

.....ФЕДЕРА
ЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ
им. А.А. БАЙКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ И КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Направление подготовки: 22.06.01 Технологии материалов

Направленность подготовки:

Порошковая металлургия и композиционные материалы

Одобрено на заседании
Ученого совета ИМЕТ РАН
30 марта 2017 г.
Протокол № 2/17

Москва 2017 год

Целью изучения дисциплины «Порошковая металлургия и композиционные материалы» является углубленное изучение основ химии и технологии порошков общего и специального назначения, технологии конструкционных и функциональных порошковых материалов, технологий композиционных материалов, технологий нанесения покрытий и модифицирования поверхностей, методов исследования структуры и свойств композиционных материалов и покрытий, специальных методов контроля качества покрытий и модифицированных поверхностей

Темы, изучаемые в программе курса:

Наименование темы
<u>Тема 1. Раздел 1:</u> Процессы и оборудования производства порошков из неорганических материалов. Методы и приборы для контроля свойств порошков
<u>Тема 1. Раздел 2:</u> Процессы и оборудование подготовки порошков к производству изделий методом порошковой металлургии
<u>Тема 1. Раздел 3:</u> Процессы и оборудование формования изделий из порошков
<u>Тема 1. Раздел 4:</u> Физико-химические основы, процессы и оборудование спекания изделий из порошков
<u>Тема 2.</u> Классификация, структура, свойства и применение порошковых материалов
<u>Тема 3. Раздел 1</u> Классификация, структура, свойства и применение композитов;
<u>Тема 3. Раздел 2</u> Процессы и оборудование дисперсно-упрочненных композитов;
<u>Тема 3. Раздел 3</u> Процессы и оборудование волокнистых композитов
<u>Тема 3. Раздел 4</u> Процессы и оборудование многослойных композитов;
<u>Тема 3. Раздел 5</u> Процессы и оборудование направленно-закристаллизованных композитов;
<u>Тема 4. Раздел 1</u> Физико-химические основы процессов формирования покрытий
<u>Тема 4. Раздел 2</u> Методы нанесения покрытий и модифицирования поверхности Процессы и оборудование .
<u>Тема 4. Раздел 3</u> Служебные свойства и методы контроля качества покрытий

Контрольные вопросы к собеседованиям

Собеседование 1 (тема 1.1). Контрольные вопросы:

1. Механические методы производства порошков (резание, размол в шаровых, вибрационных, планетарных и других мельницах).
2. Приготовление порошков распылением жидких металлов, сплавов и соединений. Общая характеристика методов распыления.
3. Производство порошков восстановлением водородом, углеродом, металлами. Классификация методов восстановления порошков металлов по типу исходного сырья (окислы, соли), применяемых восстановителей и оборудования.
4. Приготовление порошков тугоплавких соединений (карбидов, боридов, нитридов, силицидов, гидридов).
5. Связь между физическими и технологическими свойствами порошков.

Собеседование 2 (тема 1.2). Контрольные вопросы:

1. Отжиг, гомогенизация, довосстановление, физико-химическая сущность и практика технологии.
2. Классификация и разделение порошков на фракции по размерам частиц, составление смесей.
3. Введение смазывающих, пластифицирующих и склеивающих веществ для улучшения условий формования.
4. Технологические присадки для регулирования процесса спекания и достижения желательной структуры изделий.
5. Влияние процессов подготовки и смешивания порошков на свойства смесей и спеченных изделий.

Собеседование 3 (тема 1.3). Контрольные вопросы:

1. Классификация методов формования. Общая характеристика основных явлений, наблюдаемых при уплотнении порошков.
2. Внешнее и межчастичное трение, боковое давление, распределение плотности по объему брикета, упругое последствие.
3. Распределение напряжений и плотности при прессовании изделий сложной формы.
4. Методы получения равномерной плотности при прессовании деталей сложной формы.
5. Различные виды взрывного, электрогидравлического, электромагнитного и пневматического прессования.
6. Инжекционное формование, шликерное формование, особенности формования металлических волокон, прочность изделий из металлических волокон.

Собеседование 4 (тема 1.4). Контрольные вопросы:

1. Сущность и технические задачи спекания. Классификация типов процессов спекания.
2. Общие сведения о различных типах дефектов в кристаллах и причинах их возникновения.
3. Механизмы процессов спекания однокомпонентных систем.
4. Закономерности и кинетика спекания систем в присутствии жидкой фазы.
5. Структура и свойства спеченных изделий.

Собеседование 5 (тема 2). Контрольные вопросы:

1. Пористые материалы.
2. Беспористые и малопористые антифрикционные материалы, фрикционные материалы.
3. Классификация магнитных материалов, магнитодиэлектрики, магнитомягкие материалы, ферриты, получаемые методами порошковой металлургии.
4. Тугоплавкие металлы. Тугоплавкие и твердые бескислородные соединения.
5. Инструментальные материалы. Твердые сплавы, безвольфрамовые твердые сплавы, минералокерамические твердые сплавы.

Собеседование 6 (тема 3.1) . Контрольные вопросы:

1. Дисперсно-упрочненные, многослойные, волоконные и направленно закристаллизованные композиты.
2. Основные задачи, решаемые применением композитов в конструкциях.
3. Физико-химическое взаимодействие компонентов композита, классификация композитов по типу взаимодействия его компонентов.
4. Понятие о термодинамической, кинетической и механической совместимости компонентов композита.

5. Термические и фазовые напряжения в композитах.

Собеседование 7 (тема 3.2) . Контрольные вопросы:

1. Механизм повышения сопротивления пластической деформации и упрочнения композитов частицами.
2. Основные принципы выбора упрочняющих частиц.
3. Зависимость механических свойств от размера частиц и расстояния между ними.
4. Отличие дисперсно-упрочненных композитов от дисперсно-твердеющих сплавов.
5. . Дисперсно-упрочненные композиты на основе алюминия и никеля.

Собеседование 8 (тема 3.3). Контрольные вопросы:

1. Особенности волокнистых композитов. Анизотропия свойств. Зависимость прочности от содержания волокон.
2. Прочность при внеосевом растяжении и ее зависимость от геометрии укладки волокон. Многонаправленное армирование. Прочность при сжатии.
3. Влияние анизотропии упругих свойств на концентрацию напряжений около трещины в композите. Работа разрушения.
4. Непрерывные и дискретные волокна и нитевидные монокристаллы, применяемые для армирования волокнистых композитов.
5. Особенности пластической деформации волокнистых композитов. Влияние свойств волокон и матрицы на особенности получения полуфабрикатов и изделий.

Собеседование 9 (тема 3.4). Контрольные вопросы:

1. Преимущества многослойных композитов перед обычными материалами и их свойства. Анизотропия свойств.
2. Механические свойства при статистическом и динамическом нагружении, зависимость механических свойств от геометрических характеристик слоев, их числа и последовательности укладки.
3. Влияние состояния поверхности раздела между слоями на свойства композитов.
4. Получение многослойных композитов.
5. Основы совместной деформации разнородных материалов.

Собеседование 10 (тема 3.5). Контрольные вопросы:

1. Характеристики направленно закристаллизованных композитов. Сплавы эвтектического типа.
2. Термодинамика фазовых равновесий эвтектических систем.
3. Морфология фаз и принципы классификации двойных эвтектик. Многовариантные и тройные эвтектики.
4. Механизм и кинетика направленной кристаллизации. Стандартный платиностержневый рост. Диффузионные процессы.
5. Условия формирования структуры композита. Влияние примесей на структуру композита.

Собеседование 11 (тема 4.1). Контрольные вопросы:

1. Классификация методов нанесения покрытий и модифицирования поверхности, области применения химических, электрохимических, газофазных и физических методов, основные преимущества и недостатки.
2. Физические методы: газотермическое, вакуумное ионно-плазменное нанесение покрытий, лазерное оплавление, ионная имплантация, ионное газонасыщение, основные параметры процессов, сравнительная эффективность.

3. Основные характеристики коррозионных, износостойких, теплозащитных, жаростойких, электроизоляционных, электропроводных, экранирующих, технологических и декоративных покрытий.
4. Диффузия и массоперенос: межузельный и вакансионный механизм, законы Фика, частота атомных скачков, потенциальный барьер, уравнение Аррениуса, диффузия по границам зерен, влияние давления и напряжений, активационный объем, термо- и электромиграция, стимулированная диффузией рекристаллизация, анизотропия диффузионной подвижности металлов с ГП-решеткой.
5. Дефекты в покрытиях: микродефекты, избыточная концентрация вакансий, дефекты дислокационного типа, остаточные напряжения, неоднородность состава, форма роста.

Собеседование 12 (тема 4.2). Контрольные вопросы:

1. Плавление, испарение, сублимация и диссоциация материала; состав газовой фазы; взаимодействие распыленных частиц с кислородом, влагой, углеродосодержащими газами, водородом, азотом; кристаллизации и фазовые превращения.
2. Основы расчета тепловых режимов напыляемых изделий. Выбор температурного интервала режима напыления изделия. Оценка предельной температуры нагрева и характеристика полей температур в изделии.
3. Методы вакуумного напыления: термическое испарение, электродуговое распыление, ионное распыление, энергетические характеристики процессов. Основные стадии процесса вакуумного напыления, принципиальные схемы устройств для вакуумного напыления, основные типы серийного оборудования.
4. Основные технологические операции формирования газотермических покрытий. Структура поверхностного слоя, типы основных структурных дефектов и адсорбированных слоев.
5. Изменение фазового состава, структуры и свойств при формировании монослойных покрытий, влияние ориентации подложки по отношению к ионному пучку.

Собеседование 13 (тема 4.3). Контрольные вопросы:

1. Определение потенциодинамических кривых; испытания на коррозионную стойкость, износостойкость; измерение коэффициента трения, адгезионной и когезионной прочности.
2. Статические и усталостные испытания образцов с покрытиями; испытания при повышенных температурах; методы определения характеристик механики разрушения покрытий.
3. Особенности измерения микротвердости покрытий: микротвердомеры с супермалыми нагрузками, переменной нагрузкой; измерение модулей упругости покрытий.
4. Радиоизотопный и рентгенофлюоресцентный методы неразрушающего определения толщины покрытия. Рентгеновский и нейтронно-графический методы измерения остаточных напряжений в покрытиях.
5. Экспрессные неразрушающие методы контроля качества покрытий: измерение контактной разности потенциалов, ультразвуковой метод, метод вихревых токов.

Темы рефератов

Темы рефератов по темам 1-2 – Процессы получения, свойства и методы контроля порошковых материалов

- Процессы получения, структура и свойства пористых материалов: подшипников, металлических фильтров, уплотнительных материалов, электродов и пластин аккумуляторов.
- Процессы получения, структура и свойства беспористых и малопористые антифрикционных материалов, фрикционных материалов.
- Процессы получения, структура и свойства электрических и магнитных материалов, конструкционных порошковых материалов, износостойких материалов.
- Процессы получения, структура и свойства тугоплавких металлов: вольфрама, молибдена, рения, сплавов вольфрама и молибдена с рением, тантала, ниобия, титана, циркония Тугоплавкие и твердые бескислородные соединения.
- Процессы получения, структура и свойства нитридов, карбидов, боридов, силицидов, гидридов, халькогенидов. Кристаллическая и электронная структура, природа межатомных связей, физико-химические свойства тугоплавких соединений. Материалы на основе тугоплавких соединений.
- Процессы получения, структура и свойства керметов. Термодинамическая совместимость фаз. Кристаллическая структура, электронная структура и природа межатомных связей в тугоплавких и твердых бескислородных соединениях. Термомеханическая совместимость фаз в керметах.
- Процессы получения, структура и свойства огнеупорных материалов. Оксидные огнеупоры. Огнеупоры из тугоплавких соединений. Типовая технологическая схема производства огнеупоров. Карборундовые огнеупоры. Керамические порошковые материалы, их свойства и область применения.
- Процессы получения, структура и свойства инструментальных материалов. Твердые сплавы, безвольфрамовые твердые сплавы, минералокерамические твердые сплавы.
- Процессы получения, структура и свойства углеродграфитных материалы и графита. Технология производства искусственного графита. Графитопластовые материалы. Силицированный графит. Области применения.
- Процессы получения, структура и свойства материалы для электронной техники и электротехники, материалов для ядерной энергетики, материалов для ракетной техники и преобразователей энергии.

Темы рефератов по теме 3 –Процессы получения, свойства и методы контроля композиционных материалов

- Дисперсно-упрочненные композиты на основе алюминия и никеля. Их получение, свойства и применение.
- Волокнистые композиты. Их получение, свойства и применение.
- Непрерывные и дискретные волокна и нитевидные монокристаллы, применяемые для армирования волокнистых композитов. Их получение, свойства и применение. Защитные покрытия на волокнах и их влияние на свойства волокон.

- Технологические схемы получения композитов. Особенности формовки и соединения; технологическое оборудование. Метод диффузионной сварки. Метод пластической деформации. Методы порошковой металлургии.
- Особенности пластической деформации волокнистых композитов. Влияние свойств волокон и матрицы на особенности получения полуфабрикатов и изделий.
- Многослойные композиты. Их получение, свойства и применение.
- Направленно закристаллизованные композиты. Их получение, свойства и применение.

Реферат должен быть оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к научным статьям (прежде всего это относится к обязательному цитированию, ссылкам на литературу с точным указанием источников, в том числе интернетных, и страниц в случае прямого цитирования, не содержать плагиата).

Тема реферата выдается преподавателем. При написании реферата следует исходить из того, что он представляет собой учебно-исследовательскую работу, главной задачей которой является изучение литературы по той или иной теме и основательное ознакомление с конкретной проблемой.

Автор реферата должен прежде всего разобраться в существующей литературе по вопросу, выделить основные подходы к решению поставленной проблемы, основные точки зрения на неё, привести аргументацию авторов или сторонников того или иного решения вопроса.

Обязательные составные части реферата:

1. Титульный лист.
2. Оглавление.
3. Введение.
4. Основная часть.
5. Заключение.
6. Список литературы.

Образец титульного листа приводится далее в приложении 1.

В оглавлении перечисляются названия всех структурных частей реферата с указанием соответствующих страниц, на которых начинается изложение данного раздела.

Во введении должна быть поставлена исходная проблема, разъяснён её смысл, обоснована её актуальность, перечислены основные задачи реферата. Всё дальнейшее изложение должно быть нацелено на решение поставленной во введении главной проблемы.

В заключении формулируются основные выводы (обобщения) из проведённого анализа. Содержание выводов должно быть обосновано всем предшествующим ходом мысли.

Список литературы составляется в соответствии с требованиями полного библиографического описания действующего ГОСТ (в том числе фамилия и инициалы автора, полное название работы, город, издательство, год, число страниц и т.д.). В случае использования текстов, размещённых в Интернете, необходимо указать имя автора материала, название материала и полный адрес страницы. Использование безымянных материалов не допускается.

Ссылки на источники (библиография) должны быть даны в виде постраничных сносок со сквозной нумерацией. В сноске (в том числе к цитатам) даётся полное описание источника (как в списке литературы) с обязательным указанием соответствующих номеров страниц.

Объём реферата определяется преподавателем. Шрифт Times New Roman, размер шрифта 12-14, цвет – чёрный, интервал – полуторный. Поля: слева – 3 см, снизу и сверху – 2 см, справа – 1 см.

Реферат должен быть сброшюрован.

Проверка подготовленного реферата проводится преподавателем.

Контрольные вопросы к зачету 1

1. Механические методы производства порошков (резание, размол в шаровых, вибрационных, планетарных и других мельницах).
2. Приготовление порошков распылением жидких металлов, сплавов и соединений. Общая характеристика методов распыления.
3. Производство порошков восстановлением водородом, углеродом, металлами. Классификация методов восстановления порошков металлов по типу исходного сырья (окислы, соли), применяемых восстановителей и оборудования.
4. Приготовление порошков тугоплавких соединений (карбидов, боридов, нитридов, силицидов, гидридов).
5. Отжиг, гомогенизация, довосстановление, физико-химическая сущность и практика технологии.
6. Введение смазывающих, пластифицирующих и склеивающих веществ для улучшения условий формования.
7. Технологические присадки для регулирования процесса спекания и достижения желательной структуры изделий.
8. Влияние процессов подготовки и смешивания порошков на свойства смесей и спеченных изделий.
9. Классификация методов формования. Общая характеристика основных явлений, наблюдаемых при уплотнении порошков.
10. Методы получения равномерной плотности при прессовании деталей сложной формы.
11. Различные виды взрывного, электрогидравлического, электромагнитного и пневматического прессования.
12. Инжекционное формование, шликерное формование, особенности формования металлических волокон, прочность изделий из металлических волокон.
13. Сущность и технические задачи спекания. Классификация типов процессов спекания.
14. Общие сведения о различных типах дефектов в кристаллах и причинах их возникновения.
15. Структура и свойства спеченных изделий.

Контрольные вопросы к зачету 2

1. Пористые материалы.
2. Беспористые и малопористые антифрикционные материалы, фрикционные материалы.
3. Классификация магнитных материалов, магнитодиэлектрики, магнитомягкие материалы, ферриты, получаемые методами порошковой металлургии.

4. Тугоплавкие металлы. Тугоплавкие и твердые бескислородные соединения.
5. Дисперсно-упрочненные, многослойные, волоконные и направленно закристаллизованные композиты.
6. Физико-химическое взаимодействие компонентов композита, классификация композитов по типу взаимодействия его компонентов.
7. Отличие дисперсно-упрочненных композитов от дисперсно-твердеющих сплавов.
8. Особенности волокнистых композитов. Анизотропия свойств. Зависимость прочности от содержания волокон.
9. Непрерывные и дискретные волокна и нитевидные монокристаллы, применяемые для армирования волокнистых композитов.
10. Особенности пластической деформации волокнистых композитов. Влияние свойств волокон и матрицы на особенности получения полуфабрикатов и изделий.
11. Преимущества многослойных композитов перед обычными материалами и их свойства. Анизотропия свойств.
12. Механические свойства при статистическом и динамическом нагружении, зависимость механических свойств от геометрических характеристик слоев, их числа и последовательности укладки.
13. Получение многослойных композитов.
14. Характеристики направленно закристаллизованных композитов. Сплавы эвтектического типа.
15. Морфология фаз и принципы классификации двойных эвтектик. Многовариантные и тройные эвтектики.
16. Классификация методов нанесения покрытий и модифицирования поверхности, области применения химических, электрохимических, газофазных и физических методов, основные преимущества и недостатки.
17. Физические методы: газотермическое, вакуумное ионно-плазменное нанесение покрытий, лазерное оплавление, ионная имплантация, ионное газонасыщение, основные параметры процессов, сравнительная эффективность.
18. Основные характеристики коррозионных, износостойких, теплозащитных, жаростойких, электроизоляционных, электропроводных, экранирующих, технологических и декоративных покрытий.
19. Дефекты в покрытиях: микродефекты, избыточная концентрация вакансий, дефекты дислокационного типа, остаточные напряжения, неоднородность состава, форма роста.
20. Плавление, испарение, сублимация и диссоциация материала; состав газовой фазы; взаимодействие распыленных частиц с кислородом, влагой, углеродосодержащими газами, водородом, азотом; кристаллизации и фазовые превращения.
21. Методы вакуумного напыления: термическое испарение, электродуговое распыление, ионное распыление, энергетические характеристики процессов. Основные стадии процесса вакуумного напыления, принципиальные схемы устройств для вакуумного напыления, основные типы серийного оборудования.
22. Изменение фазового состава, структуры и свойств при формировании монослойных покрытий, влияние ориентации подложки по отношению к ионному пучку.
23. Определение потенциодинамических кривых; испытания на коррозионную стойкость, износостойкость; измерение коэффициента трения, адгезионной и когезионной прочности.

24. Статические и усталостные испытания образцов с покрытиями; испытания при повышенных температурах; методы определения характеристик механики разрушения покрытий.
25. Особенности измерения микротвердости покрытий: микротвердомеры с супермалыми нагрузками, переменной нагрузкой; измерение модулей упругости покрытий.
26. Радиоизотопный и рентгенофлуоресцентный методы неразрушающего определения толщины покрытия. Рентгеновский и нейтронно-графический методы измерения остаточных напряжений в покрытиях.

Промежуточная аттестация - кандидатский экзамен

Формой промежуточной аттестацией по дисциплине является кандидатский экзамен по научной специальности 05.16.06 «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

В билет кандидатского экзамена включается 3 экзаменационных вопроса из программы дисциплины «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Экзаменационные вопросы

1. Механические методы производства порошков, получение порошков распылением жидких металлов, сплавов и соединений.
2. Физико-химические способы производства порошков: производство порошков восстановлением водородом, углеродом, металлами; получение порошков железа, кобальта, тугоплавких металлов и их сплавов и соединений восстановлением углеродом, водородом, металлами; получение легированных порошков совместным восстановлением из смесей оксидов, плазменные процессы восстановления порошков.
3. Электрохимические процессы получения порошков, технология производства электрохимических порошков из водных растворов (порошки железа, никеля, меди, кобальта, хрома, марганца) и расплавленных сред (порошки титана, ниобия, тантала, бериллия, молибдена, вольфрама, циркония).
4. Процессы термической диссоциации летучих соединений. Технология изготовления порошков железа и никеля разложением карбониллов, получение ультрадисперсных порошков металлов, тугоплавких соединений.
5. Ультрадисперсные порошки: особенности их производства и характеристики.
6. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез. Физико-химические основы. Получение порошков тугоплавких соединений (карбидов, боридов, нитридов, силицидов, гидридов).
7. Физические основы и способы получения аморфных и мелкокристаллических порошков.
8. Состав, структура и основные свойства порошков (физические и технологические), методы исследования и контроля.
9. Отжиг, гомогенизация, довосстановление. Физико-химическая сущность и практика использования.

10. Классификация и разделение порошков на фракции по размерам частиц, составление смесей. Введение смазывающих, пластифицирующих веществ для улучшения условий формования.
11. Грануляция и распылительная сушка. Технологические присадки для регулирования процесса спекания и достижения желательной структуры изделий. Влияние процессов подготовки и смешивания порошков на свойства смесей и спеченных изделий. Контроль качества смешивания. Оборудование.
12. Классификация методов формования. Общая характеристика процессов уплотнения порошков, деформационный механизм уплотнения порошковых тел. Уравнения прессования, зависимость плотности брикета от давления прессования, распределение напряжений и плотности при прессовании изделий сложной формы.
13. Технология холодного прессования в закрытых пресс-формах, изостатическое прессование, непрерывное формование, технология мундштучного прессования, импульсное прессование.
14. Основные характеристики динамического (ударного) холодного и горячего прессования. Различные виды взрывного, электрогидравлического, электромагнитного и пневматического прессования.
15. Инжекционное формование, шликерное формование, особенности формования металлических волокон, прочность изделий из металлических волокон.
16. Приборы и методы контроля порошковых материалов.
17. Спекание. Дефекты кристаллической решетки, диффузия, ползучесть и рекристаллизация в металлах и сплавах. Движущие силы процесса спекания. Поверхностное натяжение как движущая сила спекания. Капиллярное давление. Изменение свободной поверхности и усадка при спекании.
18. Механизмы процессов спекания однокомпонентных систем. Основные стадии процесса спекания. Закономерности и кинетика спекания многокомпонентных систем без образования жидкой фазы. Особенности усадки при спекании систем с образованием твердых растворов и интерметаллических соединений с учетом влияния гетеродиффузии.
19. Закономерности и кинетика спекания систем в присутствии жидкой фазы.
20. Механизм спекания, поверхностное натяжение на границе твердого и расплавленного металлов, перекристаллизация через жидкую фазу.
21. Влияние дисперсности, структуры и состояния исходных порошков на уплотнение и формирование свойств для разных типов процессов спекания с образованием жидкой фазы.
22. Активированное спекание. Виды, особенности и физико-химические явления, лежащие в основе процесса.
23. Горячее изостатическое прессование.
24. Пористые материалы: подшипники, металлические фильтры, уплотнительные материалы, электроды и пластины аккумуляторов.
25. Беспористые и малопористые антифрикционные материалы, фрикционные материалы.
26. Электрические и магнитные материалы, конструкционные порошковые материалы, износостойкие материалы.
27. Тугоплавкие металлы: вольфрам, молибден, рений, сплавы вольфрама и молибдена с рением, тантал, ниобий, титан, цирконий Тугоплавкие и твердые бескислородные соединения.

28. Общая характеристика нитридов, карбидов, боридов, силицидов, гидридов, халькогенидов. Кристаллическая и электронная структура, природа межатомных связей, физико-химические свойства тугоплавких соединений.
29. Материалы на основе тугоплавких соединений.
30. Физико-химические основы керметов. Термодинамическая совместимость фаз. Кристаллическая структура, электронная структура и природа межатомных связей в тугоплавких и твердых бескислородных соединениях. Термомеханическая совместимость фаз в керметах.
31. Огнеупорные материалы.
32. Оксидные огнеупоры. Огнеупоры из тугоплавких соединений. Типовая технологическая схема производства огнеупоров. Карборундовые огнеупоры. Керамические порошковые материалы, их свойства и область применения.
33. Инструментальные материалы.
34. Твердые сплавы, безвольфрамовые твердые сплавы, минералокерамические твердые сплавы.
35. Углеродграфитные материалы и графит.
36. Технология производства искусственного графита. Графитопластовые материалы. Силицированный графит. Области применения.
37. Материалы для электронной техники и электротехники, материалы для ядерной энергетики, материалы для ракетной техники и преобразователей энергии.
38. Классификация композитов. Дисперсно-упрочненные, волокнистые, многослойные и направленно закристаллизованные композиты. Основные задачи, решаемые применением композитов в конструкциях. Понятие о матрице и арматуре, их функции в композите и требования, предъявляемые к ним.
39. Физико-химическое взаимодействие компонентов композита, классификация композитов по типу взаимодействия его компонентов. Понятие о термодинамической, кинетической и механической совместимости компонентов композита. Термические и фазовые напряжения в композитах. Пути оптимизации взаимодействия компонентов композита.
40. Дисперсно-упрочненные композиты. Механизм повышения сопротивления пластической деформации и упрочнения композитов частицами. Основные принципы выбора упрочняющих частиц. Зависимость механических свойств от размера частиц и расстояния между ними. Отличие дисперсно-упрочненных композитов от дисперсно-твердеющих сплавов.
41. Дисперсно-упрочненные композиты на основе алюминия и никеля. Их получение, свойства и применение.
42. Волокнистые композиты. Особенности волокнистых композитов. Анизотропия свойств. Модуль упругости. Свойства при растяжении, правило смеси. Зависимость прочности от содержания волокон. Критическая объемная доля волокон. Прочность при внеосевом растяжении и ее зависимость от геометрии укладки волокон. Многонаправленное армирование. Прочность при сжатии. Механизм передачи нагрузки с матрицы волокна. Зависимость прочности от длины волокон. Критическая длина и критический параметр волокон. Микромеханика и характер разрушения. Влияние анизотропии упругих свойств на концентрацию напряжений около трещины в композите. Работа разрушения.

43. Непрерывные и дискретные волокна и нитевидные монокристаллы, применяемые для армирования волокнистых композитов. Способы получения нитевидных монокристаллов и их свойства, природа их прочности. Способы получения непрерывных волокон углерода, бора (борсика), карбида кремния, окиси алюминия, их структура и свойства. Роль взаимодействия неметаллических волокон, получаемых осаждением на металлическую подложку — нить с подложкой, металлические волокна из вольфрама, молибдена, бериллия, стали; их получение и свойства. Защитные покрытия на волокнах и их влияние на свойства волокон.
44. Технологические схемы получения композитов. Пропитка пористых тел вязкими жидкостями. Смачиваемость, капиллярный эффект, краевые углы смачивания. Технологические схемы получения изделий пропиткой на проход в автоклаве. Технологическое оборудование. Получение изделий формовкой монолент. Особенности формовки и соединения; технологическое оборудование. Метод диффузионной сварки. Метод пластической деформации. Методы порошковой металлургии.
45. Особенности пластической деформации волокнистых композитов. Влияние свойств волокон и матрицы на особенности получения полуфабрикатов и изделий.
46. Многослойные композиты. Преимущества многослойных композитов перед обычными материалами и их свойства. Анизотропия свойств. Модуль упругости, правило смеси для расчета жесткости композитных изделий. Механические свойства при статистическом и динамическом нагружении, зависимость механических свойств от геометрических характеристик слоев, их числа и последовательности укладки. Механизм деформации и разрушения многослойных композитов. Влияние состояния поверхности раздела между слоями на свойства композитов.
47. Получение многослойных композитов. Основы совместной деформации разнородных материалов. Применение многослойных композитов.
48. Направленно закристаллизованные композиты. Характеристики направленно закристаллизованных композитов. Сплавы эвтектического типа. Термодинамика фазовых равновесий эвтектических систем. Морфология фаз и принципы классификации двойных эвтектик. Многовариантные и тройные эвтектики.
49. Основные представления о процессе направленной кристаллизации. Механизм и кинетика направленной кристаллизации. Стандартный платиностержневый рост. Диффузионные процессы. Условия формирования структуры композита. Влияние примесей на структуру композита.
50. Физико-механические свойства направленно закристаллизованных композитов. Термическая стабильность и жаропрочность. Применение направленно закристаллизованных композитов.
51. Классификация методов нанесения покрытий и модифицирования поверхности, области применения химических, электрохимических, газофазных и физических методов, основные преимущества и недостатки. Физические методы: газотермическое, вакуумное ионно-плазменное нанесение покрытий, лазерное оплавление, ионная имплантация, ионное газонасыщение, основные параметры процессов, сравнительная эффективность.
52. Основные характеристики коррозионных, износостойких, теплозащитных, жаростойких, электроизоляционных, электропроводных, экранирующих, технологических и декоративных покрытий.

53. Процессы образования низкотемпературной плазмы. Диссоциация, ионизация, потенциал и степень ионизации, дебаевский радиус экранирования, амбиполярная диффузия, уравнение подвижности Ланжевена, рамзауэровские сечения столкновений, теплопроводность плазмы.
54. Физические основы генерации плазменных потоков металла: методы получения атомарных потоков вещества, испарение, распыление, реактивное напыление и энергетическое состояние осаждаемых атомов, ускорение и дополнительная ионизация плазменного потока магнитным полем.
55. Структурные закономерности формирования покрытий.
56. Кристаллохимия твердых растворов и фаз внедрения: электроотрицательность, электронная концентрация, размеры атомов и ионов, правило Хэгга. Октаэдрические и тетраэдрические междоузлия, типичные структуры фаз внедрения. Диаграммы состояния Ti—N(C, O), Fe—C(O, N), Zr—N(O, C), параметры решетки твердых растворов и фаз внедрения в зависимости от состава.
57. Диффузия и массоперенос: межузельный и вакансионный механизм, законы Фика, частота атомных скачков, потенциальный барьер, уравнение Аррениуса, диффузия по границам зерен, влияние давления и напряжений, активационный объем, термо- и электромиграция, стимулированная диффузией рекристаллизация, анизотропия диффузионной подвижности металлов с ГП-решеткой.
58. Дефекты в покрытиях: микродефекты, избыточная концентрация вакансий, дефекты дислокационного типа, остаточные напряжения, неоднородность состава, форма роста.
59. Макродефекты: вакансионные поры, поры, вызванные зернограницным проскальзыванием, поры на границах зерен с разным направлением преимущественного роста.
60. Нарушение адгезии с подложкой: влияние остаточных напряжений, загрязнение подложки.
61. Плавление, испарение, сублимация и диссоциация материала; состав газовой фазы; взаимодействие распыленных частиц с кислородом, влагой, углеродосодержащими газами, водородом, азотом; кристаллизации и фазовые превращения.
62. Нагрев напыляемого материала. Теплообмен на границе газовой и конденсированной фаз. Критерий Био для различных напыляемых материалов и газовой фазы. Уравнение для нагрева частиц в плазменной струе.
63. Нагрев и плавление стержневых материалов. Задача Стефана. Мощность тепловых потоков на катод и анод. Оценка степени испарения материала электродов. Условия саморегулирования процесса плавления при электродуговой металлзации. Нагрев вылета электрода от фронта плавления и джоулевым теплом. Нагрев и плавление стержней газовым пламенем. Диспергирование. Условия дробления жидкого материала газовой струей. Поверхностное натяжение и предельное значение критерия Вебера. Динамика эвакуации жидкого материала с поверхности фронта плавления.
64. Взаимодействие напыляемых частиц с подложкой. Физический контакт. Уравнения химической реакции на границе раздела фаз. Энергия активации. Оценка ударного и напорного давления в контакте. Термическое взаимодействие частиц с подложкой. Температура и время в контакте.
65. Конструирование покрытий и основы расчета режимов. Распределение дисперсной фазы по сечению струи и аппроксимация его нормальным законом. Радиус рассеяния и

дистанция напыления. Условие равнотолщинного напыления на тела вращения, плоские поверхности, поверхности сложной конфигурации. Основные принципы формирования многокомпонентных, многослойных и градиентных покрытий.

66. Основы расчета тепловых режимов напыляемых изделий. Выбор температурного интервала режима напыления изделия. Оценка предельной температуры нагрева и характеристика полей температур в изделии. Определение необходимой мощности двухфазной струи и ее связь с удельным тепловым потоком.

67. Характеристики основных элементов оборудования и технологии вакуумного ионно-плазменного напыления

68. Основные виды генерации металлической плазмы: электродуговая, магнетронная, ионно-лучевая, термоэмиссионная, электронно-лучевая, торцевой холловский ускоритель.

69. Источники ионного травления: тлеющий разряд, ускоритель с замкнутым дрейфом электронов с протяженной зоной направленности (УЗДП), «Радикал».

70. Методы вакуумного напыления: термическое испарение, электродуговое распыление, ионное распыление, энергетические характеристики процессов. Основные стадии процесса вакуумного напыления, принципиальные схемы устройств для вакуумного напыления, основные типы серийного оборудования.

71. Основные технологические операции формирования вакуумных ионно-плазменных покрытий. Структура поверхностного слоя, типы основных структурных дефектов и адсорбированных слоев. Задачи и методы предварительной очистки поверхности подложки. Очистка подложки с помощью низкотемпературной плазмы, характеристика процесса, изменение структуры и свойств подложки в процессе очистки. Очистка, активация и нагрев поверхности подложки в процессе ионной бомбардировки, изменение структуры и свойств. Формирование структуры покрытий в процессе конденсации, основные дефекты покрытий.

72. Изменение фазового состава, структуры и свойств при формировании монослойных покрытий, влияние ориентации подложки по отношению к ионному пучку. Формирование служебных свойств композита металл—покрытие: механические свойства, коррозионная стойкость, триботехнические свойства, теплостойкость.

73. Закономерности формирования фазового состава, структуры и свойств многослойных двухкомпонентных покрытий, конструирование покрытий с учетом фазового состава, текстуры, сопряжения кристаллической решетки и остаточных напряжений промежуточного слоя, реализуемый комплекс служебных свойств.

74. Многокомпонентные, многослойные покрытия, влияние легирующих элементов на структуру и свойства покрытий, формирование нанокристаллических и аморфных покрытий.

75. Определение потенциодинамических кривых; испытания на коррозионную стойкость, износостойкость; измерение коэффициента трения, адгезионной и когезионной прочности; статические и усталостные испытания образцов с покрытиями; испытания при повышенных температурах; методы определения характеристик механики разрушения покрытий.

76. Особенности измерения микротвердости покрытий: микротвердомеры с супермалыми нагрузками, переменной нагрузкой; измерение модулей упругости покрытий.

77. Радиоизотопный и рентгенофлюоресцентный методы неразрушающего определения толщины покрытия.

78. Рентгеновский и нейтронно-графический методы измерения остаточных напряжений в покрытиях.

79. Экспрессные неразрушающие методы контроля качества покрытий: измерение контактной разности потенциалов, ультразвуковой метод, метод вихревых токов.

Литература для подготовки по дисциплине

1. Рудской А.И. Технологические основы получения ультрамелкозернистых металлов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Рудской А.И., Коджаспиров Г.Е.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2011.— 247 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/43977>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
2. Русско-Белорусский терминологический словарь по порошковой металлургии [Электронный ресурс]/ — Электрон. текстовые данные.— Минск: Белорусская наука, 2012.— 342 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/11496>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
3. Ильющенко А.Ф. Процессы формирования газотермических покрытий и их моделирование [Электронный ресурс]: монография/ Ильющенко А.Ф., Шевцов А.И., Оковитый В.А.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Белорусская наука, 2011.— 357 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/10090>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
4. Анчаров А.И. Механокомпозиты - прекурсоры для создания материалов с новыми свойствами [Электронный ресурс]/ Анчаров А.И., Аульченко В.М., Барина А.П.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2010.— 424 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/15799>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
5. Солнцев Ю.П. Технология конструкционных материалов [Электронный ресурс]: учебник для вузов/ Солнцев Ю.П., Ермаков Б.С., Пирайнен В.Ю.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: ХИМИЗДАТ, 2014.— 504 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22545>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
6. Технологии конструкционных наноструктурных материалов и покрытий [Электронный ресурс]: монография/ П.А. Витязь [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Минск: Белорусская наука, 2011.— 283 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12322>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

Дополнительная литература

1. Арзамасов Б.Н., Макарова В.И., Мухин Г.Г. Материаловедение: Учебник для вузов. М.: Изд-во МГТУ, 2001.
2. Бальшин М.Ю. Научные основы порошковой металлургии и металлургии волокна. М.: Металлургия, 1972.
3. Ионная химико-термическая обработка сплавов / Б.Н. Арзамасов, А.Г. Братухин, Ю.С. Елисеев, Т.А. Панайоти. М.: Изд-во МГТУ, 1999.
4. Кудинов В.В., Бобров Г.В. Нанесение покрытий напылением. Теория, технология и оборудование. М.: Металлургия, 1992.
5. Кудинов В.В., Пекшев П.Ю. Нанесение покрытий плазмой. М.: Наука, 1990.
6. Либенсон Г.А., Лопатин В.Ю., Комарницкий Г.В. Процессы порошковой металлургии. М.: Изд-во МИСИС, 2001.

7. Никитин М.М. Технология и оборудование вакуумного напыления. М.: Металлургия, 1992.
8. Скорород В.В., Солонин С.М. Физико-металлические основы спекания порошков. М.: Металлургия, 1984.
9. Порошковая металлургия в СССР. История. Современное состояние. Перспективы / Под ред. И.Н.Францевича, В.И.Трифонов. М.: Наука, 1986.
10. Новые процессы и материалы порошковой металлургии: Пер. с англ. М.: Металлургия, 1983.
11. Буланов В.Я. Диагностика металлических порошков. М.: Наука, 1983.
12. Попильский Р.Я., Пилявский Ю.С. Прессование порошков керамических масс. М.: Металлургия, 1983.
13. Ивенсон В.А. Феноменология спекания. М.: Металлургия, 1985.
14. Барвинок В.А. Управление напряженным состоянием и свойства плазменных покрытий. М.: Машиностроение, 1990.
15. Борисов Ю.С., Харламов Газотермические покрытия из порошковых материалов: Справочник // Киев: Наукова думка, 1987.
16. Петров С.В., Карп И.Н. Плазменное газоздушное напыление. Киев: Наукова думка, 1993.
17. Проблемы порошкового материаловедения / Анциферов В.Н., Боброва С.Н., Оглезнева С.А. и др.; Акад. Анциферов В.Н.(науч. ред.); Рос. АН. Урал. Отд-ние. Ин-т техн. Химии, Науч. Центр порошкового материаловедения. – Екатеринбург, 2000.
18. Механика процессов прессования порошковых и композиционных материалов / Анциферов В.Н., Перельман В.Е., 2001
19. Теоретические основы процессов спекания металлических порошков: учебное пособие для вузов / Левинский Ю.В., Лебедев М.П. М.: Науч. мир, 2014
20. Производство металлических слоистых композиционных материалов / Кобелев А.Г., Лысак В.И., Чернышев В.Н. и др. - М.: Интермет Инжиниринг, 2002
21. Вакуум в порошковой металлургии / Мармер Э.Н. М.: Мордвинцев, 2011
22. Митин Б.С., Васильев В.А. Порошковая металлургия аморфных и микрокристаллических материалов – М.: Металлургия, 1992
23. Композиционные материалы на основе силикатов и алюмосиликатов [Электронный ресурс]/ С.М. Азаров [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Минск: Белорусская наука, 2014.— 176 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/29462>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

Методические материалы разработал:

к.т.н.

М.А. Севостьянов

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ
им. А.А. БАЙКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКИ

РЕФЕРАТ
по дисциплине
«Порошковая металлургия и композиционные материалы»

(Тема реферата)

Направление подготовки 22.06.01 – Технологии материалов

Направленность подготовки:
Порошковая металлургия и композиционные материалы

Выполнил: аспирант

ФИО

подпись

Проверил: _____
должность, уч. степень, уч. звание преподавателя

ФИО

подпись

Москва 20 ____