

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 03.10.2023 16:25:58
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной
и методической работе
_____ Б.В. Пекаревский
«25» марта 2019 г.

Рабочая программа дисциплины
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АКТИВИРОВАННОГО СПЕКАНИЯ

Направление подготовки

22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

Направленность программы магистратуры

Высокотемпературные наноструктурированные композиционные материалы

Квалификация

Магистр

Форма обучения

Очная

Факультет **химии веществ и материалов**

Кафедра **технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов**

Санкт-Петербург

2019

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		Несмелов Д.Д.

Рабочая программа дисциплины «Теоретические основы активированного спекания»
обсуждена на заседании кафедры технологии тугоплавких неметаллических и силикатных
материалов

протокол от «11» марта 2019 №12

Заведующий кафедрой

И.Б. Пантелеев

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов
протокол от «21» марта 2019 № 6

Председатель

С.Г. Изотова

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Материаловедение и технологии материалов»		Н.О. Тагильцева
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н. Денисенко

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	04
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	06
3. Объем дисциплины	06
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий	07
4.2. Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины	07
4.3. Занятия лекционного типа	08
4.4. Занятия семинарского типа	11
4.4.1. Семинары, практические занятия	11
4.4.2. Лабораторные занятия	11
4.5. Самостоятельная работа обучающихся	12
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	14
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	14
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	15
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины	15
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	16
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии	16
10.2. Программное обеспечение	17
10.3. Базы данных и информационные справочные системы	17
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы	17
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	19
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	20

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Для освоения образовательной программы магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p>ПК-1 Способен обоснованно (осмысленно) использовать знания основных типов металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, в том числе наноматериалов для решения профессиональных задач</p>	<p>ПК-1.4 Знание композиционных материалов, получаемых спеканием порошков оксидных и бескислородных соединений, в том числе наноматериалов.</p>	<p>Знать: – свойства дисперсных систем (ЗН-1); – физику твёрдого тела, механохимию, кристаллохимию и электронное строение тугоплавких соединений, методы их получения, диаграммы состояния (ЗН-2). Уметь: – оценивать физико-химические, механические свойства композиций на основе тугоплавких соединений, способы их получения, свойства и области применения (У-1). Владеть: – физическими основами и основными теориями спекания (Н-1).</p>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p>ПК-5 Способен определять соответствие готового изделия заявленным потребительским характеристикам; прогнозировать и описать процесс достижения заданного уровня свойств в материале</p>	<p>ПК-5.4 Умеет разрабатывать технологию спекания материалов на основе тугоплавких соединений и определять их эксплуатационные свойства.</p>	<p>Знать: – основные механизмы спекания поликристаллических материалов; (ЗН-1); – физические и химические подходы к активированию спекания (ЗН-2).</p> <p>Уметь: – разрабатывать технологию спекания материалов на основе дисперсных систем тугоплавких соединений (У-1).</p> <p>Владеть: – методами активирования спекания систем на основе тугоплавких соединений (Н-1).</p>
<p>ПК-6 Способен организовать проведение анализа и анализировать структуру новых материалов, адаптировать методики исследования свойств материалов к потребностям производства и разрабатывать специальные методики</p>	<p>ПК-6.4 Умеет выбирать метод научного исследования спечённых материалов и проводить анализ структуры, состава и свойств исходя из конкретных задач</p>	<p>Знать: – современные методы экспериментального анализа и теоретических расчётов состава композиционных материалов на основе тугоплавких соединений (ЗН-1); – современные методы экспериментального анализа и теоретических расчётов структуры композиционных материалов на основе тугоплавких соединений (ЗН-2).</p> <p>Уметь: – проводить комплексный экспериментально-теоретический анализ сырьевых и спечённых материалов на основе тугоплавких соединений (У-1).</p> <p>Владеть: (Н-1): – навыками разработки экспериментально-теоретических методик анализа процесса спекания и свойств спечённого материала.</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы магистратуры (Б1.В.04) и изучается на 2 курсе в 3 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на дисциплины «Новые композиционные наноструктурированные материалы», «Аттестация свойств наноструктурированных материалов», «Получение и анализ чистых и особо чистых веществ», «Оптимизация состава и свойств конструкционных материалов», «Керамоматричные композиционные материалы». Полученные в процессе изучения дисциплины «Теоретические основы активированного спекания» знания, умения и навыки могут быть использованы при прохождении преддипломной практики, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	6/216
Контактная работа с преподавателем:	108
занятия лекционного типа	34
занятия семинарского типа, в т.ч.	68
семинары, практические занятия	68
лабораторные работы	–
курсовое проектирование (КР или КП)	–
КСР	6
другие виды контактной работы	–
Самостоятельная работа	81
Форма текущего контроля	реферат
Форма промежуточной аттестации	экзамен

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1.	Дисперсные системы: механохимия, «активность», спекание	10	20		36	ПК-1, ПК-5, ПК-6
2.	Реологические аспекты процесса спекания ансамбля частиц	4	10		18	ПК-1, ПК-5, ПК-6
3.	Кинетика спекания в твердой фазе. Жидкофазное спекание как форма активированного спекания	8	18			ПК-1, ПК-5, ПК-6
4.	Физико-химические методы активации процессов уплотнения при спекании	12	20		27	ПК-1, ПК-5, ПК-6

4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1.	ПК-1.4	Дисперсные системы: механохимия, «активность», спекание Реологические аспекты процесса спекания ансамбля частиц Кинетика спекания в твердой фазе. Жидкофазное спекание как форма активированного спекания Физико-химические методы активации процессов уплотнения при спекании
2.	ПК-5.4	Дисперсные системы: механохимия, «активность», спекание Реологические аспекты процесса спекания ансамбля частиц Кинетика спекания в твердой фазе. Жидкофазное спекание как форма активированного спекания Физико-химические методы активации процессов уплотнения при спекании
3.	ПК-6.4	Дисперсные системы: механохимия, «активность», спекание

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
		Реологические аспекты процесса спекания ансамбля частиц Кинетика спекания в твердой фазе. Жидкофазное спекание как форма активированного спекания Физико-химические методы активации процессов уплотнения при спекании

4.3. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<p><u>Дисперсные системы: механохимия, «активность», спекание</u></p> <p>Основные этапы консолидации. Спекание как завершающая стадия создания керамических материалов с регулируемой структурой. Проблемы активированного синтеза и спекания. Общее представление о дисперсных системах. Основные классы твердых дисперсных веществ, применяемых в керамике. Основные методы получения кристаллов неорганических веществ в дисперсном состоянии. Современные механоактиваторы - трибореакторы. Элементарные процессы при механическом активировании твердых веществ. Роль ПАВ. Изменение структуры кристаллических веществ при измельчении. Кинетика измельчения твердых тел различной природы в трибореакторах и накопление характерных дефектов в металлах, оксидах, металлоподобных и ковалентных соединениях (точечных, электронных, энергетических, линейных, двумерных). Методы оценки структурных несовершенств. Связь поверхности с дисперсностью частиц. Методы определения удельной поверхности. Состояние атомов на ювенильной поверхности твердых тел. Термодинамическое описание границы раздела фаз. Поверхностная энергия твердых тел. Расчет значений поверхностной энергии кристаллов различной химической природы. Дефекты - точечные, примесные. Адсорбция газов и паров. Реальное состояние поверхности бескислородных соединений. Защита поверхности нанокристаллических порошков. Движущие силы процесса спекания. Основные механизмы спекания при формировании межчастичных контактов одноименных твердых тел: вязкое течение, объемная, граничная и</p>	10	Компьютерная презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	поверхностная диффузия. Поворот частиц при припекании и диффузионной подстройке границы раздела. Влияние размера частиц на процессы припекания. Диаграмма спекания Эшби.		
2	<u>Реологические аспекты процесса спекания ансамбля частиц</u> Основные положения теории Я. И. Френкеля. Коэффициенты вязкости пористого тела, зависимость их от пористости и дисперсности. Вязкое течение пористых тел, уплотнение при спекании как результат ползучести. Основные положения теории спекания В. В. Скорохода. Реальный порошковый брикет. Диффузионная аннигиляция пор. Основные положения теории Б.Я. Пинеса. Коалесценция пор в ансамбле частиц (металлов, ионных соединений). Когерентное спекание. Взаимосвязь уплотнения с «активностью» порошков.	4	Компьютерная презентация
3	<u>Кинетика спекания в твердой фазе. Жидкофазное спекание как форма активированного спекания</u> <u>Взаимосвязь уплотнения с "активностью" порошков. Особенности спекания прессовок из ультрадисперсных порошков.</u> Связь с диаграммами состояния систем. Закономерности спекания в системах, образующих твердые растворы. Явления "роста" брикетов, связь с закономерностями взаимодиффузии компонентов. Гомогенизация твердых растворов и примеры её активирования в дисперсных системах кристаллов различной природы. Кинетика спекания в твердой фазе. Основы феноменологической теории спекания В.А. Ивенсена, основы теории кинетики спекания В.В. Скорохода. Жидкофазное спекание как форма активированного спекания. Элементарные процессы - смачивание, перегруппирование, растворение-осаждение (перекристаллизация). Кинетика процесса жидкофазного спекания.	8	Компьютерная презентация
4	<u>Физико-химические методы активации процессов уплотнения при спекании</u> Физические и химические подходы к активации. Приёмы регулирования роста зерен при активированном спекании однофазных и гетерофазных дисперсных систем. Влияние различных полей и внешних напряжений.	12	Компьютерная презентация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	Горячее прессование и изостатическое спекание, электроплазменное спекание. Химические методы активации процессов уплотнения при спекании. Роль гетеровалентных замещений. Роль газовой фазы. Реакционное спекание ковалентных веществ. Активация за счет отклонения от стехиометрии тугоплавких соединений.		

4.4. Занятия семинарского типа.

4.4.1. Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<u>Дисперсные системы: механохимия, «активность», спекание</u> Основные методы получения кристаллов неорганических веществ в дисперсном состоянии. Накопление характерных дефектов в металлах, оксидах, металлоподобных и ковалентных соединениях (точечных, электронных, энергетических, линейных, двумерных). Методы оценки структурных несовершенств. Термодинамическое описание границы раздела фаз. Поверхностная энергия твердых тел. Расчет значений поверхностной энергии кристаллов различной химической природы. Термодинамические базы данных ИВТАНТЕРМО, NIST как источник данных для расчёта. Дефекты – точечные, примесные. Адсорбция газов и паров. Реальное состояние поверхности бескислородных соединений. Защита поверхности нанокристаллических порошков.	20	Мастер-класс в лаборатории
2	<u>Реологические аспекты процесса спекания ансамбля частиц.</u> Особенности спекания прессовок из ультрадисперсных порошков. Связь с диаграммами состояния систем. Закономерности спекания в системах, образующих твердые растворы. Гомогенизация твердых растворов и примеры её активирования в дисперсных системах кристаллов различной природы.	10	Мастер-класс в лаборатории
3	<u>Кинетика спекания в твердой фазе.</u> <u>Жидкофазное спекание как форма активированного спекания.</u>	18	Мастер-класс в лаборатории

	Структурообразование и рост зёрен при спекании. Приёмы регулирования роста зерен при активированном спекании однофазных и гетерофазных дисперсных систем.		
4	<u>Физико-химические методы активации процессов уплотнения при спекании.</u> Горячее прессование и изостатическое спекание, электроплазменное спекание. Реакционное спекание ковалентных веществ. Активация за счет отклонения от стехиометрии тугоплавких соединений.	20	Мастер-класс в лаборатории

4.4.2. Лабораторные занятия

Не предусмотрено.

4.5. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	<u>Дисперсные системы: механохимия, «активность», спекание</u> Изучение методов определения размера частиц, охватывающих реальные диапазоны дисперсности, применяемых в керамической практике. Изучение закономерностей и кинетики тонкого измельчения твердых веществ различной природы	36	Устный опрос № 1
2	<u>Реологические аспекты процесса спекания ансамбля частиц.</u> Поровая структура консолидируемых порошковых систем и методы ее изучения.	18	Устный опрос № 2
4	<u>Физико-химические методы активации процессов уплотнения при спекании</u> Изучение физических основ процесса массопереноса в пористых брикетах.	27	Устный опрос № 3

4.5. Самостоятельная работа обучающихся

Не предусмотрено.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме реферата и экзамена.

Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций.

Экзамен получают студенты, выполнившие все лабораторные работы, сдавшие и защитившие отчеты по ним, сдавшие и защитившие реферат.

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу – до 30 мин.

Пример билета к зачету:

1. Изменение структуры кристаллических веществ при измельчении.
2. Термодинамические и теплофизические свойства веществ в базе данных ИВТАНТЕРМО: подходы, структура, функциональность..

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «удовлетворительно».

7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.

а) печатные издания:

1. Шевченко, А.А. Физикохимия и механика композиционных материалов : учеб. пособие для вузов/А.А. Шевченко. – СПб.: Профессия, 2010. – 223 с.
2. Гаршин, А.П. Абразивные материалы и инструменты. Технология производства: учебн. пособие/А.П. Гаршин, С.М. Федотова. СПбГПУ. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 1009 с.
3. Солнцев, Ю. П. Технология конструкционных материалов: учебник для втузов/Ю.П. Солнцев, Б.С. Ермаков, В.Ю. Пирайнен. – 3-е изд. – СПб. : Химиздат, 2006. – 504 с.
4. Андриевский, Р.А. Наноструктурные материалы: учеб. пособие/Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля. – М. : Academia, 2005. – 157 с.
5. Вихман, С.В. Физико-химические основы технологии наноструктурированных конструкционных керамических материалов : методические указания к лабораторным работам / С. В. Вихман, О. А. Кожевников ; СПбГТИ(ТУ). Каф. хим. технологии тонкой техн. керамики. - СПб, 2012. - 47 с.

б) электронные издания

1. Орданьян, С.С. Проектирование состава, структуры и свойств керамических конструкционных наноматериалов: учебное пособие / С.С. Орданьян, А.Е. Кравчик – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014. – 84 с. (ЭБ)
2. Рентгенофазовый анализ порошковых материалов на дифрактометре ДР-02 "РАДИАН": Учебное пособие / А. В. Горюнов, В. И. Зарембо, Г. Э. Франк-Каменецкая, С. О. Шульгин ; СПбГТИ(ТУ). - СПб, 2012. - 47 с. (ЭБ)
3. Спектральные методы анализа : Практическое руководство : учебное пособие / В. И. Васильева [и др.] ; Под ред.: В. Ф. Селеменова и В. Н. Семенова. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2014. - 413 с. (ЭБС Лань)
4. Пантелеев, И. Б. Методы математического планирования эксперимента в технологии керамики [Текст]: учебное пособие / И. Б. Пантелеев, С. В. Вихман. – СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2012. – 71 с. (ЭБ)

5. Суворов, С.А. Процессы разрушения, оптимизация свойств и выбор высокотемпературных наноструктурированных материалов. Учебное пособие / С.А. Суворов, В.В. Козлов, Н.В. Арбузова. – СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2013. – 133 с. (ЭБ)

8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.

Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, таких как www.yandex.ru, www.google.ru, www.rambler.ru, www.yahoo.ru и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

С компьютеров института открыт доступ к:

www.elibrary.ru - eLIBRARY - научная электронная библиотека периодических изданий;

<http://e.lanbook.com> - Электронно-библиотечная система издательства «Лань», коллекции «Химия» (книги издательств «Лань», «Бином», «НОТ»), «Нанотехнологии» (книги издательства «Бином. Лаборатория знаний»);

www.consultant.ru - КонсультантПлюс - база законодательных документов по РФ и Санкт-Петербургу;

www.scopus.com - База данных рефератов и цитирования Scopus издательства Elsevier;

<http://webofknowledge.com> - Универсальная реферативная база данных научных публикаций Web of Science компании Thomson Reuters;

<http://iopscience.iop.org/journals?type=archive>, <http://iopscience.iop.org/page/subjects> - Издательство IOP (Великобритания);

www.oxfordjournals.org - Архив научных журналов издательства Oxford University Press;

<http://www.sciencemag.org/> - Полнотекстовый доступ к журналу Science (The American Association for the Advancement of Science (AAAS));

<http://www.nature.com> - Доступ к журналу Nature (Nature Publishing Group);

<http://pubs.acs.org> - Доступ к коллекции журналов Core + издательства American Chemical Society;

<http://journals.cambridge.org> - Полнотекстовый доступ к коллекции журналов Cambridge University Press.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине «Теоретические основы активированного спекания» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

плановость в организации учебной работы;

серьезное отношение к изучению материала;

постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея знания по уже изученному материалу.

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- национальные стандарты и технические регламенты;
- базы данных, каталоги, блок-схемы, иллюстрирующие изучаемый материал;
- плакаты, таблицы с моделями планирования эксперимента и др.

10.2. Программное обеспечение.

Для проведения занятий имеются персональные компьютеры с программным обеспечением: пакеты прикладных программ стандартного набора Open Office и Libre Office, MathCAD, AutoCAD, АСКОН Компас-3D, Scilab Enterprises-CeCILL, антивирусный пакет Kaspersky Endpoint Security.

10.3. Базы данных и информационные справочные системы.

1. <http://prometeus.nse.ru> – база ГПНТБ СО РАН.
2. <http://borovic.ru> - база патентов России.
3. <http://1.fips.ru/wps/portal/Register> - Федеральный институт промышленной собственности
4. <http://google.com/patent>- база патентов США.
5. <http://freepatentsonline.com>- база патентов США.
6. <http://patentmatie.com/welcome> - база патентов США.
7. http://patika.ru/Epasenet_patentnie_poisk.html - европейская база патентов.
8. <http://gost-load.ru>- база ГОСТов.
9. <http://worlddofaut.ru/index.php> - база ГОСТов.
10. <http://elibrary.ru> – Российская поисковая система научных публикаций.
11. <http://springer.com> – англоязычная поисковая система научных публикаций.
12. <http://dissforall.com> – база диссертаций.
13. <http://diss.rsl.ru> – база диссертаций.
14. <http://webbook.nist.gov/chemistry> - NIST Standard Reference Database.
15. <http://riodb.ibase.aist.go.jp/riohomee.html> - база спектров химических соединений.
16. <http://markmet.ru> – марочник сталей.

11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.

Для ведения лекционных занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники.

Для проведения лабораторных занятий и проведения мастер-классов используется лаборатория, оснащенная необходимым лабораторным оборудованием:

Наименование и марка оборудования	Назначение и краткая характеристика Оборудования
Микротвердомер ПМТ-3.	для определения микротвёрдости по Виккерсу
Твердомер по Виккерсу ТП-7-Р	для определения твердости по Виккерсу
Универсальная испытательная машина Shimadzu AG-50kNXD	для определения предела прочности при изгибе спеченных материалов
Установка для определения упругих	для определения упругих характеристик

характеристик материалов «Звук–130»	материалов резонансным методом
Электропечь воздушная СНОЛ 12/16	печь воздушная с объемом печного пространства 12 л до 1600 °С
Электропечь вакуумная СНВГ-18/1.2.1ЛБ	печь вакуумная с объемом печного пространства 20 л до 1800 °С
Прибор СТА NETZSCH-Gerätebau GmbH STA 449 F3Jupiter	для синхронного термического анализа до 1600 °С
Анализатор термомеханический Shimadzu TMA-60	до 1100 °С для определения КЛТР и усадки образцов
Анализатор размеров частиц лазерный Shimadzu SALD-7500nano	для определения дисперсности порошков
Микроскоп металлографический Meiji 7000	для изучения микроструктуры с компьютерной системой автоматического анализа изображений «Thixomet Light»
Растровый электронный микроскоп Tescan Vega 3SBH с микрорентгеноспектральным анализатором Aztec X-Act	для изучения микроструктуры и элементного состава образцов
Весы ВЛКТ–500	для взвешивания порошков
Валки лабораторные	на 1 барабан с объемом 5 дм ³
Пресс гидравлический «Amsler».	для прессования керамических образцов, усилием 60 т
Вибромельница с объемом 1 л	для тонкого измельчения порошков
Мельница барабанная объемом 0,12 м ³	для тонкого измельчения порошков
Весы ВСЛ–200	Аналитические весы с пределом взвешивания 200 г, точностью 0,0001 г.
Пресс гидравлический ПГР–400	для прессования керамических образцов, усилием 10 т
Аудитория тонкой и технической керамики (помещение № 1), 28 мест	Демонстрационные стенды образцов природного минерального сырья Демонстрационные стенды образцов тонкой и технической керамики и видов производственного брака

12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процессы осуществляются в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по
дисциплине «Теоретические основы активированного спекания»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-1	Способен обоснованно (осмысленно) использовать знания основных типов металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, в том числе наноматериалов для решения профессиональных задач	промежуточный
ПК-5	Способен определять соответствие готового изделия заявленным потребительским характеристикам; прогнозировать и описать процесс достижения заданного уровня свойств в материале	промежуточный
ПК-6	Способен организовать проведение анализа и анализировать структуру новых материалов, адаптировать методики исследования свойств материалов к потребностям производства и разрабатывать специальные методики	промежуточный

2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-1.4 Знание композиционных материалов, получаемых спеканием порошков оксидных и бескислородных соединений, в том числе наноматериалов.	Знает свойства дисперсных систем (ЗН-1)	Ответы на задания № 1-13 к экзамену	Может перечислить основные свойства дисперсных систем, включая ультрадисперсные и наноразмерные	Может перечислить основные свойства дисперсных систем, включая ультрадисперсные и наноразмерные, самостоятельно объясняет их отличия	Самостоятельно объясняет основные свойства дисперсных систем, включая ультрадисперсные и наноразмерные, подробно анализирует их отличия
	Знает физику твёрдого тела, механохимию, кристаллохимию и электронное строение тугоплавких соединений, методы их получения, диаграммы состояния (ЗН-2)	Ответы на задания № 13-28 к экзамену	Самостоятельно излагает классификацию тугоплавких соединений, может перечислить основные особенности их кристаллического и электронного строения, методы получения и основные типы диаграмм состояния.	В полной мере объясняет классификацию тугоплавких соединений, может перечислить основные особенности их кристаллического и электронного строения, методы получения и основные типы диаграмм состояния.	В полной мере объясняет классификацию тугоплавких соединений, в полной мере объясняет особенности их кристаллического и электронного строения, методы получения и основные типы диаграмм состояния.
	Умеет оценивать физико-химические, механические свойства композиций на основе тугоплавких соединений, способы их получения, свойства и области применения (У-1)	Ответы на задания № 3, 4 и 13-16 к экзамену	Может перечислить физико-химические, механические свойства композиций на основе тугоплавких	Может перечислить физико-химические, механические свойства композиций на основе	Самостоятельно объясняет физико-химические, механические свойства композиций

			соединений, способы их получения, свойства и области применения.	тугоплавких соединений, самостоятельно объясняет способы их получения, свойства и области применения.	на основе тугоплавких соединений, в полной мере объясняет способы их получения, свойства и области применения.
	Владет физическими основами и основными теориями спекания (Н-1)	Ответы на задания № 17-28 и к экзамену	Может выбрать из предложенных примеров процессов спекания соответствующие им физические процессы, механизмы и теоретические модели спекания	Самостоятельно объясняет для рассмотренных в курсе процессов спекания соответствующие им физические процессы, механизмы и теоретические модели спекания	Самостоятельно объясняет для различных процессов спекания соответствующие им физические процессы, механизмы и теоретические модели спекания
ПК-5.4 Умеет разрабатывать технологию спекания материалов на основе тугоплавких соединений и определять их эксплуатационные свойства.	Знает основные механизмы спекания поликристаллических материалов (ЗН-1)	Ответы на задания № 29-33 и 35 к экзамену	Может перечислить механизмы спекания поликристаллических материалов и объяснить их основные особенности с использованием предложенных примеров	Может перечислить механизмы спекания поликристаллических материалов и объяснить их основные особенности, самостоятельно приводя примеры	Самостоятельно объясняет механизмы спекания поликристаллических материалов и их основные особенности, самостоятельно приводя примеры.
	Знает физические и химические подходы к активированию спекания (ЗН-2).	Ответы на задания № 36-39 к экзамену	Может перечислить физические и химические подходы и объяснить их основные особенности с использованием предложенных	Может перечислить физические и химические подходы и объяснить их основные особенности, самостоятельно приводя примеры	Самостоятельно объясняет физические и химические подходы и их основные особенности, самостоятельно

			примеров		приводя примеры.
	Умеет разрабатывать технологию спекания материалов на основе дисперсных систем тугоплавких соединений (У-1).	Ответы на задания № 34, 35-39 к экзамену	С использованием предложенных примеров, может описать общую технологическую схему спекания материалов на основе дисперсных систем тугоплавких соединений	Самостоятельно может описать общую технологическую схему спекания материалов на основе дисперсных систем тугоплавких соединений	Самостоятельно может описать подробную технологическую схему спекания материалов на основе дисперсных систем тугоплавких соединений
	Владеет методами активирования спекания систем на основе тугоплавких соединений (Н-1).	Ответы на задания № 29-43 к экзамену	Может перечислить методы активирования спекания систем на основе тугоплавких соединений и объяснить их основные особенности с использованием предложенных примеров	Может перечислить методы активирования спекания систем на основе тугоплавких соединений и самостоятельно объяснить их основные особенности	Самостоятельно объясняет методы активирования спекания систем на основе тугоплавких соединений и их основные особенности
ПК-6.4 Умеет выбирать метод научного исследования спечённых материалов и проводить анализ структуры, состава и свойств исходя из конкретных задач.	Знает современные методы экспериментального анализа и теоретических расчётов состава композиционных материалов на основе тугоплавких соединений (ЗН-1)	Ответы на задания № 44-49 к экзамену	Может перечислить современные методы экспериментального анализа и теоретических расчётов состава композиционных материалов на основе тугоплавких соединений и объяснить их основные особенности с использованием	Может перечислить современные методы экспериментального анализа и теоретических расчётов состава композиционных материалов на основе тугоплавких соединений и самостоятельно объяснить их основные особенности	Самостоятельно объясняет современные методы экспериментального анализа и теоретических расчётов состава композиционных материалов на основе тугоплавких соединений и их основные особенности

			предложенных примеров		
	Знает современные методы экспериментального анализа и теоретических расчётов структуры композиционных материалов на основе тугоплавких соединений (ЗН-2)	Ответы на задания № 44-49 и 50-52 к экзамену	Может перечислить современные методы экспериментального анализа и теоретических расчётов структуры композиционных материалов на основе тугоплавких соединений и объяснить их основные особенности с использованием предложенных примеров	Может перечислить современные методы анализа и теоретических расчётов структуры композиционных материалов на основе тугоплавких соединений и самостоятельно объяснить их основные особенности	Самостоятельно объясняет современные методы анализа и теоретических расчётов структуры композиционных материалов на основе тугоплавких соединений и их основные особенности
	Умеет проводить комплексный экспериментально-теоретический анализ сырьевых и спечённых материалов на основе тугоплавких соединений (У-1)	Ответы на задания № 44-59 к экзамену	С использованием предложенных примеров может объяснить алгоритм комплексного экспериментально-теоретического анализа сырьевых и спечённых материалов на основе тугоплавких соединений	Самостоятельно объясняет алгоритм комплексного экспериментально-теоретического анализа сырьевых и спечённых материалов на основе тугоплавких соединений	Самостоятельно формирует алгоритм комплексного экспериментально-теоретического анализа сырьевых и спечённых материалов на основе тугоплавких соединений
	Владеет навыками разработки экспериментально-теоретических методик анализа процесса спекания и свойств спечённого материала (Н-1)	Ответы на задания № 44 - 61 к экзамену	С использованием предложенных примеров объясняет основные принципы разработки экспериментально-	Самостоятельно объясняет основные принципы разработки экспериментально-теоретических	В полной мере объясняет принципы разработки экспериментально-теоретических

			теоретических методик анализа процесса спекания и свойств спечённого материала	методик анализа процесса спекания и свойств спечённого материала	методик анализа процесса спекания и свойств спечённого материала
--	--	--	--	--	--

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачёта. Для получения зачёта должен быть достигнут «пороговый» уровень сформированности компетенций.

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-1:

1. Консолидация дисперсных систем.
2. Дисперсные системы при производстве керамики.
3. Дисперсность природного керамического сырья.
4. Дисперсность и размер зерен. Понятие о кривой распределения частиц по размерам.
5. Механоактивация – процессы в контактной зоне твердых тел.
6. Современные механоактиваторы – трибореакторы.
7. Элементарные процессы при механическом активировании твердых тел.
8. Изменение структуры кристаллических веществ при измельчении.
9. Кинетика измельчения твердых тел различной природы в трибореакторах.
10. Основы теории измельчения твердых тел различной природы в трибореакторах.
11. Поверхностная энергия твердых тел и поверхность твердых тел.
12. Ультрадисперсные (малые) частицы. Особенности их строения.
13. Физические свойства УДЧ. Роль поверхностных сил.
14. «Активность» порошков, ее проявления при спекании.
15. Ансамбль частиц. Монодисперсные порошки.
16. Ансамбль частиц. Полидисперсные порошки.
17. Движущие силы процесса спекания.
18. Релаксация поверхностной энергии. Кинетика этого процесса.
19. Поверхностная диффузия и ее роль при спекании кристаллических порошков (примеры).
20. Механизм испарения и конденсации при спекании и примеры его целенаправленного применения.
21. Механизм поворота частиц и его вклад в связи с дисперсностью частиц.
22. Диффузия в твёрдом теле. Коэффициент диффузии.
23. Диффузия в твёрдом теле. Энергия активации диффузии.
24. Объемная диффузия и ее роль при спекании, активация объемной диффузии.
25. Основные положения теории спекания Френкеля Я.И.
26. Вязкое течение пористых тел как результат ползучести.
27. Диффузионная аннигиляция изолированной поры (теория Б.Я. Пинеса).
28. Коалесценция пор в ансамбле частиц.

б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-5:

29. Когерентное спекание.
30. Особенности спекания УДЧ.
31. Взаимосвязь уплотнения при спекании с «активностью» порошка.
32. Спекание гетерофазных порошковых ансамблей, связь с диаграммами состояния.
33. Спекание порошков, образующих твердые растворы.
34. Кинетика спекания в твердой фазе, феноменологические кинетические

уравнения.

35. Кинетика спекания (феноменологическое уравнение Ивенсена). Кинетика спекания по В.В. Скороходу (физическое обоснование феноменологии теории Ивенсена).

36. Физические методы активирования процесса уплотнения при спекании – ультразвуковое воздействие, циклическое спекание.

37. Химические методы активирования процесса уплотнения при спекании – влияние малых добавок (W-Ni).

38. Химические методы активирования спекания оксидов – влияние газовой среды.

39. Химические методы активирования спекания оксидов – влияние гетеровалентных катионных добавок, образующих твердые растворы.

40. Влияние нестехиометрии на спекание фаз переменного состава (карбидов).

41. Рекристаллизационные процессы при спекании и их влияние на скорость уплотнения.

42. Жидкофазное спекание как активированное спекание, физические основы процесса.

43. Методы регулирования жидкофазного спекания процессов.

в) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-6:

44. Фазовый и структурный анализ методами рентгеновской дифракции.

45. Анализ структуры сырьевых и спечённых материалов методами сканирующей электронной микроскопии. Элементный анализ методом микрорентгеноспектрального анализа.

46. Рентгенофлюоресцентный анализ состава веществ и материалов.

47. Расчёт поверхностной энергии кристаллов различной химической природы.

48. Термодинамические и теплофизические свойства веществ в базе данных ИВТАНТЕРМО: подходы, структура, функциональность.

49. Термодинамические и теплофизические свойства веществ в базе данных NIST: подходы, структура, функциональность.

50. Методы определения удельной поверхности твердых тел. Адсорбционные методы.

51. Ультрадисперсные (малые) частицы. Учёт особенностей их строения при моделировании процессов спекания.

52. Методы анализа дисперсности.

53. Методы анализа усадки в процессе спекания. Дилатометрия.

54. Методы анализа изменения массы дисперсной системы в процессе спекания. Термогравиметрия.

55. Методы анализа тепловых эффектов в процессе спекания. ДТА и ДСК.

56. Использование глобальных информационных ресурсов для анализа процессов диффузии и уплотнения дисперсных систем на примере NIST Diffusion Data.

57. Влияние типа диаграммы состояния на протекание процесса спекания.

58. Моделирование фазовых равновесий в эвтектических системах для первичной оценки температуры спекания.

59. Термодинамическая совместимость компонентов материала: оценка с помощью ресурса MaterialsProject.com.

60. Регулирование структуры и свойств материала с помощью параметров спекания.

61. Регулирование структуры и свойств материала с помощью состава и концентрации спекающих добавок (жидкофазное спекание)

4. Темы рефератов

1. Кинетика спекания по Ивенсену и Скороходу.
 2. Выбор условий спекания. Влияние газовой среды спекания. Основные типы печей.
 3. Условия спекания в печах периодического и непрерывного действия.
- Нагревательные элементы.
4. Основные показатели работы печей.
 5. Механизмы массопереноса в контактной зоне: механизм вязкого течения, механизм объемной самодиффузии.
 6. Механизм поверхностной диффузии, механизм испарения-конденсации.
 7. Режим спекания, его роль в формировании структуры материала, механическая обработка спеченных изделий.
 8. Теория Я.И. Френкеля о вязком течении твердых фаз.
 9. Теория Б.Я. Пинеса о диффузионном "залечивании" пор.
 10. Диффузия в твердых телах и ползучесть кристаллических тел при высоких температурах.
 11. Эффекты при спекании разнородных тел. Жидкофазное спекание.
 12. Механоактивация и современные механоактиваторы.
 13. Горячее прессование материалов на основе тугоплавких соединений.
 14. Электроимпульсное плазменное спекание (SPS).
 15. Реакционное спекание материалов на основе карбида кремния.
 16. Восстановительный обжиг в классической керамической технологии.
 17. Механизмы спекания в технологии классической керамики: фарфор, строительная керамика.
 18. Спекание сверхвысокотемпературной керамики: проблемы и решения.
 19. In-situ синтез в процессе спекания.
 20. Реакционное горячее прессование и электроимпульсное плазменное спекание.

5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ. Порядок организации и проведения зачетов и экзаменов.