Л2.1 | Кипарисов С. С., Падалко О. В. | Оборудование предприятий порошковой металлургии: Учебник для вузов по спец. 'Композитивные и порошковые материалы, покрытия' и 'Физ.-хим.исслед.металлург.процес сов' | Библиотека МИСиС | М.: Металлургия, 1988 |
| Л2.2 | Либенсон Г. А., Панов В. С. | Оборудование цехов порошковой металлургии: учеб. пособие для машиностроит. техникумов по спец. 'Порошковая металлургия и пр-во твердых сплавов' | Библиотека МИСиС | М.: Металлургия, 1983 |
| Л2.3 | Либенсон Г. А., Никифоров О. А., Кипарисов С. С. | Теория процессов формования и спекания порошков. Разд.: Прессование металлических порошков: Курс лекций. Учебное пособие | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 1976 |
| Л2.4 | Либенсон Г. А., Никифоров О. А., Кипарисов С. С. | Теория процессов формования и спекания порошков. Разд.: Спекание порошков: Курс лекций | Библиотека МИСиС | М.: Учеба, 1976 |
| Л2.5 | Аникин В. Н., Блинков И. В., Челноков В. С., др. | Теоретические основы спекания порошков. Механизмы припекания сферических тел: курс лекций | Библиотека МИСиС | М.: Изд-во МИСиС, 2013 |
| Л2.6 | Аникин В. Н., Блинков И. В., Челноков В. С., др. | Теоретические основы спекания порошков. Кинетика спекания реальных материалов: курс лекций: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 'Металлургия' | Библиотека МИСиС | М.: Изд-во МИСиС, 2014 |

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

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

6.3 Перечень программного обеспечения

| | |
|-----|----------------------|
| П.1 | ESET NOD32 Antivirus |
| П.2 | Microsoft Office |
| П.3 | MS Teams |

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

| Ауд. | Назначение | Оснащение |
|-------|--|--|
| К-107 | Лаборатория прессования и формования: | демонстрационное оборудование, в том числе доска учебная мультимедийный проектор, экран проекционный, гидравлический пресс ручной, гидравлический пресс с электроприводом, два оптических микроскопа, технические весы, аналитические весы, твердомеры (по Бринеллю и Виккерсу, две муфельные печи, шкаф вытяжной (2 секции), оборудование для определения физических технологических свойств порошков |
| К-04 | Лаборатория подготовки порошков и механического активирования: | вакуумная шахтная печь, печи для спекания в различных средах, гранулятор смеситель, мельницы |

| | | |
|------------------------------------|--|--|
| К-06 | Лаборатория спекания и термообработки: | лабораторная вакуумная печь с вольфрамовым нагревателем, вакуумная печь, электропечь SNOL72/1200 2 шт., весы аналитические |
| Любой корпус Мультимедийная | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий: | комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus |
| Читальный зал №3 (Б) | | комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus. |
| Читальный зал №4 (Б) | | комплект учебной мебели на 20 рабочих мест, компьютеры с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета |
| Читальный зал электронных ресурсов | | комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus. |
| К-107 | Лаборатория прессования и формования: | демонстрационное оборудование, в том числе доска учебная мультимедийный проектор, экран проекционный, гидравлический пресс ручной, гидравлический пресс с электроприводом, два оптических микроскопа, технические весы, аналитические весы, твердомеры (по Бринеллю и Виккерсу, две муфельные печи, шкаф вытяжной (2 секции), оборудование для определения физических технологических свойств порошков |
| К-107 | Лаборатория прессования и формования: | демонстрационное оборудование, в том числе доска учебная мультимедийный проектор, экран проекционный, гидравлический пресс ручной, гидравлический пресс с электроприводом, два оптических микроскопа, технические весы, аналитические весы, твердомеры (по Бринеллю и Виккерсу, две муфельные печи, шкаф вытяжной (2 секции), оборудование для определения физических технологических свойств порошков |

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Описание лабораторных работ приведено в сборнике ПМ-М2/2020, хранящемся на кафедре.