

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям

А.И. Землянухин

«22» декабря 2025 г.

ПРОГРАММА-МИНИМУМ

КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ

2.6.14 «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов»

Введение

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.

Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства образования Российской Федерации по химии (по химической технологии) при участии Российского химико-технологического университета им. , Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) и Белгородской государственной академии строительных материалов.

1. Научные основы технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Общая характеристика силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Место и роль силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (СиТНМ) в экономике и научно-техническом прогрессе. Роль отечественных ученых и научных школ в создании и развитии материаловедения и научных основ технологии СиТНМ. Классификации СиТНМ: по химической природе, по структуре слагающих фаз, по особенностям технологии, строению, функциональному назначению, по размерным параметрам. Основные принципы системного проектирования СиТНМ и их технологий.

Структура и свойства СиТНМ

Структура кристаллов и кристаллическая решетка. Симметрия кристаллов, трансляционные решетки Бравэ, пространственные группы симметрии. Основы кристаллохимии: простейшие кристаллические структуры, плотнейшие упаковки, атомные и ионные радиусы, координационные числа. Дефекты кристаллической решетки. Типы дефектов. Дефекты по Шоттки и Френкелю. Дислокации. Влияние дефектов на свойства кристаллических тел. Квазихимические реакции взаимодействия дефектов.

Твердые растворы: типы твердых растворов, условия образования и термодинамической стабильности. Эффект Френкеля—Киркендала. Твердые растворы в силикатах.

Химическая связь в кристаллах. Правила построения ионных кристаллов. Структура тугоплавких простых и сложных оксидов, углерода, карбидов, нитридов и других бинарных соединений. Особенности структуры кристаллических силикатов. Кремнекислородные мотивы в структурах силикатов. Структура силикатов с крупными катионами. Явления полиморфизма и изоморфизма в СИТНМ. Изоморфные замещения в силикатах. Нестехиометрические твердые тела. Переходы порядок – беспорядок. Наночастицы, наноструктуры и наноматериалы.

Теории строения жидкостей. Особенности структуры силикатных расплавов. Степень ассоциации структурных элементов в силикатных расплавах. Структура силикатных стекол.

Коллоидно-дисперсное состояние вещества, поверхностные явления. Механизмы агломерации. Коагуляционные, конденсационные и кристаллизационные структуры. Поверхностно-активные вещества.

Механические и упругие свойства кристаллических и стеклообразных тел. Пластическая и упругая деформация. Хрупкое разрушение: основные теории, стадии, механизмы. Коэффициент интенсивности напряжений. Влияние микроструктуры и текстуры материалов на их разрушение. Термические напряжения: причины возникновения и виды. Устойчивость материалов к воздействию термических напряжений. Теории термостойкости. Способы повышения работы разрушения СИТНМ. Статическая усталость. Вязкое течение. Крип.

Теплофизические, электрофизические и магнитные свойства СИТНМ. Влияние на них состава, природы химической связи, кристаллической структуры и текстуры материала.

Вязкость, поверхностное натяжение и смачивающая способность силикатных расплавов, влияние на них температуры и состава. Стеклообразное состояние, строение и свойства стекол. Свойства силикатных стекол.

Химические свойства СиТНМ, их устойчивость к воздействию твердых, жидких и газообразных реагентов различной химической природы.

Методы исследования СиТНМ

Теоретические основы, сущность, возможности, погрешности, аппаратное оформление важнейших методов исследования структуры и свойств СиТНМ.

Рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ. Спектроскопические методы (ИК-спектроскопия, флуоресцентный рентгеноспектральный анализ, рентгеноспектральное микрозондирование). Электронный парамагнитный и ядерный магнитный резонанс. Калориметрический анализ, дифференциальный термический и термогравиметрический анализ. Световая микроскопия, петрографический анализ, электронная микроскопия, растровая электронная микроскопия. Новые методы исследования — туннельная и силовая сканирующая микроскопия, использование синхротронного излучения.

Определение плотности, вязкости, поверхностного натяжения, микротвердости, а также упругих, прочностных, электрических, магнитных, технических и технологических свойств СиТНМ.

Физико-химические основы технологии СиТНМ

Правило фаз и его значение. Методы построения диаграмм состояния. Основные типы одно-, двух- и трехкомпонентных диаграмм состояния.

Канал спокойной музыки

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. Общие понятия о геометрических основах диаграмм состояния четырехкомпонентных систем. Диаграммы состояния важнейших силикатных, алюминатных, фосфатных и других систем; характеристика фаз, образующихся в этих системах.

Закон Гесса и его применение для определения тепловых эффектов образования соединений, взаимодействия, плавления и кристаллизации,

растворения, гидратации, полиморфных превращений в системах СиТНМ. Определение свойств веществ и термодинамических параметров реакций в системах СиТНМ. Компьютерные базы термодинамических данных. Энергия кристаллической решетки СиТНМ.

Основные закономерности формирования фазового состава СиТНМ. Установление термодинамической вероятности протекания процессов и последовательности фазовых преобразований в системах СиТНМ. Механизмы и кинетика твердофазных реакций. Термодинамические условия достижения равновесия при твердофазных реакциях. Общие понятия о термодинамике необратимых процессов при диффузионном массопереносе. Поведение сырьевых материалов при нагревании. Физико-химическая сущность процессов гидратации и твердения вяжущих материалов. Гидратированные силикаты, алюминаты и ферриты кальция. Водорастворимые силикаты и фосфатные вяжущие. Влияние химического и фазового состава на свойства и эксплуатационные характеристики СиТНМ.

2. Основные закономерности процессов технологии СиТНМ

Классификация и характеристика основных и вспомогательных сырьевых материалов.

Физико-механическая подготовка сырьевых материалов. Сущность и кинетика процессов измельчения твердых материалов. Закономерности классификации порошков, их технологическая характеристика. Новые методы измельчения. Особенности получения высокодисперсных и нанопорошков.

Методики расчетов составов сырьевых смесей. Составление и контроль однородности сырьевых смесей. Технологические свойства и характеристики сырьевых смесей (полусухих масс, суспензий, шликеров, шламов, паст).

Строение и реологические свойства дисперсных систем, их связь с процессами формования. Основные способы формования изделий в технологии СиТНМ. Важнейшие технологические характеристики процессов формования и способы управления ими.

Процессы сушки в технологии СиТНМ. Процессы тепло - и массообмена, протекающие при сушке. Параметры и режимы сушки, основы расчета

оптимальных режимов, способы управления процессом сушки. Современные методы сушки. Сушильные агрегаты: типы, методы расчета.

Разновидности и сущность процессов термообработки материалов и изделий. Обжиг, параметры и режимы. Условия и способы теплопередачи при обжиге. Влияние условий обжига на качество изделий. Основные типы тепловых агрегатов различного назначения, особенности теплообмена в них. Расчет основных параметров и тепловых балансов печей.

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

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

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.

Новые процессы получения СИТНМ. Выращивание нитевидных кристаллов, плазмохимическое получение порошков и покрытий, самораспространяющийся высокотемпературный синтез, импульсное высокоэнергетическое воздействие.

3. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Общие принципы построения технологий СИТНМ: 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. Тенденции развития.

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

Технология стекла и ситаллов. Классификация промышленных стекол. Основные стадии технологии. Особенности технологии оптического стекла. Кварцевое стекло, способы производства. Технология стекловидных и стеклокристаллических покрытий. Стекло в промышленном и гражданском строительстве, технике, науке, быту.

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

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

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.

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

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

Основная литература

- 1.Федоров химия силикатов и других тугоплавких соединений. М.: Высшая школа, 1988.
- 2.Мчедлов-Петросян Термодинамика силикатов. М.: Стройиздат, 1986.
- 3.Шаскольская : Технология силикатов Учеб. для втузов. М.: Высш. шк., 1976.

4.Филатов Кристаллохимия. Теория, методы и результаты исследований. Л.: Недра, 1990.

5.Ковтуненко Химия твердого тела. Кристаллы с дефектами. М.: Высш. шк., 1993.

6.Урьев Химические основы технологии дисперсных систем и материалов. М.: Химия, 1988.

7.Тихомирова Технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. М.: РХТУ, 2000.

8.Химическая технология керамики и огнеупоров / , , др. М.: Стройиздат, 1972.

9.Тимашев технология вяжущих веществ. М.: Высш. шк., 1980.

10.Химическая технология стекла и ситаллов / Под ред. . М.: Стройиздат, 1983.

Дополнительная литература

11.Пальгеев . Состав, структура, фазовые превращения с примесной разупорядоченностью. М.: Наука, 1987.

12.Гистлинг Реакции в смесях твердых веществ. М.: Стройиздат, 1971.

13.Третьяков Твердофазные реакции. М.: Химия, 1978.

14.Диаграммы состояния силикатных систем: Справочник / Ред. , . Вып. 1–4. М.-Л.: Наука, 1965.

15.Диаграммы состояния систем тугоплавких оксидов: Справочник. Вып. 5, 6 / Ред. , . Л.: Наука, 1965–1997.

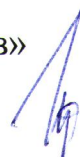
16.Альбац Процессы в производстве строительных материалов. М.: ВНИИЭСМ, 1994.

17 Синергетика и фракталы в материаловедении / М.: Наука, 1994.

Заведующий кафедрой

«Химия и химическая технология материалов»

Д.х.н., профессор



А.В.Гороховский