

ПРОГРАММА
вступительного испытания по дисциплине
«Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов»

по направлению подготовки 18.06.01- Химическая технология,
направленность подготовки
«Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов»

(Утверждено на заседании Ученого совета ИМЕТ РАН 30 марта 2017 г.,
Протокол № 2/17)

Вступительное испытание в аспирантуру по дисциплине «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов» проводится в виде вступительного экзамена.

Цель вступительного экзамена по дисциплине «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов» - определение уровня освоения базовых знаний, формирующих технологическую и общетехническую подготовку поступающего в аспирантуру и его возможности освоить программу подготовки высших кадров в аспирантуре.

Настоящая программа охватывает основополагающие разделы химии твердого тела, физической химии силикатов, общей технологии силикатов, химической технологии керамики и огнеупоров, химической технологии стекла и ситаллов, химической технологии композиционных и вяжущих материалов.

Структура вступительного экзамена

Экзамен состоит из устного ответа на вопросы экзаменационной комиссии.

В ходе обсуждения поступающему могут быть заданы вопросы и предложены задачи из всех разделов курса “Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов”.

Содержание вступительного экзамена

1. Научные основы технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Общая характеристика силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

1. Место и роль силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (СиТНМ) в экономике и научно-техническом прогрессе.
2. Классификации СиТНМ: по химической природе, по структуре слагающих фаз, по особенностям технологии, строению, функциональному назначению, по размерным параметрам.

Структура и свойства СиТНМ

3. Структура кристаллов и кристаллическая решетка. Симметрия кристаллов, трансляционные решетки Браве, пространственные группы симметрии. Основы кристаллохимии: простейшие кристаллические структуры, плотнейшие упаковки, атомные и ионные радиусы, координационные числа.

4. Дефекты кристаллической решетки. Типы дефектов. Дефекты по Шоттки и Френкелю. Дислокации. Влияние дефектов на свойства кристаллических тел.
5. Твердые растворы: типы твердых растворов, условия образования и термодинамической стабильности. Твердые растворы в силикатах.
6. Химическая связь в кристаллах. Структура тугоплавких простых и сложных оксидов, углерода, карбидов, нитридов и других бинарных соединений. Особенности структуры кристаллических силикатов. Кремнекислородные мотивы в структурах силикатов.
7. Явления полиморфизма и изоморфизма в SiТНМ. Изоморфные замещения в силикатах. Нестехиометрические твердые тела. Переходы порядок – беспорядок.
6. Наночастицы, наноструктуры и наноматериалы.
8. Теории строения жидкостей. Особенности структуры силикатных расплавов. Степень ассоциации структурных элементов в силикатных расплавах. Структура силикатных стекол.
9. Коллоидно-дисперсное состояние вещества, поверхностные явления. Механизмы агломерации. Коагуляционные, конденсационные и кристаллизационные структуры. Поверхностно-активные вещества.
10. Механические и упругие свойства кристаллических и стеклообразных тел. Пластическая и упругая деформация.
11. Хрупкое разрушение: основные теории, стадии, механизмы. Коэффициент интенсивности напряжений. Влияние микроструктуры и текстуры материалов на их разрушение.
12. Термические напряжения: причины возникновения и виды. Устойчивость материалов к воздействию термических напряжений. Теории термостойкости. Способы повышения работы разрушения SiТНМ. Статическая усталость. Вязкое течение. Крип.
13. Теплофизические, электрофизические и магнитные свойства SiТНМ. Влияние на них состава, природы химической связи, кристаллической структуры и текстуры материала.
14. Вязкость, поверхностное натяжение и смачивающая способность силикатных расплавов, влияние на них температуры и состава. Стеклообразное состояние, строение и свойства стекол. Свойства силикатных стекол.
15. Химические свойства SiТНМ, их устойчивость к воздействию твердых, жидких и газообразных реагентов различной химической природы.

Методы исследования SiТНМ

16. Рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ. Спектроскопические методы (ИК-спектроскопия, флуоресцентный рентгеноспектральный анализ, рентгеноспектральное микрозондирование).
17. Электронный парамагнитный и ядерный магнитный резонанс.
18. Калориметрический анализ, дифференциальный термический и термогравиметрический анализ.
19. Световая микроскопия, петрографический анализ, электронная микроскопия, растровая электронная микроскопия.
20. Новые методы исследования – туннельная и силовая сканирующая микроскопия, использование синхротронного излучения.
21. Определение плотности, вязкости, поверхностного натяжения, микротвердости, а также упругих, прочностных, электрических, магнитных свойств SiТНМ.

Физико-химические основы технологии SiТНМ

22. Правило фаз и его значение. Методы построения диаграмм состояния. Основные типы одно-, двух- и трехкомпонентных диаграмм состояния.
23. Правила определения последовательности фазовых преобразований при изменении температуры по диаграмме состояния. Графические и аналитические методы расчета количественных соотношений фаз в гетерогенных системах. Особенности силикатных систем с точки зрения достижения равновесных состояний.
24. Общие понятия о геометрических основах диаграмм состояния четырехкомпонентных систем. Диаграммы состояния важнейших силикатных, алюминатных, фосфатных и других систем; характеристика фаз, образующихся в этих системах.
25. Закон Гесса и его применение для определения тепловых эффектов образования соединений, взаимодействия, плавления и кристаллизации, растворения, гидратации, полиморфных превращений в системах SiТНМ. Определение свойств веществ и термодинамических параметров реакций в системах SiТНМ. Энергия кристаллической решетки SiТНМ.
26. Основные закономерности формирования фазового состава SiТНМ. Механизмы и кинетика твердофазных реакций. Термодинамические условия достижения равновесия при твердофазных реакциях. Общие понятия о термодинамике необратимых процессов при диффузионном массопереносе.
27. Физико-химическая сущность процессов гидратации и твердения вяжущих материалов. Гидратированные силикаты, алюминаты и ферриты кальция. Водорастворимые силикаты и фосфатные вяжущие.

2. Основные закономерности процессов технологии SiТНМ

1. Классификация и характеристика основных и вспомогательных сырьевых материалов.
2. Синтез осаждением из растворов, золь-гель синтез, распылительный пиролиз, плазмохимические методы синтеза, СВС-синтез.
3. Подготовка сырьевых материалов. Сущность и кинетика процессов измельчения твердых материалов. Закономерности классификации порошков, их технологическая характеристика. Особенности получения высокодисперсных и нанопорошков.
4. Методики расчетов составов сырьевых смесей. Составление и контроль однородности сырьевых смесей. Технологические характеристики сырьевых смесей (полусухих масс, суспензий, шликеров, шламов, паст).
5. Строение и реологические свойства дисперсных систем, их связь с процессами формования. Основные способы формования изделий в технологии SiТНМ. Важнейшие технологические характеристики процессов формования и способы управления ими.
6. Процессы сушки в технологии SiТНМ. Процессы тепло- и массообмена, протекающие при сушке. Параметры и режимы сушки, основы расчета оптимальных режимов, способы управления процессом сушки.
7. Сушильные агрегаты: типы, методы расчета.
8. Разновидности и сущность процессов термообработки материалов и изделий. Обжиг, параметры и режимы. Условия и способы теплопередачи при обжиге. Влияние условий обжига на качество изделий.
9. Основные типы тепловых агрегатов различного назначения, особенности теплообмена в них. Расчет основных параметров и тепловых балансов печей.

10. Процессы спекания, их классификация, стадии спекания. Сущность, признаки, движущая сила, механизмы, кинетика процессов спекания и рекристаллизации. Активированное спекание, физические основы.

11. Режимы и условия получения однородных расплавов в технологии стекла и ситаллов; условия теплообмена на различных стадиях получения стекломассы.

12. Способы и процессы получения оксидных расплавов. Кристаллизация расплавов. Кинетика и механизмы образования центров кристаллизации и роста кристаллов. Особенности процессов роста кристаллов из слабо и сильно пересыщенных расплавов. Формирование текстуры отливок в процессе кристаллизации. Термические напряжения в отливках. Термообработка отливок.

13. Выращивание нитевидных кристаллов, плазмохимическое получение порошков и покрытий, самораспространяющийся высокотемпературный синтез, импульсное высокоэнергетическое воздействие.

3. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

1. Общие принципы построения технологий СпТНМ: научная обоснованность выбора исходных материалов, технологических операций и их параметров, научная организация труда, ресурсо- и энергосбережение, механизация и автоматизация технологических процессов, управляемость технологии, безопасность труда и экологическая безопасность. Технические требования и управление качеством продукции.

2. Основное технологическое оборудование. Принципы действия, конструктивные особенности. Критерии выбора. Методы оценочного расчета производительности.

3. Технология стекла и ситаллов. Классификация промышленных стекол. Основные стадии технологии. Технология стекловидных и стеклокристаллических покрытий.

4. Технология керамики. Основные виды керамических материалов. Основные стадии технологии. Керамика в промышленном и гражданском строительстве, технике, науке, быту.

5. Биокерамика на основе фосфатов кальция.

6. Технология огнеупоров. Классификация огнеупоров. Основные стадии технологии различных видов огнеупоров. Применение огнеупоров.

7. Технология вяжущих материалов. Основные виды вяжущих материалов. Основные стадии технологии. Технология жидких стекол (водных стекол) и материалов на их основе. Вяжущие материалы в промышленном и гражданском строительстве, технике, науке, быту.

8. Технология высокотемпературных конструкционных и композиционных керамических материалов. Основные виды, стадии технологий, перспективные области применения.

9. Технология теплоизоляционных материалов и изделий. Классификация. Способы формирования поровых и волокнистых структур. Основные стадии технологии. Технико-экономическая эффективность применения.

ПРИМЕР ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА (ЗАДАНИЙ УСТНОГО ЭКЗАМЕНА)

Вопрос 1. Механические и упругие свойства кристаллических и стеклообразных тел. Пластическая и упругая деформация.

Вопрос 2. Процессы спекания, их классификация, стадии спекания. Сущность, признаки, движущая сила, механизмы, кинетика процессов спекания и рекристаллизации. Активированное спекание, физические основы.

Вопрос 3. Технология огнеупоров. Классификация огнеупоров. Основные стадии технологии различных видов огнеупоров. Применение огнеупоров.

Как правило, один из вопросов относится к теме работ предполагаемого научного руководителя.

Система оценивания результатов экзамена

Результаты экзамена оцениваются по пятибалльной системе по следующему принципу:

| Критерии оценивания | Баллы |
|--|-------|
| Ответ полный, без замечаний, продемонстрированы знания по дисциплине | 5 |
| Ответ полный, с незначительными замечаниями | 4 |
| Ответ не полный, существенные замечания | 3 |
| Ответ на поставленный вопрос не дан. | 2-1 |

Невыполнение одного из заданий (или отказ от его выполнения) является, как правило, основанием для выставления неудовлетворительной оценки за вступительный экзамен в целом.

Минимальное количество баллов

Минимальное количество баллов, дающее право на участие в конкурсе по поступлению в аспирантуру, составляет 4 балла.

Литература

1. Горшков В.С., Савельев В.Г., Федоров Н.Ф. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений. М.: Высшая школа, 1988.
2. Бабушкин В.И., Матвеев Г.М., Мчедлов-Петросян О.П. Термодинамика силикатов. М.: Стройиздат, 1986.
3. Шаскольская М.П. Кристаллография: Учеб. для вузов. М.: Высш. шк., 1976.
4. Филатов С.К. Высокотемпературная кристаллохимия. Теория, методы и результаты исследований. Л.: Недра, 1990.
5. Ковтуненко П.В. Физическая химия твердого тела. Кристаллы с дефектами. М.: Высш. шк., 1993.
6. Урьев Н.Б. Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов. М.: Химия, 1988.
7. Сулименко Л.М., Тихомирова И.А. Основы технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. М.: РХТУ, 2000.

8. Химическая технология керамики и огнеупоров / П.П. Будников, В.Л. Балкевич, А.С. Бережной др. М.: Стройиздат, 1972.
9. Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих веществ. М.: Высш. шк., 1980.
10. Шевченко В.Я., Баринов С.М. Техническая керамика. М: Наука, 1993.
11. Баринов С.М., Шевченко В.Я. Прочность технической керамики. М; Наука, 1996.
12. Баринов С.М., Комлев В.С. Биокерамика на основе фосфатов кальция. М: Наука, 2005.
13. Андрианов Н.Т., Балкевич В.Л., Беляков А.В. и др. Химическая технология керамики /под ред. И.Я. Гузмана. М: Стройматериалы, 2012.

Дополнительная литература

1. Колмаков А.Г., Баринов С.М., Алымов М.И. Основы технологий и применение наноматериалов. М: Физматлит, 2012.
2. Анциферов В.Н. Порошковое материаловедение. Екатеринбург: УрО РАН, 2012.

Программу разработал:

Зам. директора ИМЕТ РАН
чл.-корр. РАН

В.С. Комлев