

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр
Сибирского отделения Российской академии наук»
(КНЦ СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН)**

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ФИЦ КНЦ СО РАН



А.А. Шпедт

2022г.

**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ И КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Научная специальность

2.6.5 «Порошковая металлургия и композиционные материалы»

Отрасль наук:
технические науки

Красноярск 2022

1 Общие положения

Программа кандидатского экзамена разработана на кафедре фундаментальных дисциплин и методологии науки факультета подготовки кадров ФИЦ КНЦ СО РАН в соответствии со следующими документами:

- Приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 20 октября 2021 г. №951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)»;
- Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней»;
- Положением о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре ФИЦ КНЦ СО РАН;
- Порядком сдачи кандидатских экзаменов и прикрепления лиц к ФИЦ КНЦ СО РАН для сдачи кандидатских экзаменов;
- Паспортом научной специальности.

Цель проведения экзамена: оценить уровень знаний, умений и навыков в области технологии неорганических веществ.

Экзамен по специальной дисциплине должен выявить уровень теоретической и профессиональной подготовки экзаменуемого, знание общих концепций и методологических вопросов данной науки, истории ее формирования и развития, фактического материала, основных теоретических и практических проблем данной отрасли знаний.

К кандидатскому экзамену допускаются лица, прикрепленные к ФИЦ КНЦ СО РАН для сдачи кандидатских экзаменов без освоения программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, и аспиранты, обучающиеся в ФИЦ КНЦ СО РАН по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (далее – экзаменуемые).

Кандидатский экзамен по дисциплине «Порошковая металлургия и композиционные материалы» проводится по билетам. Экзаменационный билет включает в себя три теоретических вопроса по данной научной специальности и отрасли науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация.

2 Содержание программы кандидатского экзамена

Физические и физико-химические основы производства порошковых, спеченных материалов и изделий

Механические методы производства порошков. Физико-химические способы производства порошков. Электрохимические процессы получения порошков. Биологические способы производства порошков. Процессы термической диссоциации летучих соединений. Состав, структура и основные свойства порошков (физические и технологические), методы исследований и контроля.

Процессы порошковой металлургии

Подготовка порошков. Отжиг, гомогенизация, довосстановление. Классификация и разделение порошков на фракции по размерам частиц, составление смесей. Процессы формования изделий из порошков. Классификация методов формования. Спекание. Дефекты кристаллической решетки, диффузия, ползучесть и рекристаллизация в металлах и сплавах. Виды, особенности и физико-химические явления, лежащие в основе процесса спекания.

Металлические порошковые материалы

Пористые материалы: подшипники, металлические фильтры, уплотнительные материалы, электроды. Беспористые и малопористые антифрикционные материалы, фрикционные материалы. Электрические и магнитные материалы, конструкционные порошковые материалы, износостойкие материалы.

Керметы и неметаллические порошковые материалы

Тугоплавкие и бескислородные соединения. Кристаллическая и электронная структура, природа межатомных связей, физико-химические свойства тугоплавких соединений. Физико-химические основы керметов. Кристаллическая структура, электронная структура и природа межатомных связей в тугоплавких и твердых бескислородных соединениях. Оксидные огнеупоры. Огнеупоры из тугоплавких соединений. Керамические порошковые материалы, их свойства и область применения. Материалы для электронной техники и электротехники, материалы для ядерной энергетики, материалы для ракетной техники и преобразователей энергии.

Классификация композитов

Дисперсно-упрочненные, волокнистые, многослойные и направленно закристаллизованные композиты. Основные задачи, решаемые применением композитов в конструкциях. Физико-химическое взаимодействие компонентов композита, классификация композитов по типу взаимодействия

его компонентов. Пути оптимизации взаимодействия компонентов композита.

Общая характеристика основных методов нанесения покрытий и модифицирования поверхности

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. Основные характеристики коррозионных, износостойких, теплозащитных, жаростойких, электроизоляционных, электропроводных, экранирующих, технологических и декоративных покрытий.

Физико-химические основы процессов формирования покрытий

Процессы образования низкотемпературной плазмы. Диссоциация, ионизация, потенциал и степень ионизации, дебаевский радиус экранирования, амбиополярная диффузия, уравнение подвижности Ланжевена, рамзауэровские сечения столкновений, теплопроводность плазмы. Структурные закономерности формирования покрытий. Кристаллохимия твердых растворов и фаз внедрения: электроотрицательность, электронная концентрация, размеры атомов и ионов, правило Хэгга. Диффузия и массоперенос: междузельный и вакансионный механизмы, законы Фика, уравнение Аррениуса.

Дефекты формирования покрытий

Дефекты в покрытиях: микродефекты, дефекты дислокационного типа, остаточные напряжения, неоднородность состава, форма роста. Макродефекты: вакансионные поры, поры вызванные зернограничным проскальзыванием, поры на границах зерен с разным направлением преимущественного роста. Нарушение связи адгезии с подложкой: влияние остаточных напряжений, загрязнение подложки.

Технология и оборудование для нанесения покрытий

Плавление, испарение, сублимация и диссоциация материала. Кристаллизация и фазовые превращения. Нагрев напыляемого материала. Нагрев и плавление стержневых материалов. Взаимодействие напыляемых частиц с подложкой. Конструирование покрытий и основы расчета режимов. Основные принципы формирования многокомпонентных, многослойных и градиентных покрытий. Методы вакуумного напыления. Изменение фазового состава, структуры и свойств многослойных покрытий. Многокомпонентные, многослойные покрытия, влияние легирующих элементов на структуру и

свойства покрытий, формирование нанокристаллических и аморфных покрытий.

Служебные свойства и методы контроля качества покрытий

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. Особенности измерения микротвердости. Радиоизотопный и рентгенофлуоресцентный методы неразрушающего контроля. Рентгеновский и нейтронно-графический методы измерения остаточных напряжений в покрытиях. Экспрессные неразрушающие методы контроля качества покрытий: измерение контактной разности потенциалов, ультразвуковой метод, метод вихревых токов.

Структура технологические процесса производства порошковых и композиционных материалов

Структура производственных и непроизводственных затрат на создание новых материалов и изделий. Состав рабочей документации, маршрутных и операционных технологических карт для изготовления новых изделий из перспективных порошковых и композиционных материалов.

Нанотехнологии

Общая характеристика наноматериалов и нанотехнологий. Основные понятия и определения. Разновидности наноматериалов. Области применения наноматериалов и нанотехнологий. Методы исследования наноматериалов.

3 Перечень вопросов к кандидатскому экзамену по дисциплине

1. Методы получения порошков.
2. Механические, биологические и физико-химические методы получения металлических порошков
3. Основные промышленные методы производства металлических порошков.
4. Ультразвуковое диспергирование твердых веществ в жидкости. Факторы влияния. Механизм.
5. Факторы, влияющие на форму и размер частиц, образующихся при распылении расплава различными методами.
6. Технология распыленных порошков.
7. Процесс восстановления.
8. Автоклавный метод получения порошков

9. Метод получения порошка металла восстановлением его химического соединения в кипящем слое
10. Метод получения металлических порошков электролизом водных растворов
11. Карбонил-процесс
12. Методы получения порошков термодиффузионным насыщением.
13. Метод «испарение – конденсация»?
14. Технология получения порошков металлоподобных тугоплавких соединений.
15. Химические свойства порошка
16. Физические свойства порошка. Гранулометрический состав порошка. Ситовой, микроскопический, седиментальный и другие методы анализа.
17. Технологические свойства порошка. Насыпная плотность, текучесть, уплотняемость, прессуемость и формуемость порошка.
18. Процесс формования, прессования
19. Твердофазное спекание многокомпонентных порошковых тел
20. Композит. Классификация композиционных материалов по геометрии и форме наполнителя.
21. Дисперсно-упрочненные композиционные материалы.
22. САПы и САСы. Технология их получения. Свойства и применение.
23. Неметаллические матричные материалы.
24. Металлические матричные материалы. Их свойства и назначение.
25. Жидкофазные способы получения композиционных материалов.
26. Твердофазные способы совмещения композиционных материалов.
27. Газопарофазные способы получения композиционных материалов.
28. Химические способы получения композиционных материалов.
29. Композиционные материалы на неметаллической основе.
30. Композиционные материалы на металлической основе.
31. Эвтектические композиционные материалы.
32. Металлокерамические композиционные материалы.
33. Гибридные композиционные материалы.
34. Методы определения механических свойств композиционных материалов.
35. Области применения композиционных материалов.
36. Пористые, беспористые материалы.
37. Классификация методов нанесения покрытий и модифицирования поверхности.
38. Структурные закономерности формирования покрытий.
39. Закон Фика
40. Уравнение Аррениуса
41. Основные принципы формирования многокомпонентных, многослойных и градиентных покрытий.
42. Методы испытаний и контроля качества покрытий.
43. Неразрушающие методы контроля покрытий.

44. Состав рабочей документации для изготовления новых изделий из порошковых и композиционных материалов.
45. Общая характеристика наноматериалов и нанотехнологий. Область их применения.

4 Критерии оценивания ответа

Отлично	Соответствие критерию при ответе на все вопросы билета и дополнительные вопросы
Хорошо	Имели место небольшие упущения в ответах на вопросы, существенным образом не снижающие их качество или имело место существенное упущение в ответе на один из вопросов, которое за тем было устранено аспирантом с помощью уточняющих вопросов
Удовлетворительно	Имеет место существенное упущение в ответах на вопросы, часть из которых была устранена аспирантом с помощью уточняющих вопросов
Неудовлетворительно	Имели место существенные упущения при ответах на все вопросы билета или полное несоответствие по более чем 50% материала вопросов билета

5 Учебно-методическое и информационное обеспечение

5.1 Основная литература

1. Кульметьева В.Б. Перспективные композиционные и керамические материалы: учебное пособие / В.Б. Кульметьева, С.Е. Порозова, А.А. Сметкин. -Пермь: Изд-во ПНИПУ. 2013. 275 с.
2. Материаловедение для транспортного машиностроения: учебное пособие / Э.Р. Галимов (и др.). -Санкт-Петербург (и др): Лань. 2013. 442 с.
3. Оглезнева С.А. Материаловедение и технологии современных и перспективных материалов: учебное пособие для вузов / С.А. Оглезнева. - Пермь: Изд-во ПНИПУ. 2012. 306 с.
4. Арзамасов В.Б. Материаловедение: учебник для вузов / В.Б. Арзамасов, А.А. Черепяхин. -Москва: Академия. 2013.
5. Бобров Г.В. Теория и технология формирования неорганических покрытий: монография / Г.В. Бобров, А. А. Ильин, В.С. Спектор. - Москва: Альфа-М, ИНФРА-М. 2014. 925 с.
6. Ильин А.А. Покрытия различного назначения для металлических материалов: учебное пособие для вузов / А.А. Ильин, Г.Б. Строганов, С.В. Скворцова. – Москва: Альфа-М, ИНФРА-М. 2013. 140 с.
7. Плазменные, лазерные и пиролитические методы нанесения покрытий / Н.В. Анциферов (и др.). -Москва Санкт-Петербург: Реноме. 2012. 403 с.

5.2 Дополнительная литература

1. Костиков В.И. Физико-химические основы технологии композиционных материалов: директивная технология композиционных материалов: учебное пособие для вузов / В.И. Костиков. -Москва: Издат. Дом МИСиС. 2011. 162 с.
2. Краткая энциклопедия по структуре материалов: пер. с англ. / Х.И. Ааронсон (и др.). -Москва: Техносфера. 2011. 607 с.
3. Каллистер У.Д. мл. Материаловедение. От технологии к применению (металлы, керамика, полимеры): пер. с англ. / У.Д. Каллистер, Д. Дж. Ретвич. -Санкт-Петербург: Науч. Основы и технологии. 2011. 895 с.
4. Клименков Г.В. Структурная модернизация промышленности: монография / Г.В. Клименков, А. Н. Пыткин. -Пермь: Ника. 2013. 240 с.
5. Щерба В.Н. Технология прессования металла: учебник для вузов / В.Н. Щерба, Л.Х. Райтбарг. -Москва: Металлургия, 1995. 335 с.

5.3 Интернет ресурсы

- 1 ФИЦ КНЦ СО РАН : [сайт]. – Красноярск, 2019 – . – URL: <http://ksc.krasn.ru>; <https://ksc.krasn.ru/scientific-innovative-activity/central-scientific-library> (дата обращения: 08.06.2022). – Текст: электронный.
- 2 Гарант : справочная правовая система. – Москва, 1990 – . – URL: <http://garant.ru> - Режим доступа: по подписке. – Текст: электронный.
- 3 Консультант врача: электронная медицинская библиотека: [сайт]. – Москва – . – URL: <https://www.rosmedlib.ru> (дата обращения: 08.06.2022). – Режим доступа: по подписке. – Текст : электронный.
- 4 Электронные БД ЦНБ ФИЦ КНЦ СО РАН ONLINE : электронно-библиотечная система каталогов : [сайт]. – Красноярск, 2010 – . – URL: http://irbiscorp.spsl.nsc.ru/webirbis-cgi-cnb-new/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=SCBK&P21DBN=SCBK&S21FMT=briefweb&Z21ID (дата обращения: 08.06.2022). – Текст : электронный.
- 5 Elibrary : научная электронная библиотека : [сайт]. – Москва, 2000– . – URL: <https://www.elibrary.ru> (дата обращения: 08.06.2022). – Режим доступа: по подписке. – Текст : электронный.
- 6 ГПНТБ СО РАН: [сайт]. – URL: <http://www.spsl.nsc.ru> (дата обращения: 08.06.2022). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст : электронный.
- 7 ScienceDirect: [сайт]. – . – URL: <https://www.sciencedirect.com> (дата обращения: 08.06.2022). – Режим доступа: по подписке. – Текст : электронный.

- 8 AMERICAN PHYSICAL SOCIETY: [сайт]. – . – URL: <https://journals.aps.org> (дата обращения: 08.06.2022). – Режим доступа: по подписке. – Текст : электронный.
- 9 WILEY: [сайт]. – . – URL: <https://onlinelibrary.wiley.com> (дата обращения: 08.06.2022). – Режим доступа: по подписке. – Текст : электронный.
- 10 OXFORD UNIVERSITY PRESS: [сайт]. – . – URL: <https://academic.oup.com/journals> (дата обращения: 08.06.2022). – Режим доступа: по подписке. – Текст : электронный.
- 11 Scopus: [сайт]. – . – URL: <http://www.scopus.com> (дата обращения: 08.06.2022). – Режим доступа: по подписке. – Текст : электронный.

Согласовано:

Заведующий кафедрой фундаментальных
дисциплин и методологии науки



В.В. Минеев

Заведующий аспирантурой



Е.В. Нефедова

Декан факультета подготовки кадров



А.Н. Кокорин