

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 30.01.2023 16:11:18

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Углерод-углеродные и углерод- углеродкарбидокремниевые материалы с волокнистыми наполнителями

Закреплена за подразделением Кафедра функциональных наносистем и высокотемпературных материалов

Направление подготовки 22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль Высокотемпературные и сверхтвердые материалы

Квалификация **Магистр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану	144	Формы контроля в семестрах: экзамен 3
в том числе:		
аудиторные занятия	34	
самостоятельная работа	74	
часов на контроль	36	

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	19			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	34	34	34	34
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	74	74	74	74
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

дтн, проф., Бубненко Игорь Анатольевич

Рабочая программа

Углерод-углеродные и углерод-углеродкарбидокремниевые материалы с волокнистыми наполнителями

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.01 Материаловедение и технологии материалов, 22.04.01-ММТМ-22-1.plx Высокотемпературные и сверхтвердые материалы, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.01 Материаловедение и технологии материалов, Высокотемпературные и сверхтвердые материалы, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра функциональных наносистем и высокотемпературных материалов

Протокол от 16.06.2021 г., №20

Руководитель подразделения Кузнецов Д.В.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цель – получить знания, умение и навыки в области разработки и изучения свойств конструкционных углерод-углеродных и углеродкарбидокремниевых материалов, технологических процессов их получения.
1.2	Задачи - научить:
1.3	1. теоретическим и практическим основам разработки углерод-углеродных и углеродкарбидокремниевых материалов с волокнистыми наполнителями;
1.4	2. выбирать технологические схемы получения углерод-углеродных и углеродкарбидокремниевых материалов на основе волокнистых наполнителей с заданными свойствами.
1.5	3. анализировать процессы, протекающие при получении и эксплуатации углерод-углеродных и углеродкарбидокремниевых материалов с волокнистыми наполнителями;
1.6	4. контролировать свойства получения углерод-углеродных и углеродкарбидокремниевых материалов с волокнистыми наполнителями.

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.03
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Высокотемпературные и сверхтвердые покрытия	
2.1.2	Жаростойкие и теплозащитные покрытия	
2.1.3	Производственная практика	
2.1.4	Физико-химия получения и обработки высокотемпературных и сверхтвердых материалов	
2.1.5	Высокотемпературная прочность материалов	
2.1.6	Высокотемпературные и сверхтвердые функциональные и конструкционные материалы	
2.1.7	Материаловедение и технологии перспективных материалов	
2.1.8	Порошковая металлургия высокотемпературных и сверхтвердых материалов	
2.1.9	Спектроскопические (и зондовые) методы исследования материалов	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.2	Преддипломная практика	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов и знаний в междисциплинарных областях	
Знать:	
ОПК-1-31 Определение композиционных материалов и углерод-углеродных композиционных материалов (УУКМ), классификацию композиционных материалов, назначение УУКМ.	
ОПК-1-320 Основные закономерности процессов науглероживания карбидообразующих металлов, образования карбида кремния.	
ПК-2: Способен планировать, разрабатывать и проводить экспериментальные исследования процессов получения высокотемпературных и сверхтвёрдых материалов (ВТиСТМ) (в том числе с наноструктурой) для использования в различных функциональных системах	
Знать:	
ПК-2-312 Формы и регламенты внесения и согласования предложений	
ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов и знаний в междисциплинарных областях	
Знать:	
ОПК-1-322 Технологические особенности получения УУККМ, основные свойства, применение и перспективы развития класса УУККМ и УУККМ.	
ПК-2: Способен планировать, разрабатывать и проводить экспериментальные исследования процессов получения высокотемпературных и сверхтвёрдых материалов (ВТиСТМ) (в том числе с наноструктурой) для использования в различных функциональных системах	
Знать:	
ПК-2-31 Модели описания изменения параметров в процессе эксплуатации и обработки	

ПК-2-32 Карты инженерных, эксплуатационных, технологических свойств материалов
ПК-2-33 Модели (закономерности), описывающие связи между параметрами внешних условий эксплуатации и обработки и параметрами строения (состава и структуры):
ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов и знаний в междисциплинарных областях
Знать:
ОПК-1-319 Основные закономерности пропитки пористых углеродных основ расплавом.
ПК-2: Способен планировать, разрабатывать и проводить экспериментальные исследования процессов получения высокотемпературных и сверхтвёрдых материалов (ВТиСТМ) (в том числе с наноструктурой) для использования в различных функциональных системах
Знать:
ПК-2-34 теории эволюции структуры и состава материалов при внешних термических, термомеханических и др. воздействиях;
ПК-2-36 Модели (закономерности), описывающие связи между параметрами структуры и параметрами физических, химических и механических свойств
ПК-2-37 Подходы к описанию связей между параметрами физических, механических и химических свойств и параметрами структуры материалов (например: модель дисперсионного упрочнения, модель Холла-Петча, модель структурной сверхпластичности и др.)
ПК-2-38 Модели (закономерности), описывающие связи между параметрами физических, химических и механических свойств и параметрами эксплуатационных, технологических и инженерных свойств
ПК-2-39 Подходы к описанию связей между параметрами физических, механических и химических свойств и параметрами эксплуатационных, технологических и инженерных свойств (например: модель коррозионного растрескивания под напряжением, модель жаропрочности (ползучести), модель усталости и др.)
ПК-2-310 Технические характеристики, назначение, принципы и регламенты работы лабораторного технологического оборудования и технологические приемы работы на нем
ПК-2-311 Технические характеристики, назначение, принципы и регламенты работы контрольного, измерительного и испытательного оборудования
ПК-2-35 модели эволюции дефектной структуры кристаллов;
ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов и знаний в междисциплинарных областях
Знать:
ОПК-1-318 Обоснование необходимости создания углерод-углеродкарбидокремниевых материалов (УУККМ).
ОПК-1-321 Способы формирования керамической матрицы.
ОПК-1-316 Матрицы углерод-углеродных композиционных материалов: пироуглеродная, пековая, стеклоуглеродная.
ОПК-1-32 Строение атома углерода, валентные состояния атома углерода, характеристики углерод-углеродных связей: длину связи и ее порядок, силовые постоянные связей, энергию связей.
ОПК-1-33 Структурные составляющие углерода, механизмы структурных превращений углерода при термической обработке, основные теории графитации.
ОПК-1-34 Аллотропные формы углерода и переходные формы углерода (неупорядоченный углерод).
ОПК-1-35 Требования к органическим волокнам для переработки, основные виды органических волокон для последующего получения углеродного волокна.
ОПК-1-36 Химические превращения при формировании углеродных волокон.
ОПК-1-37 Технологию получения углеродных волокон на основе полиакрилонитрила, пека, и гидратцеллюлозы.
ОПК-1-38 Способ расчета прочностных параметров прочностных параметров углеродного волокна при растяжении.
ОПК-1-39 Процессы, протекающие при окислении ПАН-волокна.
ОПК-1-310 Процессы, протекающие при высокотемпературной обработке окисленного ПАН-волокна.
ОПК-1-311 Влияние условий вытяжки и газовой среды на кристаллическую структуру высокомолекулярных углеродных волокон на основе полиакрилонитрила.
ОПК-1-312 Способ исследования структуры углеродных волокон после различных термомеханических воздействий методом рентгеноструктурного анализа.
ОПК-1-313 Морфологическое строение углеродного волокна.
ОПК-1-314 Геометрию строения объемных структур из углеродного волокна, используемых при получении УУКМ.

ОПК-1-315 Факторы, определяющие прочность композиционных материалов при растяжении (влияние ориентации волокна на прочностные свойства); прочностные свойства КМ, армированных дискретными волокнами; особенности разрушения КМ.
ОПК-1-317 Способы определения температуры при получении углеродных материалов в условиях, в которых невозможно проведение измерений термометрами, пирометрами и имеются теневые зоны высокотемпературного оборудования.
ПК-2: Способен планировать, разрабатывать и проводить экспериментальные исследования процессов получения высокотемпературных и сверхтвёрдых материалов (ВТиСТМ) (в том числе с наноструктурой) для использования в различных функциональных системах
Знать:
ПК-2-313 Основные рабочие параметры лабораторного технологического оборудования, используемого для моделирования, а также аналогичных параметров соответствующего ему технологического процесса
Уметь:
ПК-2-У1 Формулировать техническое задание на разработку, включающее требования к новым материалам
ПК-2-У2 Разрабатывать рекомендации по изменению состава, структуры, режимов и способов обработки материалов
ПК-2-У3 Осуществлять технологические операции по созданию образцов нового материала на лабораторном технологическом оборудовании
ПК-2-У4 Анализировать результаты проведенных испытаний образцов материалов
ПК-2-У5 Разрабатывать, вносить и согласовывать рекомендации и предложения по изменению технологического регламента производства нанопродукции
ПК-2-У6 Управлять рабочими параметрами лабораторного технологического оборудования таким образом, чтобы они обеспечивали максимальное соответствие технологического процесса, проводимого в ходе лабораторного моделирования, производственному технологическому процессу
ПК-2-У7 Анализировать результаты исследований: устанавливать закономерности связей параметров структуры материалов и параметров внешних условий, моделирующих условия эксплуатации, и оценивать возможность переноса модельных результатов на поведение материала в реальных условиях эксплуатации
ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов и знаний в междисциплинарных областях
Уметь:
ОПК-1-У4 Рассчитывать прочностные параметры углеродного волокна при растяжении по полученным экспериментальным данным: прочности, модулю упругости, относительному удлинению.
ОПК-1-У6 Определять глубину пропитки пористых углеродных материалов металлами расчетами по уравнениям, не требующих специальных программ.
ОПК-1-У5 Определять время и темп нагрева в процессе карбонизации полноразмерных образцов углеродных материалов на основании экспериментальных данных на уменьшенных образцах, составлять график карбонизации.
ПК-2: Способен планировать, разрабатывать и проводить экспериментальные исследования процессов получения высокотемпературных и сверхтвёрдых материалов (ВТиСТМ) (в том числе с наноструктурой) для использования в различных функциональных системах
Уметь:
ПК-2-У8 Устанавливать закономерности связей параметров структуры материалов и параметров физических, химических и механических свойств и оценивать возможность переноса модельных результатов на поведение материала в реальных условиях
ОПК-1: Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов и знаний в междисциплинарных областях
Уметь:
ОПК-1-У3 Степень графитации углеродных материалов.
ОПК-1-У2 Определять области фазового состояния углерода и вид его аллотропной формы в зависимости от Р-Т параметров.
ОПК-1-У1 Определять длины углерод-углеродных связей, силовые постоянные связей и энергию связей по порядку связи.
ОПК-1-У7 Выводить уравнение для зародышеобразования карбида кремния.
ПК-2: Способен планировать, разрабатывать и проводить экспериментальные исследования процессов получения высокотемпературных и сверхтвёрдых материалов (ВТиСТМ) (в том числе с наноструктурой) для использования в различных функциональных системах
Уметь:
ПК-2-У9 Устанавливать закономерности связей параметров физических, химических и механических свойств с эксплуатационными, технологическими и инженерными свойствами и оценивать возможность переноса модельных

результатов на поведение материала в реальных условиях

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	Раздел 1. Определение и назначение УУКМ, строение атома углерода, диаграмма состояния углерода, структурные особенности и свойства различных форм углерода.							
1.1	Определения композиционных материалов и УУКМ, классификация композиционных материалов, назначение УУКМ. /Лек/	3	1	ОПК-1-31	Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9			
1.2	Атом углерода, валентные состояния атома углерода (тетрагональная, тригональная, диагональная модели). Характеристика углерод-углеродных связей: длина связи и ее порядок, силовые постоянные связей, энергия связей /Лек/	3	1	ОПК-1-32	Л1.1Л2.1			
1.3	Аллотропные формы углерода – алмаз, лонсдейлит, графит, карбин, графен, фуллерены, нанотрубки и переходные формы углерода (неупорядоченный углерод). /Лек/	3	1	ОПК-1-34	Л1.1 Л1.2 Л1.4 Л1.5Л2.1			
1.4	Структурные составляющие углерода (G0, G1, G2). Механизмы структурных превращений углерода при термической обработке, основные теории графитации (гомогенная и гетерогенная графитация). /Лек/	3	1	ОПК-1-33	Л1.1			
1.5	Определение длины углерод-углеродных связей, силовой постоянной и энергии связи по порядку связи. /Пр/	3	2	ОПК-1-У1	Л1.2			
1.6	Определение областей фазового состояния углерода и вида его аллотропной формы в зависимости от Р-Т параметров. /Пр/	3	2	ОПК-1-У2	Л2.1			
1.7	Определение степени графитации углеродных материалов. /Пр/	3	3	ОПК-1-У3 ПК-2-34 ПК-2-35	Л1.1			
1.8	Самостоятельная работа по подготовке к лекциям. /Ср/	3	12	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34	Л1.2 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8Л2.1		КМ1	

	Раздел 2. Исходные материалы и химические превращения при формировании углеродных волокон.							
2.1	Требования к органическим волокнам для переработки, основные виды органических волокон для последующего получения углеродного волокна /Лек/	3	1	ОПК-1-35	Л1.3			
2.2	Химические превращения при формировании углеродных волокон. /Лек/	3	1	ОПК-1-36 ПК-2-34 ПК-2-35	Л1.6 Л1.7			
2.3	Самостоятельная работа по подготовке к лекциям. /Ср/	3	5	ОПК-1-35 ОПК-1-36 ПК-2-34 ПК-2-35	Л1.3 Л1.7		КМ1	Р1
	Раздел 3. Получение исходных углеродных волокнистых материалов и их свойства.							
3.1	Технология получения углеродных волокон на основе полиакрилонитрила, пека и гидратцеллюлозы. /Лек/	3	1	ОПК-1-37	Л1.6 Л1.7			
3.2	Морфологическое строение углеродного волокна и физико-механические свойства. /Лек/	3	1	ОПК-1-313 ПК-2-35 ПК-2-39	Л1.6 Л1.7			
3.3	Рассчитать прочностные параметры углеродного волокна при растяжении по полученным экспериментальным данным: прочность, модуль упругости, относительное удлинение. /Пр/	3	3	ОПК-1-У4 ПК-2-У4	Л1.3 Л1.6			
3.4	Разрабатывать рекомендации по изменению состава, структуры, режимов и способов обработки материалов. /Ср/	3	2	ПК-2-У2	Л1.2			
3.5	Окисление ПАН-волокна. /Ср/	3	4	ОПК-1-39	Л1.6			
3.6	Высокотемпературная обработка окисленного ПАН-волокна. /Ср/	3	4	ОПК-1-310	Л1.6			
3.7	Влияние условий вытяжки и газовой среды на кристаллическую структуру и свойства высокомодульных углеродных волокон на основе полиакрилонитрила. /Ср/	3	2	ОПК-1-311 ПК-2-33	Л1.6			
3.8	Способ исследования структуры углеродных волокон после различных термомеханических воздействий методом рентгеноструктурного анализа. /Ср/	3	2	ОПК-1-38	Л1.7			

3.9	Самостоятельная работа по подготовке к лекциям /Ср/	3	6	ОПК-1-37 ОПК-1-38 ОПК-1-39 ОПК-1-310 ОПК-1-311 ОПК-1-312 ОПК-1-313 ПК -2-35	Л1.6 Л1.7		КМ1	
	Раздел 4. Технологические особенности получения УУКМ, свойства и применение.							
4.1	Геометрическое строение объемных структур (каркасов) из углеродного волокна, используемых при получении УУКМ. /Лек/	3	1	ОПК-1-314 ПК -2-311	Л1.6 Л1.7 Л1.8			
4.2	Прочность КМ при растяжении; влияние ориентации волокон на прочностные свойства КМ; прочностные свойства КМ, армированных дискретными волокнами; особенности разрушения КМ. /Лек/	3	1	ОПК-1-315	Л1.6 Л1.7 Л1.8			
4.3	Матрицы углерод-углеродных композиционных материалов. Пиролитический углерод, основные виды, способы получения. свойства. Характеристики пеков, химические, физические и механические свойства углерода на основе пека. Характеристики пеков, химические, физические и механические свойства углерода на основе пека /Лек/	3	1	ОПК-1-316 ПК -2-32 ПК-2-36	Л1.6 Л1.7 Л1.8			
4.4	Технологии получения, свойства УУКМ и влияние технологических факторов на свойства, применение УУКМ. /Лек/	3	1	ОПК-1-37 ПК- 2-34	Л1.6 Л1.7 Л1.8			
4.5	Определение времени и темпа (скорости) нагрева в процессе карбонизации полноразмерных образцов углеродных материалов на основании экспериментальных данных на уменьшенных образцах, составление графика режима карбонизации. /Пр/	3	2	ОПК-1-У5 ПК -2-31	Л1.1			

4.6	Осуществлять технологические операции по созданию образцов нового материала на лабораторном технологическом оборудовании. /Ср/	3	2	ПК-2-У2 ПК-2-У3	Л1.6			
4.7	Анализировать результаты проведенных испытаний образцов материалов. /Ср/	3	2	ПК-2-У4	Л1.6			
4.8	Управлять рабочими параметрами лабораторного технологического оборудования таким образом, чтобы они обеспечивали максимальное соответствие технологического процесса, проводимого в ходе лабораторного моделирования, производственному технологическому процессу (карбонизация). /Ср/	3	2	ПК-2-У6	Л1.1			
4.9	Способы измерения температуры при получении углеродистых материалов в условиях, в которых невозможно проведение измерений термометрами, пирометрами и имеются теневые зоны высокотемпературного оборудования. /Ср/	3	2	ОПК-1-317	Л1.1			
4.10	Технические характеристики, назначение, принципы работы контрольного, измерительного и испытательного оборудования (на примере работы кварцевого dilatометра). /Ср/	3	2	ПК-2-311	Л1.6			
4.11	Самостоятельная работа по подготовке к лекциям. /Ср/	3	10	ОПК-1-314 ОПК-1-315 ОПК-1-316 ОПК-1-317 ПК-2-32 ПК-2-34 ПК-2-36 ПК-2-311	Л1.6 Л1.7 Л1.8		КМ1	
	Раздел 5. Обоснование необходимости создания углерод-углеродкарбидокремниевых материалов (УУККМ), основные закономерности процессов пропитки пористых углеродных основ и науглероживания карбидообразующих металлов, карбидообразования, формирование керамической матрицы.							

5.1	Обоснование необходимости создания углерод-углеродкарбидокремниевых материалов (УУККМ). /Лек/	3	1	ОПК-1-318	Л1.6			
5.2	Основные закономерности пропитки пористых углеродных основ расплавами. /Лек/	3	1	ОПК-1-319 ПК-2-37 ПК-2-38 ПК-2-311 ПК-2-312 ПК-2-313	Л1.7			
5.3	Основные закономерности процессов науглероживания карбидообразующих металлов, образования карбида кремния. /Лек/	3	1	ОПК-1-320 ПК-2-34	Л1.7			
5.4	Формирование керамической матрицы. /Лек/	3	1	ОПК-1-321	Л1.6			
5.5	Определение глубины пропитки углеродных материалов металлами расчетом по уравнениям, не требующих применения специальных программ. /Пр/	3	3	ОПК-1-У6 ПК-2-38	Л1.7			
5.6	Выводы уравнения для зародышеобразования карбида кремния. /Пр/	3	2	ОПК-1-У7	Л1.7			
5.7	Технические характеристики, назначение и регламенты работы технологического оборудования и технологические приемы работы на нем (на примере установки для исследования кинетики пропитки и роста карбидного слоя). /Ср/	3	1	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-33 ПК-2-34 ПК-2-36 ПК-2-310 ПК-2-У1 ПК-2-У2 ПК-2-У3 ПК-2-У4 ПК-2-У5 ПК-2-У6 ПК-2-У7 ПК-2-У8 ПК-2-У9	Л1.7			
5.8	Самостоятельная работа по подготовке к лекциям. /Ср/	3	10	ОПК-1-318 ОПК-1-319 ОПК-1-320 ОПК-1-321 ПК-2-34 ПК-2-38	Л1.6 Л1.7		КМ1	
	Раздел 6. Технологические особенности получения УУККМ, основные свойства, применение и перспективы развития материалов класса УУКМ и УУККМ.							
6.1	Технологические особенности получения УУККМ, основные свойства, применение и перспективы развития материалов класса УУКМ и УУККМ. /Лек/	3	1	ОПК-1-322 ПК-2-32	Л1.6			
6.2	Формулировать техническое задание на разработку, включающее требования к новым материалам. /Ср/	3	1	ПК-2-У1	Л1.6			

6.3	Разработка и исследование армированных углеродных материалов с керамической защитой от окисления в воздушных потоках. /Ср/	3	1	ПК-2-34	Л1.7			
6.4	Самостоятельна работа по подготовке к лекциям. /Ср/	3	4	ОПК-1-322 ПК-2-32	Л1.6		КМ1	

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Вопросы для самостоятельной подготовки	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-33;ОПК-1-34;ОПК-1-35;ОПК-1-36;ОПК-1-37;ОПК-1-38;ОПК-1-39;ОПК-1-310;ОПК-1-311;ОПК-1-312;ОПК-1-313;ОПК-1-314;ОПК-1-315;ОПК-1-316;ОПК-1-317;ОПК-1-318;ОПК-1-319;ОПК-1-320;ОПК-1-321;ОПК-1-322;ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-33;ПК-2-34;ПК-2-35;ПК-2-36;ПК-2-37;ПК-2-38;ПК-2-39;ПК-2-310;ПК-2-311;ПК-2-312;ПК-2-313;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-У3;ОПК-1-У4;ОПК-1-У5;ОПК-1-У6;ОПК-1-У7;ПК-2-У1;ПК-2-У3;ПК-2-У2;ПК-2-У4;ПК-2-У5;ПК-2-У6;ПК-2-У7;ПК-2-У8;ПК-2-У9	<ol style="list-style-type: none"> 1. Определение композиционных материалов, углерод-углеродные композиционные материалы (УУКМ), классификация композиционных материалов, назначение УУКМ 2. Атом углерода, валентные состояния атома углерода (тетрагональная, тригональная, диагональная модели) 3. Характеристика углерод-углеродных связей: длина связи и ее порядок, силовые постоянные связей, энергия связей 4. Диаграмма состояния углерода (ее модификации), области существования твердого углерода (алмаз, графит), жидкого углерода, паровой фазы углерода 5. Аллотропные формы углерода – алмаз, лонсдейлит, графит, карбин, фуллерены, нанотрубки, и переходные формы углерода (неупорядоченный углерод) 6. Структурные составляющие углерода 7. Основные теории графитации (в кратком изложении каждой теории) 8. Карбидная (химическая) теория графитации, теория рекристаллизации, теория удаления примесных атомов 9. Теории графитации Ричардса, Касаточкина, Франклин 10. Теории графитации Варшавского, Шулепова, Нагорного 11. Степень графитации, основные факторы, определяющие процесс графитации 12. Кинетика графитации 13. Требования к органическим волокнам для переработки, основные виды органических волокон для последующего получения углеродного волокна 14. Химические превращения при формировании углеродных волокон 15. Технология получения углеродных волокон на основе полиакрилонитрила 16. Технология получения углеродных волокон на основе пека 17. Технология получения волокон на основе гидратцеллюлозы 18. Морфологическое строение углеродного волокна, существующие модели строения углеродного волокна 19. Изменение свойств углеродных волокон на основе ПАН от температуры обработки 20. Физико-механические свойства углеродных волокон 21. Геометрическое строение объемных структур (каркасов) из углеродного волокна, используемых при получении УУКМ 22. Пиролитический углерод, основные виды, основные способы получения, свойства 23. Стеклоуглерод, модели структуры, способы получения, свойства 24. Характеристики пеков, химические, физические и механические свойства углерода на основе пека 25. Технологии получения УУКМ на основе углеродных волокон (стержней), свойства и влияние некоторых технологических факторов на их свойства 26. Технология получения УУКМ на основе углеродных тканей, свойства и влияние некоторых технологических факторов на их свойства

			<p>27. Комбинированный способ создания матриц и термомеханическое уплотнение</p> <p>28. Прочность КМ при растяжении; влияние ориентации волокон на прочностные свойства КМ; прочностные свойства КМ, армированных дискретными волокнами; особенности разрушения КМ</p> <p>30. Обоснование необходимости создания углеродкарбидокремниевых композиционных материалов</p> <p>31. Теоретические основы пропитки, пропитка сквозных капилляров</p> <p>32. Пропитка тупиковых капилляров вязкими жидкостями</p> <p>33. Пропитка за счет растекания расплава по стенке капилляра</p> <p>34. Основные уравнения пропитки расплавами карбидообразующих металлов углеродных материалов и их применимость в реальных условиях, способы исследования кинетики пропитки углеродных материалов расплавами карбидообразующих металлов</p> <p>36. Влияние технологических факторов на процесс объемного силицирования пористых заготовок</p> <p>37. Науглероживание расплавов карбидообразующих металлов</p> <p>38. Возможные механизмы образования карбида кремния при взаимодействии жидкого кремния с углеродом (диффузионный, растворения-осаждения, комбинированный)</p> <p>39. Результаты экспериментальных исследований механизма карбидообразования при взаимодействии жидкого кремния с углеродными материалами с различной надкристаллитной структурой</p> <p>40. Особенности создания конструкционных углерод-керамических материалов, формирование керамической матрицы</p> <p>41. Методы исследования кинетики образования карбида кремния при контакте жидкого кремния с графитом</p> <p>42. Особенности получения углерод-керамических композиционных материалов типа «Гравимол», «Фэбус» и других материалов, основные свойства, применение</p> <p>43. Окисление углерод-углеродных и углеродкарбидокремниевых материалов</p> <p>44. Перспективы развития материалов класса УУКМ и УККМ, сравнение различных технологий</p> <p>45. Области применения УККМ</p>
--	--	--	---

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Контрольная работа №1	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-33;ОПК-1-34;ОПК-1-35;ОПК-1-36;ОПК-1-37;ОПК-1-38;ОПК-1-39;ОПК-1-310;ОПК-1-311;ОПК-1-312;ОПК-1-313;ОПК-1-314;ОПК-1-315;ОПК-1-316;ОПК-1-317;ОПК-1-318;ОПК-1-319;ОПК-1-320	<p>Задание 1</p> <p>Выберите наиболее правильное определение композиционных материалов</p> <p>Вариант 1:</p> <p>Композиционные материалы – материалы, представляющие собой гетерофазные системы, получаемые из двух или более компонентов с сохранением индивидуальности каждого отдельного компонента. КМ является однородным в макромасштабе и неоднородным в микромасштабе, компоненты различаются по свойствам и между ними присутствует граница раздела. Свойства КМ определяются свойствами компонентов и уровнем их взаимодействия, механизмом деформации.</p> <p>Вариант 2:</p> <p>Композиционные материалы – материалы, представляющие собой гетерофазные системы, получаемые из двух или более компонентов. КМ является однородным в макромасштабе и неоднородным в микромасштабе, компоненты различаются по свойствам и между ними присутствует граница раздела. Свойства КМ определяются свойствами компонентов и уровнем их взаимодействия, механизмом деформации.</p> <p>Вариант 3:</p> <p>Композиционные материалы – материалы, представляющие собой гетерофазные системы, получаемые из двух или более</p>

		<p>компонентов. Компоненты различаются по свойствам и между ними присутствует граница раздела. Свойства КМ определяются свойствами компонентов и уровнем их взаимодействия, механизмом деформации.</p> <p>Задание 2 Из представленных вариантов укажите правильный ответ по недостаткам углеродных материалов</p> <p>Вариант 1: 1. относительно низкий модуль упругости; 2. низкая стойкость против окисления; 3. низкая стойкость против эрозионного воздействия частиц.</p> <p>Вариант 2: 1. низкая стойкость против окисления; 2. низкая стойкость против эрозионного воздействия частиц.</p> <p>Задание 3 Перечислите основные свойства УУКМ, которые делают эти материалы незаменимыми для жаростойких конструкций</p> <p>Вариант 1: 1. низкая плотность; 2. высокие удельные прочностные характеристики; 3. стойкость к абляции; 4. сохранение свойств при температуре 2000 – 2500 °С; 5. высокая ударная вязкость; 6. стойкость к термическому удару; 7. стойкость в агрессивных средах.</p> <p>Вариант 2: 1. низкая плотность; 2. высокие удельные прочностные характеристики; 3. стойкость к абляции; 4. высокая ударная вязкость; 5. стойкость к термическому удару; 6. стойкость в агрессивных средах.</p> <p>Задание 4 Какой тип связи в молекуле этилена?</p> <p>Вариант 1: тригональный.</p> <p>Вариант 2: диагональный.</p> <p>Задание 5 Какой тип связи в молекуле этана?</p> <p>Вариант 1: тригональный.</p> <p>Вариант 2: тетрагональный.</p> <p>Задание 6 Какой тип связи в молекуле ацетилена?</p> <p>Вариант 1: тригональный.</p> <p>Вариант 2: диагональный.</p> <p>Задание 7 Выберите правильную формулировку для силовой постоянной</p>
--	--	---

			<p>связи</p> <p>Вариант 1: это сила, удерживающая атомы при их смещении от положения равновесия на 0,01 м.</p> <p>Вариант 2: это сила, удерживающая атомы при их смещении от положения равновесия на 1 нм.</p> <p>Задание 8 Дайте определение энергии связи</p> <p>Вариант 1: это энергия, рассчитанная на г-моль вещества, то есть при этом имеется в виду разрыв связи не в одной молекуле, а в $6,023 \cdot 10^{23}$ степени).</p> <p>Вариант 2: это энергия, рассчитанная на разрыв связи в одной молекуле.</p> <p>Задание 9 Какова разница в энергии связей в слое и между слоями для графита?</p> <p>Вариант 1: энергия связей в слое больше энергии связей между слоями в 10 раз.</p> <p>Вариант 2: энергия связей в слое больше энергии связей между слоями в 100 раз.</p> <p>Задание 10 Укажите, сколько видов последовательного расположения атомов в соседних слоях может быть в структуре двойниковых границ?</p> <p>Вариант 1: четыре.</p> <p>Вариант 2: три.</p> <p>Задание 11 Что представляет собой гомогенная графитация? Вариант 1: гомогенная графитация происходит в углеродных материалах, в которых кристаллиты находятся в параллельной ориентации, а перекрестные связи между ними слабые. При нагревании этих материалов на рентгенограммах наблюдается непрерывный переход от не графитовой структуры к графитовой.</p> <p>Вариант 2: предполагается, что в процессе графитации движутся целые слои, в этом случае легко объяснить влияние межкристаллитной пористости и перекрестных связей на замедление и препятствие процессу.</p> <p>Задание 12 Что представляет собой гетерогенная графитация? Вариант 1: гетерогенная графитация происходит в углеродных материалах с сильными перекрестными связями. В процессе гетерогенной графитации на рентгенограммах обнаруживается смесь «аморфного» материала с высокоупрядоченным углеродом (с</p>
--	--	--	--

			высокой степенью совершенства кристаллической структуры). Вариант 2: гетерогенная графитация происходит в углеродных материалах со значительной разориентацией кристаллитов друг относительно друга.
--	--	--	--

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

По данному курсу предусмотрен экзамен. Пример экзаменационного билета размещен в вопросах для самостоятельной подготовки к экзамену.

Экзаменационный билет состоит из 3 вопросов и 1 задачи.

Пример экзаменационного билета:

1. Характеристика углерод-углеродных связей, длина связи и ее порядок, силовые постоянные связей, энергия связей. (УК-1-31).
2. Изменение свойств углеродных волокон на основе ПАН от температуры обработки. (УК-1-31, ПК-2-312, ПК-2-38, ПК-2-39).
3. Особенности получения углерод-керамических материалов типа "Гравимол", "Фэбус" и других материалов, основные свойства, применение. (УК-1-31, ПК-2-36).
4. Рассчитать глубину пропитки расплавом углерод-углеродного материала (исходные данные прилагаются). (ПК-2-314).

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Шкала оценивания знаний обучающихся на экзамене

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

Оценка «не явка» – обучающийся на экзамен не явился.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Крутский Ю. Л.	Производство углеграфитовых материалов: учебное пособие	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012
Л1.2	Новгородова М. И.	Кристаллохимия природных полиморфов углерода: монография	Электронная библиотека	Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2009
Л1.3	Красина И. В., Парсанов А. С., Панкова Е. А.	Натуральные текстильные волокна и методы их модификации: учебное пособие	Электронная библиотека	Казань: Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2018
Л1.4	Столяров Р. А., Буракова И. В., Бураков А. Е.	Наногуглеродные функциональные материалы и покрытия: учебное электронное издание: учебное пособие	Электронная библиотека	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2018
Л1.5	Харрис П., Чернозатонский Л. А.	Углеродные нанотрубы и родственные структуры. Новые материалы XXI века: Пер. с англ.	Библиотека МИСиС	М.: Техносфера, 2003
Л1.6	Варенков А. Н., Донских Н. М.	Композиционные материалы: Учеб. пособие по выполнению курсовой работы для студ. спец. 070800	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2000

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.7	Варенков А. Н.	Физико-химия и технология армированных композиционных материалов на основе металлических матриц: Разд.: Углеалюминиевые композиционные материалы: Учеб. пособие для студ. спец. 070800 'Физ.-хим. методы исслед. процессов и материалов'	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1997
Л1.8	Блинков И. В., Челноков В. С.	Композиционные материалы: учеб. пособие для студ. вузов напр. 651800-Физическое материаловедение и спец. 070800-Физ.-хим. методы исслед. процессов и материалов	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2004
Л1.9	Шуваева Е. А., Перминов А. С.	Материаловедение. Неметаллические и композиционные материалы: курс лекций: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. - Metallurgy	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2013

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Лаптев А. И., Ермолаев А. А.	Сверхтвердые материалы. Особенности структуры углеродистых материалов и основы термодинамики их превращения в алмаз: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2007

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft PowerPoint
П.2	Microsoft Excel
П.3	Microsoft Office

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	www.sciencedirect.com
И.2	www.elsevier.com/locate/jeurceramsoc
И.3	Springer Science + Business Media, Inc
И.4	www.elsevier.com/locate/IJRMHM
И.5	www.elsevier.com/locate/msea
И.6	www.elsevier.com/locate/ceramint
И.7	www.elsevier.com/locate/carbon

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Холл библиотеки (Б)		25 компьютеров, комплект специализированной мебели
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

А-104	Лаборатория Техники физико-химического эксперимента:	рабочее места преподавателя, комплект учебной мебели для обучающихся. Лабораторный стенд для измерения температуры термометрами сопротивления и термопарами; лабораторные установки для измерение температуры оптическим пирометром и его поверки (2 шт); лабораторный стенд для регулирования и контроля малых потоков газа; лабораторный стенд для создания газовых потоков и измерения расхода газа; лабораторный стенд для измерения вакуума датчиками ПМТ и ПМИ с использованием ВИТ; лабораторный стенд для измерения вакуума компрессионным манометром и градуировки термпарного манометра; лабораторная установка для изучения устройства и принципа работы мембранного насоса; лабораторная установка для изучения устройства и принципа работы диффузионного насоса (вакуумная станция, вакуумная трубчатая печь)
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Лекционные занятия нацелены на изучение студентами теоретических и практических основ разработки углерод-углеродных и углеродкарбидокремниевых материалов на основе волокнистых наполнителей, выбору сырьевых материалов для заданных условий эксплуатации. Практические занятия нацелены на изучение основных стадий получения углеродкарбидокремниевых материалов на основе волокнистых наполнителей, изучение влияния различных факторов на процесс силицирования углерод-углеродных материалов, а также способов количественной оценки процесса графитации. Проведение аудиторных занятий предусматривает использование в учебном курсе активных и интерактивных технологий: - проведение лекций с использованием интерактивных и мультимедийных технологий (презентация в формате PowerPoint);

Дисциплина требует значительного объема самостоятельной работы перед лекциями и практическими занятиями.