



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ДВАЖДЫ ГЕРОЯ
СОВЕТСКОГО СОЮЗА, ЛЕТЧИКА-КОСМОНАВТА А.А. ЛЕОНОВА»

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. проректора

А.В. Троицкий

«__» _____ 2023 г.

***ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ
ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ***

***БАЗОВАЯ КАФЕДРА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И ИССЛЕДОВАНИЙ
В ОБЛАСТИ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ***

***РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ РКТ»***

Направление подготовки: 27.04.02 *Управление качеством*

Профиль: *Управление качеством в технологических системах*

Уровень высшего образования: *магистратура*

Форма обучения: *очная*

Королев
2023

Рабочая программа является составной частью основной профессиональной образовательной программы и проходит рецензирование со стороны работодателей в составе основной профессиональной образовательной программы. Рабочая программа актуализируется и корректируется ежегодно.


Автор: Тимофеев А.Н. Рабочая программа дисциплины: Высокотемпературные композиционные материалы для РКТ – Королев МО: «Технологический университет», 2023

Рецензент: д.т.н. Логачёва А.И.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки бакалавров 27.04.02 Управление качеством и Учебного плана, утвержденного Ученым советом Университета.

Протокол № 9 от 11.04.2023г.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры:

Заведующий кафедрой (ФИО, ученая степень, звание, подпись)	Тимофеев А.Н. д.т.н. 	Тимофеев А.Н. д.т.н.		
Год утверждения (переутверждения)	2023	2024		
Номер и дата протокола заседания кафедры	№ 11 от 28.03.2023			

Рабочая программа согласована:

Руководитель ОПОП ВО  **О.А. Воейко к.т.н., доцент**

Рабочая программа рекомендована на заседании УМС:

Год утверждения (переутверждения)	2023	2024		
Номер и дата протокола заседания УМС	№ 5 от 11.04.2023			

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

Целью изучения дисциплины является:

- получение теоретических знаний и практических навыков по разработке и изготовлению высокотемпературных композиционных материалов;
- подготовка обучающихся к самостоятельной постановке и осмысленному решению задач разработки и внедрения ВТКМ.

В процессе обучения будущий магистрант приобретает и совершенствует следующие компетенции:

Профессиональные компетенции:

- ПК-5 Способен контролировать функционирование системы управления качеством продукции в организации.
- ПК-7 Способен проводить испытания новых и модернизированных образцов продукции.

Основными **задачами** дисциплины являются:

- изучение теоретических основ формирования высокотемпературных композиционных материалов;
- изучение термодинамических и кинетических закономерностей формирования материалов из газовой и жидкой фаз;
- изучение современных методов исследования химического и фазового состава, структуры материалов;
- ознакомить студентов с оборудованием и технологической оснасткой, применяемыми для получения различных видов материалов;
- дать студентам практические навыки, касающиеся проведения технологического эксперимента, интерпретации его результатов.

Показатель освоения компетенции отражают следующие индикаторы:

Трудовые действия:

- Владеть современными методами анализа управленческой деятельности.
- Владеть выполнением действий, предусмотренных методиками испытаний продукции; обработкой данных, полученных при испытаниях

Необходимые умения:

- Уметь применять современные методы анализа производственной деятельности.

- Уметь оформлять производственно-техническую документацию в соответствии с действующими требованиями

Необходимые знания:

- Знать нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы качества продукции.
- Знать нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы разработки и аттестации методик.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Высокотемпературные композиционные материалы для РКТ» относится к дисциплинам по выбору части формируемой участниками образовательной программы подготовки магистрантов по направлению 27.04.02 «Управление качеством».

Изучение данной дисциплины базируется на ранее изученных дисциплинах бакалавриата и компетенциях ПК-5; ПК-7.

Знания, полученные при освоении данной дисциплины, являются базовыми для выполнения дисциплины «Моделирование и оптимизация материалов и технологических процессов» и при выполнении выпускной квалификационной работы магистранта.

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины для очной формы обучения составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Таблица 1

Виды занятий	Всего часов	Семестр 1	Семестр 2	Семестр 3	Семестр 4
Общая трудоемкость	144		144		
Очное отделение					
Аудиторные занятия	32		32		
Лекции (Л)	8		8		
Лабораторные работы (ЛР)	12		12		
Практические занятия (ПЗ)	12		12		
Практическая подготовка	12		12		
Контроль знаний	4		4		
Самостоятельная работа	112		112		
Курсовая работа	-		-		
Контрольная работа, домашнее задание	К.Р.		К.Р.		
Текущий контроль знаний (7 - 8, 15 - 16 недели)	Тест		Тест		
Вид итогового контроля:	Экзамен			Экзамен	

4. Содержание дисциплины

4.1. Темы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

Наименование тем	Лекции, час	Практические занятия, час	Лабораторные работы, час	Занятия в интеракт. форме, час	Практ. подготовка, час	Код компетенций
Тема 1. Введение. Роль высокотемпературных композиционных материалов в развитии РКТ. Классификация ВТКМ.	2	–	–	2	-	ПК-5 ПК-7
Тема 2. Способы получения ВТКМ и методы их исследования	2	6	4	6	4	ПК-5 ПК-7
Тема 3. Теоретические основы метода химического осаждения из газовой фазы тугоплавких соединений.	2	4	4	6	4	ПК-5 ПК-7
Тема 4. Теория и практика формирования матриц ВТКМ жидкофазным способом.	2	2	4	6	4	ПК-5 ПК-7
Итого:	8	12	12	20	12	

4.2. Содержание тем дисциплины

Тема 1. Введение. Роль высокотемпературных композиционных материалов в развитии РКТ. Классификация ВТКМ.

Обзор отечественных и зарубежных работ по разработке и внедрению ВТКМ для ракетно-космической техники (РКТ). Пути развития разработок по ВТКМ для РКТ в России и за рубежом. Основные принципы классификации ВТКМ.

Тема 2. Способы получения ВТКМ и методы их исследования.

Классификация способов получения ВТКМ. Основные принципы выбора схем армирования. Технологические процессы получения каркасов и преформ. 2D, 2.5D, 3D, 4D, nD структуры каркасов. Способы получения преформ.

Способы формирования матриц и их свойства. Методы исследования фазового состава, структуры материала. Рентгенофазовый анализ и структурная микроскопия. Порометрия. Исследование пористой структуры.

Тема 3. Теоретические основы метода химического осаждения из газовой фазы тугоплавких материалов.

Физико-химические основы формирования матриц и покрытий методом химического осаждения из газовой фазы (CVD, CVI). Практическая термодинамика. Основные программные комплексы по исследованию термодинамического равновесия. Исходные данные для термодинамических расчетов. Программный комплекс "TERRA". Кинетика процессов CVD. Газовая диффузия реагентов в объем пористых тел. Кинетика процессов CVI. Методология разработки технологических процессов формирования матриц методом CVI. Практические примеры. Принципы классификации методов CVI. Пути развития химического осаждения из газовой фазы.

Тема 4. Теория и практика формирования матриц ВТКМ жидкофазным способом.

Прекурсоры высокотемпературных матриц. Основные физико-химические условия самопроизвольной пропитки пористых тел. Свойства матриц, полученных жидкофазным способом. Методология разработки технологических процессов формирования матриц жидкофазным методом. Практические примеры. Пути развития жидкофазного способа формирования матриц.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

1. «Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)».
2. «Методические указания для обучающихся по выполнению контрольных работ».
3. Рабочая тетрадь.
4. Практикум.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Структура фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) «Высокотемпературные композиционные материалы для РКТ» приведена в Приложении 1.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Ермолаев Р.А. Космическое материаловедение: учебное пособие / Р.А.Ермолаев, М.М.Михайлов, Л.А.Семенова; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т им. М.Ф.Решетнева. – Красноярск: СибГУ, 2017. – 371 с.

2. Калинин В.А. Технология производства ракетных двигателей твердого топлива. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2011. – 687 с.

3. Костиков В.И., Варенков А.Н. Сверхвысокотемпературные композитные материалы – М.: Интернет Инжиниринг, 2003. – 560 с., ил.

Дополнительная литература:

1. Санин Ф.П., Кучма Л.Д., Джур Е.А., Санин А.Ф. Твёрдотопливные ракетные двигатели: материалы и технологии. – Д.: Изд. Днепропетровского университета. 1999. – 320 с.

2. Физическая химия: Учебник для вузов – 4-е изд., перераб. и доп.– Жуховицкий А.А., Шварцман Л.А. - М.: Металлургия, 1987.- 688с.

3. Щурик А. Г. Искусственные углеродные материалы. – Пермь, 2009. – 342с.:

4. К.И. Портной, С.Е. Салибеков и др. Структура и свойства композиционных материалов. – М.: Машиностроение, 1990. –255 с.

5. Ивахненко Ю.А., Бабашов В.Г., Зимичев А.М., Тинякова Е.В., Высокотемпературные теплоизоляционные и теплозащитные материалы на основе волокон тугоплавких соединений /В сб.: Авиационные материалы и технологии: Юбилейный науч.-технич. сб. (приложение к журналу «Авиационные материалы и технологии»). М.: ВИАМ. 2012. – 380–385.

6. Справочник по композиционным материалам: В 2 кн./ Пер. с англ. Геллера А.Б.и др. Под ред. Дж. Любина. – М.: Машиностроение, 1988. – 584 с.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Интернет-ресурсы:

1.<http://eur.ru/catalog/all-all.asp> – научно-образовательный портал.

2.<http://informika.ru/> – образовательный портал.

3.<http://www.academy.it.ru/> академия АЙТИ.

4.<http://protect.gost.ru> портал стандартов.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Методические указания по освоению дисциплины приведены в Приложении 2.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Перечень программного обеспечения: MSOffice, Mathcad, TERRA,

Информационные справочные системы:

Рабочая программа и методическое обеспечение по дисциплине (модулю) «Высокотемпературные композиционные материалы для РКТ»

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лекционные занятия:

Аудитория (учебный класс), оснащенная презентационной техникой:

- проектор,
- экран,
- компьютеры с программным обеспечением и выходом в сеть Интернет;
- комплект электронных презентаций/слайдов.

Практические занятия:

- ознакомление с технологиями получения материалов и применяемым оборудованием проводится непосредственно на производственных участках предприятия.

Лабораторные занятия:

- профильные лаборатории АО «Композит» и лаборатория гетерогенного синтеза тугоплавких материалов «Инжинирингового центра» МГОТУ.

**ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ И
ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**БАЗОВАЯ КАФЕДРА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И
ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И
ТЕХНОЛОГИЙ**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО
ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ
МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РКТ**

Направление подготовки: 27.04.02 Управление качеством

Профиль: *Управление качеством в технологических системах*

Уровень высшего образования: *магистр*

Форма обучения: *очная*

Королев
2023

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции	Раздел дисциплины, обеспечивающий формирование компетенции	В результате изучения раздела дисциплины, обеспечивающего формирование компетенции, обучающийся приобретает:		
				Трудовые действия	Необходимые умения	Необходимые знания
1.	ПК-5	Способен контролировать функционирование системы управления качеством продукции в организации	Тема 1. Тема 2. Тема 3 Тема 4.	Владеть современными методами анализа управленческой деятельности.	Уметь применять современные методы анализа производственной деятельности.	Знать нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы качества продукции.
	ПК-7	Способен проводить испытания новых и модернизированных образцов продукции	Тема 1. Тема 2. Тема 3 Тема 4.	Владеть выполнением действий, предусмотренных методиками испытаний продукции; обработкой данных, полученных при испытаниях	Уметь оформлять производственно-техническую документацию в соответствии с действующими требованиями	Знать нормативные и методические документы, регламентирующие вопросы разработки и аттестации методик

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код компетенции	Инструменты, оценивающие сформированность компетенции	Показатель оценивания компетенции	Критерии оценки
ПК-5 ПК-7	Устный доклад	<p>А) полностью сформирована (компетенция освоена на <u>высоком</u> уровне) – 5 баллов</p> <p>Б) частично сформирована:</p> <ul style="list-style-type: none"> • компетенция освоена на <u>продвинутом</u> уровне – 4 балла; • компетенция освоена на <u>базовом</u> уровне – 3 балла; <p>В) не сформирована (компетенция не сформирована) – 2 и менее бал-</p>	<p>Проводится устно с возможным использованием мультимедийных систем, а также с использованием технических средств</p> <p>Время, отведенное на процедуру – 5 – 10 мин.</p> <p>Неявка – 0.</p> <p>Критерии оценки:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Соответствие представленного доклада заявленной тематике (1 балл). 2. Качество источников и их количество при подготовке доклада и разработке презентации (1 балл). 3. Владение информацией и способ-

		лов	ность отвечать на вопросы аудиторрии (1 балл). 4. Полнота раскрытия темы доклада (1 балл). 5. Оригинальность подхода и установление связей с родственными явлениями (1 балл). Максимальная сумма баллов - 5 баллов. Оценка проставляется в электронный журнал.
ПК-5 ПК-7	Практические задания	А) полностью сформирована (компетенция освоена на <u>высоком</u> уровне) – 5 баллов Б) частично сформирована: <ul style="list-style-type: none"> • компетенция освоена на <u>продвинутом</u> уровне – 4 балла; • компетенция освоена на <u>базовом</u> уровне – 3 балла; В) не сформирована (<u>компетенция не сформирована</u>) – 2 и менее баллов	Проводится в устной форме. 1. Выбор оптимального метода решения задачи – (1 балл) 2. Умение применить выбранный метод – (1 балл) 3. Логический ход решения правильный, но имеются ошибки в расчетах – (1 балл). 4. Решения задачи и получение правильного результата – (2 балла) 5. Задача не решена вообще – (0 баллов) Максимальная оценка – 5 баллов. Оценка проставляется в электронный журнал.
ПК-5 ПК-7	Лабораторные работы	А) полностью сформирована (компетенция освоена на <u>высоком</u> уровне) – 5 баллов Б) частично сформирована: <ul style="list-style-type: none"> • компетенция освоена на <u>продвинутом</u> уровне – 4 балла; • компетенция освоена на <u>базовом</u> уровне – 3 балла; В) не сформирована (<u>компетенция не сформирована</u>) – 2 и менее баллов	1. Навык обращения с оборудованием в целом – (1 балл) 2. Выбор методов решения поставленной задачи – (1 балл) 3. Умение применять выбранные методы – (1 балл) 4. Анализ и выводы, отражающие суть изучаемого явления с указанием конкретных результатов – (2 балла) Максимальная оценка – 5 баллов. Оценка проставляется в электронный журнал.

3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Примерная тематика докладов:

1. Причины и этапы внедрения в технику высокотемпературных композиционных материалов.

2.Классификация высокотемпературных композиционных материалов и способов их получения.

3. Практическая термодинамика и основные программные комплексы для расчета равновесных составов.

4. Свойства матриц, полученных жидкофазным способом.

5. Методы исследования свойств ВТКМ.

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Формой контроля знаний по дисциплине «Высокотемпературные композиционные материалы для РКТ» являются текущий контроль знаний в виде двух тестов и одна промежуточная аттестация в виде экзамена.

Неделя текущего контроля	Вид оценочного средства	Код компетенций, оценивающий знания, умения, навыки	Содержание оценочного средства	Требования к выполнению	Срок сдачи (неделя семестра)	Критерии оценки по содержанию и качеству с указанием баллов
Согласно графика учебного процесса	тестирование	ПК-5 ПК-7	10 вопросов	Тестирование; время отведенное на процедуру – 30 минут	Результаты тестирования предоставляются в день проведения процедуры	Критерии оценки определяются процентным соотношением. Неявка – 0 Неудовлетворительно – до 51 правильных ответов. Удовлетворительно - от 51% правильных ответов. Хорошо - от 70%. Отлично- от 90%.
Согласно графика учебного процесса	тестирование	ПК-5 ПК-7	14 вопросов	Тестирование; время отведенное на процедуру – 30 минут	Результаты тестирования предоставляются в день проведения процедуры	Критерии оценки определяются процентным соотношением. Неявка -0 Неудовлетворительно – до 51 правильных ответов. Удовлетворительно - от 51% правильных ответов. Хорошо - от 70%. Отлично – от 90%. Максимальная оценка – 5 баллов.
Согласно графика учебного процесса	экзамен	ПК-5 ПК-7	2 вопроса	Экзамен проводится в устной форме, путем ответа на вопросы. Время, отведенное	Результаты предоставляются в день проведения зачета	Критерии оценки: «Отлично»: • знание основных понятий предмета; • умение использовать и применять полученные знания на практике; • работа на практических

				на проце- дуру – 20 минут.	<p>занятиях;</p> <ul style="list-style-type: none"> • знание основных научных теорий, изучаемых пред-метов; • ответы на вопросы билета. <p style="text-align: center;">«Хорошо»:</p> <ul style="list-style-type: none"> • знание основных понятий предмета; • умение использовать и применять полученные знания на практике; • работа на практических занятиях; • знание основных научных теорий, изучаемых пред-метов; • частичные ответы на во-просы билета <p style="text-align: center;">«Удовлетворительно»:</p> <ul style="list-style-type: none"> • демонстрирует частичные знания по темам дисци-плин; • незнание и неумение ис-пользовать и применять полученные знания на практике; • не работал на практиче-ских занятиях; <p style="text-align: center;">«Неудовлетворительно»:</p> <ul style="list-style-type: none"> • демонстрирует частичные знания по темам дисци-плин; • незнание основных поня-тий предмета; • неумение использовать и применять полученные знания на практике; • не работал на практиче-ских занятиях; • не отвечает на вопросы.
--	--	--	--	----------------------------------	---

Итоговое начисление баллов по дисциплине осуществляется в соответ-ствии с разработанной и внедренной балльно-рейтинговой системой кон-троля и оценивания уровня знаний и внеучебной созидательной активности обучающихся, согласно приказу «О внедрении новой балльно-рейтинговой системы контроля и оценивания уровня знаний и внеучебной созидательной активности обучающихся».

4.1. Типовые вопросы, выносимые на тестирование

Тесты используются при текущем контроле знаний. По форме заданий выбраны закрытые тесты (с выборочным ответом). Каждому вопросу соответствует один вариант ответа.

Задания тестирования № 1

1. Скорость гиперзвукового летательного аппарата:

- a) 1М; b) 3М; c) 6М; d) 12М

2. Климатические воздействия не влияют на свойства материалов:

- a) полимерные композиты
- b) алюминиевые сплавы
- c) углерод-углеродные композиты
- d) все перечисленные

3. Вкладыши критического сечения сопла маршевых РДТТ

изготавливаются из:

- a) титановых сплавов
- b) углерод-углеродных композитов
- c) углерод-керамических композитов
- d) благих намерений

4. Рентгенофазовый анализ показывает:

- a) кристаллические фазы
- b) валентность элементов
- c) элементный состав
- d) структуру материала

5. Скорость химической реакции пропорциональна:

- a) температуре среды
- b) концентрациям компонентов
- c) концентрациям компонентов в степенях, равным стехиометрическим коэффициентам
- d) концентрациям продуктов

6. К технологическим документам на материал относятся:

- a) паспорт на материал
- b) маршрутная карта
- c) технические условия
- d) ни одно из перечисленного

7. Термодинамические расчеты позволяют определить:

- a) равновесный состав
- b) скорость реакции
- c) энергию активации
- d) концентрацию веществ

8. CVI метод позволяет получать:

- a) только покрытия
- b) матрицу
- c) матрицу и покрытие

9. Глубина диффузии реагентов зависит от:

- a) только от температуры
- b) температуры, давления, параметров пористого тела, концентрации реагентов
- c) только от давления и концентрации реагентов
- d) только от радиуса пор пористого тела

10. Окислительностойкие керамоматричные композиционные материалы могут работать:

- a) только в окислительных средах
- b) только в нейтральных средах
- c) в условиях эрозионных потоков
- d) во всех перечисленных

Задания тестирования № 2

1. Покрытие из вольфрама удобно наносить:

- a) электрохимическими методами
- b) газофазным методом
- c) методом погружения
- d) ни одним из перечисленных

2. Повышения адгезии покрытия к материалу можно добиться:

- a) созданием градиента концентрации
- b) механическим воздействием
- c) погружением в воду
- d) температурой обработки

3. Как правило, покрытия на УУКМ:

- a) защищают его от радиации
- b) защищают его от окисления
- c) защищают его от перегрева
- d) имеют декоративные функции

4. Недостатком покрытий из карбида кремния на термонагруженных элементах конструкций является:

- a) большая толщина
- b) разупрочнение материала
- c) окисляемость при температурах выше 1850 К
- d) отсутствие данных о применимости

5. При высоких температурах упрочняются:

- a) углерод-углеродные композиты
- b) сплавы титана
- c) сплавы вольфрама
- d) углепластики

6. При высоких температурах диффузия газовых реагентов в пористое тело:

- a) увеличивается
- b) уменьшается
- c) не изменяется

7. Из перечисленных наиболее технологичны:

- a) стержневые каркасы
- b) плетеные каркасы
- c) иглопробивные каркасы
- d) каркасы, вязанные на спицах

8. Матрицу углерод-углеродных материалов можно получить:

- a) осаждением из газовой фазы
- b) из расплава графита
- c) из расплава сульфида цинка
- d) пропиткой каркаса каменноугольным или нефтяным пеком

9. Недостатком керамических матриц является:

- a) их хрупкость
- b) их окисляемость
- c) их высокая плотность
- d) их низкая жесткость

10. Жидкофазным методом можно сформировать матрицу:

- a) только металлическую
- b) только неметаллическую
- c) из карбида кремния, карбидов тугоплавких металлов
- d) любую

11. Самыми тугоплавкими карбидами являются:

- a) TiC
- b) NbC и ZrC
- c) TaC и HfC
- d) SiC

12. Матрица металлических композитов обычно является:

- a) пластичной
- b) сверхтяжелой
- c) пористой
- d) дорогой

13. Можно ли спрогнозировать температуру плавления вещества:

- a) нет, только ТКЛР
- b) да
- c) нет, только энтальпию
- d) нет

14. Какие структуры каркасов позволяют получить максимальную прочность по оси армирования:

- a) nD
- b) 4D
- c) 1D
- d) 2.5D

4.2. Типовые вопросы, выносимые на экзамен

1. Основные принципы классификации ВТКМ
2. Классификация способов получения ВТКМ
3. Основные принципы выбора схем армирования. 1D, 2D, 2.5D, 3D, 4D, nD структуры каркасов.
4. Рентгенофазовый анализ и структурная микроскопия.
5. Методы исследования пористой структуры.
6. Практическая термодинамика. Основные программные комплексы по исследованию термодинамического равновесия.
7. Кинетика процессов CVD.
8. Газовая диффузия реагентов в объем пористых тел.
9. Кинетика процессов CVI.
10. Принципы классификации методов CVI.
11. Получение высокотемпературных материалов методом пропитки.
12. Прекурсоры высокотемпературных матриц.
13. Основные физико-химические условия самопроизвольной пропитки пористых тел.
14. Свойства матриц, полученных жидкофазным способом.
15. Основные методики прогнозирования.
16. Свойства пиролитических покрытий.

***ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ И
ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ***

***БАЗОВАЯ КАФЕДРА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И
ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И
ТЕХНОЛОГИЙ***

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ
МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РКТ**

Направление подготовки: 27.04.02 Управление качеством

Профиль: Управление качеством в технологических системах

Уровень высшего образования: магистратура

Форма обучения: очная

Королев
2023

1. Общие положения

Цель дисциплины:

- получение теоретических знаний и практических навыков по разработке и изготовлению высокотемпературных композиционных материалов;
- подготовка обучающихся к самостоятельной постановке и осмысленному решению задач разработки и внедрения ВТКМ.

Задачи дисциплины:

- изучение теоретических основ формирования высокотемпературных композиционных материалов;
- изучение термодинамических и кинетических закономерностей формирования материалов из газовой и жидкой фаз;
- изучение современных методов исследования химического и фазового состава, структуры материалов;
- ознакомить студентов с оборудованием и технологической оснасткой, применяемыми для получения различных видов материалов;
- дать студентам практические навыки, касающиеся проведения технологического эксперимента, интерпретации его результатов.

1. Указания по проведению практических занятий

Тема 2. Способы получения ВТКМ и методы их исследования.

Практическое занятие № 1.

Вид практического занятия: смешанная форма практического занятия, на котором сочетается обсуждение докладов со свободным выступлением обучающихся и дискуссиями.

Образовательные технологии: групповая дискуссия.

Содержание практического занятия: Технологические процессы получения углеродных каркасов. Пространственные схемы армирования. Различные способы формирования углеродных каркасов. Каркасы на основе тканей, жгутов, стержней, нетканых материалов. Способы укрепления одно- и двунаправленных каркасов в слабых направлениях. Технология получения стержневых элементов каркасов. Контроль качества каркасов.

Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие № 2

Вид практического занятия: смешанная форма практического занятия, на котором сочетается обсуждение докладов со свободным выступлением обучающихся и дискуссиями.

Образовательные технологии: групповая дискуссия.

Содержание практического занятия: Методы формирования матриц композиционных материалов, исследования состава, оборудование. Осаждение

веществ из газовой фазы. Химическое осаждение из газовой фазы. Основные особенности и факторы, влияющие на качество. Оборудование для исследования свойств материала. Метод сравнительной порометрии.

Продолжительность занятия – 4 ч.

Тема 3. Теоретические основы метода химического осаждения из газовой фазы тугоплавких материалов

Практическое занятие № 3.

Вид практического занятия: смешанная форма практического занятия, на котором сочетается обсуждение докладов со свободным выступлением обучающихся и дискуссиями.

Образовательные технологии: групповая дискуссия.

Содержание практического занятия: Основные программные комплексы по исследованию термодинамического равновесия. Программный комплекс "TERRA".

Продолжительность занятия – 2 ч.

Практическое занятие № 4.

Вид практического занятия: смешанная форма практического занятия, на котором сочетается обсуждение докладов со свободным выступлением обучающихся и дискуссиями.

Образовательные технологии: групповая дискуссия.

Содержание практического занятия: Кинетика процессов CVI. Методология разработки технологических процессов формирования матриц методом CVI.

Продолжительность занятия – 2 ч.

Тема 4. Теория и практика формирования матриц ВТКМ жидкофазным способом.

Практическое занятие № 5.

Вид практического занятия: смешанная форма практического занятия, на котором сочетается обсуждение докладов со свободным выступлением обучающихся и дискуссиями.

Образовательные технологии: групповая дискуссия.

Содержание практического занятия: Прекурсоры высокотемпературных матриц. Методология разработки технологических процессов формирования матриц жидкофазным методом. Технологическое оборудование.

Продолжительность занятия – 2 ч.

1. Указания по проведению лабораторного практикума

Целью лабораторных работ является обобщение и закрепление знаний, полученных при изучении определенной темы, и применения их при решении

конкретных задач, а также формирование навыков обращения с лабораторным измерительным оборудованием.

Методика определяется моделью соответствующей задачи, решаемой студентом на занятии по заданию преподавателя, и средствами выполнения лабораторных работ.

Этапы выполнения лабораторных работ:

- постановка задачи лабораторной работы;
- ознакомление студентов с содержанием и объемом лабораторной работы, порядком ее выполнения;
- выполнение лабораторной работы и оформление отчета;
- защита лабораторной работы.

Тема 2. Способы получения ВТКМ и методы их исследования.

Лабораторная работа № 1.

Цель занятия: ознакомление с методами и принципами изготовления углеродных каркасов

Задание: определить плотность углеродных каркасов. Составить краткий отчет о методе измерения плотности углеродных каркасов и оснастке для их изготовления.

Продолжительность занятия – 2 часа.

Лабораторная работа № 2.

Цель работы: ознакомиться с методом исследования поровой структуры. Провести анализ поровой структуры заданного образца.

Задание: принять участие в исследовании пористой структуры.

Отчет о работе: Отчет с описанием результатов исследования пористой структуры.

Продолжительность занятия – 2 часа.

Лабораторная работа № 3.

Тема 3. Термодинамические расчеты

Цель занятия: Расчет равновесных составов. Выработка рекомендаций для определения параметров химического осаждения соединения из газовой фазы.

Задание: изучить порядок представления в программном комплексе «TERRA» исходных данных. Произвести расчеты.

Отчет о работе: Отчет с описанием результатов исследования

Продолжительность занятия – 2 часа.

Лабораторная работа № 4.

Тема 3. Кинетика процесса CVD.

Цель занятия: исследование кинетических закономерностей процесса химического осаждения покрытий из газовой фазы.

Задание: Изучить реальный процесс и установку CVD. Построить график зависимости скорости химического осаждения покрытия от температуры в координатах Аррениуса. Определение энергии активации процесса.

Отчет о работе: Отчет с описанием результатов исследования

Продолжительность занятия – 2 часа.

Лабораторная работа № 5.

Тема 4 Пропитка преформ прекурсорами керамических матриц.

Цель занятия: исследование прекурсоров процессов жидкофазной пропитки, оборудования и оснастки.

Задание: изучить структуру ВТКМ, полученных жидкофазным способом.

Отчет о работе: Отчет с описанием результатов исследования.

Продолжительность занятия – 4 часа

4. Указания по проведению самостоятельной работы обучающихся

№ п/п	Наименование блока (раздела) дисциплины	Виды СРС
1.	Способы получения ВТКМ и методы их исследования	Изучение и анализ учебной и периодической литературы. Подготовка докладов Примерная тематика рефератов: 1. Композиционные материалы, армированные дискретными волокнами органических соединений. 2. Зависимость свойств ВТКМ от плотности.
2.	Теоретические основы метода химического осаждения из газовой фазы тугоплавких материалов.	Изучение и анализ учебной и периодической литературы. Подготовка докладов Примерная тематика рефератов: 1. ВТКМ с матрицей из карбидов тантала и гафния 2. Влияние параметров процесса на диффузию исходных газовых реагентов в глубь пористого тела.

5. Указания по проведению контрольных работ

5.1. Требования к структуре.

Структура контрольной работы должна способствовать раскрытию темы: иметь титульный лист, содержание, введение, основную часть, заключение, список литературы.

5.2. Требования к содержанию (основной части).

1. Во введении обосновывается актуальность темы, определяется цель работы, задачи и методы исследования.

2. При определении целей и задач исследования необходимо правильно их формулировать. Так, в качестве цели не следует употреблять глагол «сделать». Правильно будет использовать глаголы: «раскрыть», «определить», «установить», «показать», «выявить» и т.д.

3. Основная часть работы включает 2 - 4 вопроса, каждый из которых посвящается решению задач, сформулированных во введении, и заканчивается констатацией итогов.

4. Приветствуется иллюстрация содержания работы таблицами, графическим материалом (рисунками, схемами и т.п.).

5. Необходимо давать ссылки на используемую литературу.

6. Заключение должно содержать сделанные автором работы выводы, итоги исследования.

7. Вслед за заключением идет список литературы, который должен быть составлен в соответствии с установленными требованиями. Если в работе имеются приложения, они оформляются на отдельных листах, и должны быть соответственно пронумерованы.

5.3. Требования к оформлению.

Объем контрольной работы – 15 страниц формата А4, напечатанного с одной стороны текста (1,5 интервал, шрифт Times New Roman 14).

6. Указания по проведению курсовых работ

Курсовые работы Учебным планом не предусмотрены.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература:

1. Ермолаев Р.А. Космическое материаловедение: учебное пособие/ Р.А.Ермолаев, М.М.Михайлов, Л.А.Семенова; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т им. М.Ф.Решетнева. – Красноярск: СибГУ, 2017. – 371 с.

2. Калинин В.А. Технология производства ракетных двигателей твердого топлива. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2011. – 687 с.

3. Костиков В.И., Варенков А.Н. Сверхвысокотемпературные композитные материалы – М.: Интернет Инжиниринг, 2003. – 560 с., ил.

Дополнительная литература:

1. Санин Ф.П., Кучма Л.Д., Джур Е.А., Санин А.Ф. Твёрдотопливные ракетные двигатели: материалы и технологии. – Д.: Изд. Днепропетровского университета. 1999. – 320 с.

2. Физическая химия: Учебник для вузов – 4-е изд., перераб. и доп.– Жуховицкий А.А., Шварцман Л.А. - М.: Металлургия, 1987. 688с.

3. Щурик А. Г. Искусственные углеродные материалы. – Пермь, 2009.– 342с.: ил.
4. К.И. Портной, С.Е. Салибеков и др. Структура и свойства композиционных материалов. – М.: Машиностроение, 1990. –255 с.
- 5.Справочник по композиционным материалам: В 2 кн./ Пер. с англ. Геллера А.Б.и др. Под ред. Дж. Любина. – М.: Машиностроение, 1988. – 584 с.
6. Ивахненко Ю.А., Бабашов В.Г., Зимичев А.М., Тинякова Е.В., Высоко-температурные теплоизоляционные и теплозащитные материалы на основе волокон тугоплавких соединений /В сб.: Авиационные материалы и технологии: Юбилейный науч.-технич. сб. (приложение к журналу «Авиационные материалы и технологии»). М.: ВИАМ. 2012. С. 380–385.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Интернет-ресурсы:

- 1.<http://eup.ru/catalog/all-all.asp> – научно-образовательный портал.
- 2.<http://informika.ru/> – образовательный портал.
- 3.<http://www.academy.it.ru/> академия АЙТИ.
- 4.<http://protect.gost.ru> портал стандартов.

9. Перечень информационных технологий

Перечень программного обеспечения: *MSOffice, Mathcad, TERRA,*

Информационные справочные системы:

Рабочая программа и методическое обеспечение по дисциплине
«Высокотемпературные композиционные материалы для РКТ»