

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 31.08.2023 10:03:49

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Графитовые и углеродкарбидокремниевые материалы на основе порошкообразных наполнителей

Закреплена за подразделением Кафедра функциональных наносистем и высокотемпературных материалов

Направление подготовки 22.04.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль Высокотемпературные и сверхтвёрдые материалы

Квалификация **Магистр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 144

в том числе:

аудиторные занятия 34

самостоятельная работа 74

часов на контроль 36

Формы контроля в семестрах:
экзамен 3

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Неделя	19			
Вид занятий	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, профессор, Бубненко Игорь Анатольевич

Рабочая программа

Графитовые и углеродкарбидокремниевые материалы на основе порошкообразных наполнителей

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-23-1.plx Высокотемпературные и сверхтвердые материалы, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.01 Материаловедение и технологии материалов, Высокотемпературные и сверхтвердые материалы, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

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 освоения дисциплины – получить знания, умение и навыки в области разработки и изучения свойств конструкционных углеграфитовых и углеродкерамических композиционных материалов на основе порошковых наполнителей, технологических процессов их получения.
1.2	Задачи дисциплины – научить:
1.3	- теоретическим и практическим основам разработки углеграфитовых и углеродкарбидокремниевых материалов на основе порошкообразных наполнителей;
1.4	- выбирать технологические схемы получения углеграфитовых и углеродкарбидокремниевых материалов с заданными свойствами;
1.5	- анализировать процессы, протекающие при получении и эксплуатации углеграфитовых и углеродкарбидокремниевых материалов;
1.6	- контролировать свойства углеграфитовых и углеродкарбидокремниевых материалов.

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

ПК-2: Способен планировать, разрабатывать и проводить экспериментальные исследования процессов получения высокотемпературных и сверхтвёрдых материалов (ВТнСТМ) (в том числе с наноструктурой) для использования в различных функциональных системах	
Знать:	
ПК-2-35 теории эволюции структуры и состава материалов при внешних термических, термомеханических и др. воздействиях;	
ПК-2-34 Модели (закономерности), описывающие связи между параметрами внешних условий эксплуатации и обработки и параметрами строения (состава и структуры):	
ПК-2-37 модели возврата и рекристаллизации;	
ПК-2-36 модели эволюции дефектной структуры кристаллов;	
ПК-2-33 Карты инженерных, эксплуатационных, технологических свойств материалов	
ПК-2-31 Модели, описывающие условия обработки материалов, и модели, описывающие условия эксплуатации материалов, в терминах характеристик внешних воздействий	
ПК-2-31 Модели описания эволюции структуры материала на различных масштабных уровнях в терминах физики, химии и механики твердого тела	
ПК-2-32 Модели, описывающие взаимосвязь физических, химических и механических свойств материалов (например, модели кристаллофизики: модели пьезоэлектрического эффекта, эффекта Пельтье, электрооптического эффекта, магнитотермического эффекта, магнитомеханического эффекта)	
ПК-2-31 Модели описания изменения параметров в процессе эксплуатации и обработки	
ПК-2-314 Технические характеристики, назначение, принципы и регламенты работы контрольного, измерительного и испытательного оборудования	
ПК-2-313 Технические характеристики, назначение, принципы и регламенты работы лабораторного технологического	

оборудования и технологические приемы работы на нем
ПК-2-316 Основные рабочие параметры лабораторного технологического оборудования, используемого для моделирования, а также аналогичных параметров соответствующего ему технологического процесса
ПК-2-315 Формы и регламенты внесения и согласования предложений
ПК-2-312 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-2-39 Модели (закономерности), описывающие связи между параметрами структуры и параметрами физических, химических и механических свойств
ПК-2-38 модели фазовых превращений и др.
ПК-2-311 Модели (закономерности), описывающие связи между параметрами физических, химических и механических свойств и параметрами эксплуатационных, технологических и инженерных свойств
ПК-2-310 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.)
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-1-39 Механизмы процессов смешивания, сравнительную характеристику различных методов формования, процессы, происходящие при уплотнении углеродных порошков в прессформе.
ОПК-1-37 Математическое моделирование процессов графитации.
ОПК-1-310 Температурные стадии процесса спекания, физико-химические процессы, протекающие при графитации, теории графитации.
ОПК-1-312 Влияние различных факторов на фазовый состав силицированного графита, его свойства, применение.
ОПК-1-311 Основы капиллярной технологии (процессы смачивания, растекания, капиллярной пропитки).
ОПК-1-36 Технологические переделы и физико-химические процессы при получении графитовых и углеродкарбидокремниевых материалов на основе порошковых наполнителей (прокаливание кокса, измельчение, классификация).
ОПК-1-32 Структуру и свойства наполнителей и связующих, свойства искусственных графитов, зависимость окисления искусственных графитов от различных параметров, зависимость износа при трении от структуры углеродного материала.
ОПК-1-31 Углерод и его свойства.
ОПК-1-33 Механизмы разрушения графитовых материалов, интеркристаллитное разрушение.
ОПК-1-35 Изменение свойств конструкционного графита при облучении.
ОПК-1-34 Зависимость теплопроводности мелкозернистого графита от теплоемкости; изменение теплопроводности, температуропроводности и теплоемкости от температуры.
ОПК-1-313 Технологические схемы получения силицированного графита.
ОПК-1-316 Зависимость свойств рекристаллизованных графитов от количества и природы карбидообразующих элементов.
ОПК-1-38 Формирование пористой структуры углеродных материалов, классификацию углеродных материалов, используемое оборудование, методы оценки размеров частиц.
ОПК-1-314 Основные закономерности каталитической графитации, технологические особенности получения рекристаллизованных графитов.
ОПК-1-315 Основные механизмы совершенствования кристаллической структуры искусственных графитов в процессах термомеханической и термомеханохимической обработки.
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-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
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
ПК-2-У4 Анализировать результаты проведенных испытаний образцов материалов

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
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-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-У5 Разрабатывать, вносить и согласовывать рекомендации и предложения по изменению технологического регламента производства нанопродукции
ПК-2-У1 Формулировать техническое задание на разработку, включающее требования к новым материалам
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-У7 Аналитически описать эффект ускоренного испарения углерода из металл-углеродных эвтектик.
ОПК-1-У6 Вывести уравнение продвижения фронта графитации при одновременном действии обоих факторов.
ОПК-1-У5 Вывести уравнение продвижения фронта жидкофазной графитации на основании механизмов образования микротрещин, поступления расплава к фронту графитации.
ОПК-1-У4 Рассчитать высоту карбидного слоя при пропитке пористого графита кремнием, определить время перекрытия капилляров.
ОПК-1-У3 Рассчитать глубину пропитки кремнием и цирконием углеродных основ различных типов.
ОПК-1-У1 Рассчитывать критерии термстойкости и трещиностойкости для различных видов графитов.
ОПК-1-У2 Рассчитать темп нагрева и время спекания крупногабаритных графитовых заготовок.
Владеть:
ОПК-1-В1 Способами измерения температуры при получении углеграфитовых материалов в условиях, в которых невозможно прямое измерение термометрами, пирометрами и имеются теньевые зоны высокотемпературного оборудования.

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. Место и роль графитовых и углеродкарбидокремниевых материалов на основе порошкообразных наполнителей материалов в науке и технике. Углерод и его свойства.							
1.1	Место и роль графитовых и углеродкарбидокремниевых материалов на основе порошкообразных наполнителей в науке и технике. Углерод и его свойства. /Лек/	3	1	ОПК-1-31 ПК-2-33	Л1.1Л2.1			
1.2	Самостоятельная работа по подготовке к лекции. /Ср/	3	2	ОПК-1-31 ПК-2-33	Л1.1Л2.1			

	Раздел 2. Структура и свойства наполнителей и связующих для получения графитовых и углеродкарбидо-кремниевых материалов на основе порошкообразных наполнителей. Свойства искусственных графитов.							
2.1	Структура и свойства наполнителей и связующих для получения графитовых и углеродкарбидокремниевых материалов на основе порошкообразных наполнителей. Свойства искусственных графитов. Зависимость окисления искусственных графитов от различных параметров. Зависимость износа при трении от структурных параметров углеродного материала. /Лек/	3	1	ОПК-1-32 ПК-2-34 ПК-2-311	Л1.1Л2.1			
2.2	Интеркристаллитное разрушение. Механизмы разрушения графитовых материалов. /Лек/	3	1	ОПК-1-32 ПК-2-31	Л1.1Л2.1			
2.3	Зависимость теплопроводности мелкозернистого графита от теплоемкости, изменение теплопроводности, температуропроводности и теплоемкости от температуры. /Лек/	3	1	ОПК-1-34 ПК-2-32	Л1.1Л2.1			
2.4	Изменение свойств конструкционного графита при облучении. /Лек/	3	1	ОПК-1-35 ПК-2-34 ПК-2-35 ПК-2-311 ПК-2-312	Л1.1Л2.1			
2.5	Рассчитать критерии термостойкости и трещиностойкости для различных видов искусственных, силицированных и рекристаллизованных графитов. /Пр/	3	1	ОПК-1-У1 ПК-2-311	Л1.1Л2.1			Р1
2.6	Самостоятельная работа по подготовке к лекциям. /Ср/	3	12	ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-34 ПК-2-35 ПК-2-311 ПК-2-312	Л1.1Л2.1			
2.7	Карты инженерных, эксплуатационных, технологических свойств материалов. /Пр/	3	1	ПК-2-33	Л1.1Л2.1			Р2
	Раздел 3. Технологические пределы и физико-химические процессы при получении графитовых и углеродкарбидокремниевых материалов на основе порошкообразных наполнителей.							

3.1	Технологические переделы и физико-химические процессы при получении графитовых и углеродкарбидокремниевых материалов на основе порошкообразных наполнителей. Прокаливание кокса, измельчение, классификация. /Лек/	3	1	ОПК-1-36 ПК-2-31 ПК-2-31 ПК-2-32	Л1.1			
3.2	Математическое моделирование процессов графитации. /Лек/	3	1	ОПК-1-37 ПК-2-31	Л1.1			
3.3	Формирование пористой структуры и моделирование технологии получения коксо-пековых композиций. Классификация углеграфитовых материалов, используемое оборудование, методы оценки размеров частиц. /Лек/	3	1	ОПК-1-38	Л1.1			
3.4	Смешивание углеродных порошков. Механизмы смешивания. Сравнительная характеристика различных методов формования. Процессы, происходящие при уплотнении углеродных порошков в пресс-форме. /Лек/	3	1	ОПК-1-39	Л1.1 Л1.3 Л1.4			
3.5	Спекание (карбонизация). Температурные стадии процесса спекания, физико-химические процессы, протекающие в коксо-пековой композиции при спекании. /Лек/	3	1	ОПК-1-310 ПК-2-35 ПК-2-36	Л1.1			
3.6	Графитация углеграфитовых материалов. Физико-химические процессы, протекающие при графитации. Теории графитации. /Лек/	3	1	ОПК-1-310 ПК-2-35 ПК-2-37 ПК-2-38	Л1.1			
3.7	Рассчитать темп нагрева и время спекания крупногабаритных графитовых заготовок. Основные рабочие параметры лабораторного технологического оборудования, используемого для моделирования, а также аналогичных параметров, соответствующего ему технологического процесса. /Пр/	3	1	ОПК-1-У2 ПК-2-316 ПК-2-У2 ПК-2-У8	Л1.1			РЗ

3.8	Самостоятельная работа по подготовке к лекциям. /Ср/	3	18	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-35 ОПК-1-36 ОПК-1-37 ОПК-1-38 ПК-2-31 ПК-2-31 ПК-2-32 ПК-2-35 ПК-2-36 ПК-2-37 ПК-2-38	Л1.1 Л1.3 Л1.4			
3.9	Технические характеристики, назначение, принципы работы контрольного, измерительного и испытательного оборудования (на примере кварцевого дилатометра). /Пр/	3	1	ПК-2-314	Л1.1		КМ1	Р4
3.10	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. /Ср/	3	1	ПК-2-У7	Л1.1			
3.11	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; - 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. /Ср/	3	2	ПК-2-У9	Л1.1			

3.12	Способы измерения температуры при получении углеграфитовых материалов в условиях, в которых невозможно проведение измерений термометрами, пирометрами, и имеются теневые зоны высокотемпературного оборудования /Ср/	3	1	ОПК-1-В1	Л1.1			
	Раздел 4. Основы капиллярной технологии (смачивание, растекание, капиллярная пропитка).							
4.1	Основы капиллярной технологии (смачивание, растекание, капиллярная пропитка). /Лек/	3	1	ОПК-1-311	Л1.2			
4.2	Самостоятельная работа по подготовке к лекциям. /Ср/	3	12	ОПК-1-311	Л1.2			
4.3	Технологические характеристики, назначение и регламенты работы технологического оборудования и технические приемы работы на нем (на примере установки для исследования кинетики пропитки и роста карбидного слоя). /Пр/	3	1	ОПК-1-311	Л1.2			P5
	Раздел 5. Силицированный графит, получаемый пропиткой пористых углеродных основ. Свойства, применение.							
5.1	Силицированный графит, получаемый пропиткой пористых углеродных основ. Влияние различных факторов на фазовый состав. Свойства, применение. /Лек/	3	1	ОПК-1-312 ПК-2-33 ПК-2-313 ПК-2-У3 ПК-2-У4	Л1.2			
5.2	Технологические схемы получения силицированного графита. Формирование пористой структуры углеродсодержащих заготовок. /Лек/	3	1	ОПК-1-312 ОПК-1-313	Л1.2			
5.3	Выводы уравнений для зародышеобразования карбида кремния. /Пр/	3	1	ПК-2-38	Л1.2			P6
5.4	Вывод уравнения избирательной адсорбции на межфазной границе твердое тело - жидкость компонентов расплава, имеющих большее сродство к углероду, чем основной компонент. /Пр/	3	2	ОПК-1-312	Л1.2			P7

5.5	Рассчитать глубину пропитки кремнием и цирконием углеродных основ различных типов, используемых для получения силицированных графитов. /Пр/	3	2	ОПК-1-У3	Л1.2			P8
5.6	Рассчитать теоретически высоту карбидного слоя при пропитке пористого графита кремнием по заданным коэффициентам диффузии, определить время перекрытия капилляров с различными средними радиусами. /Пр/	3	2	ОПК-1-У4	Л1.2			P9
5.7	Вывод уравнения кинетики образования карбида на поверхности пор графита. /Пр/	3	2	ОПК-1-312	Л1.2			P10
5.8	Самостоятельная работа по подготовке к лекциям. /Ср/	3	12	ОПК-1-311 ОПК-1-312 ОПК-1-313	Л1.2			
5.9	Формулировать техническое задание на разработку, включающее требования к новым материалам. /Ср/	3	1	ПК-2-У1	Л1.2			
5.10	Разрабатывать рекомендации по изменению состава, структуры, режимов и способов обработки материалов. /Ср/	3	1	ПК-2-У2	Л1.2			
5.11	Осуществлять технологические операции по созданию образцов нового материала на лабораторном технологическом оборудовании. /Ср/	3	1	ПК-2-У3	Л1.2			
5.12	Разрабатывать, вносить и согласовывать рекомендации и предложения по изменению технологического регламента производства нанопродукции. /Ср/	3	1	ПК-2-У5	Л1.2			
5.13	Анализировать результаты проведенных испытаний образцов материалов. /Ср/	3	1	ПК-2-У7	Л1.2			
5.14	Управлять рабочими параметрами лабораторного технологического оборудования таким образом, чтобы они обеспечивали максимальное соответствие технологического процесса, проводимого в ходе лабораторного моделирования, производственному технологическому процессу. /Ср/	3	1	ПК-2-У6	Л1.2			

	Раздел 6. Каталитическая графитация. Технологические особенности получения рекристаллизованных графитов. Свойства, применение.							
6.1	Каталитическая графитация. Основные закономерности каталитической графитации. Технологические особенности получения рекристаллизованных графитов. Получение углеродных материалов - основа пластической деформации при ТМО. Свойства, сравнительный анализ изменения структуры и свойств рекристаллизованных графитов в процессах ТМО и ТМХО. Применение. /Лек/	3	1	ОПК-1-314 ПК -2-31 ПК-2-312	Л1.1			
6.2	Выводы уравнений продвижения фронта жидкофазной графитации на основании механизмов образования микротрещин, поступления расплава к фронту графитации. Вывод уравнения продвижения фронта графитации при одновременном действии обоих факторов. /Пр/	3	2	ОПК-1-У5 ОПК-1-У6 ПК -2-31	Л1.1			Р10
6.3	Совершенствование кристаллической структуры искусственных графитов в процессах термомеханической (ТМО) и термомеханохимической (ТМХО) обработки. Спекание углеродного материала - возможные механизмы упрочнения при ТМО и ТМХО. Формирование прочностных свойств графитов при ТМО и ТМХО. /Лек/	3	1	ОПК-1-315 ПК -2-31	Л1.1			
6.4	Зависимость свойств рекристаллизованных графитов от количества и природы карбидообразующих элементов. /Лек/	3	1	ОПК-1-316 ПК -2-39	Л1.1			
6.5	Сущность эффекта ускоренного испарения углерода (анализ уравнений испарения, образования в расплаве микрогруппировок углерода), механизм эффекта ускоренного испарения углерода. /Пр/	3	1	ОПК-1-У7 ПК -2-310	Л1.1			Р11

6.6	Самостоятельная работа по подготовке к лекциям. /Ср/	3	8	ОПК-1-314 ОПК-1-315 ОПК-1-316 ПК -2-31 ПК-2- 312 ПК-2-315	Л1.1		КМ2	
-----	--	---	---	---	------	--	-----	--

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	Контрольная работа №1 "Углеродистые материалы"(контроль разделов №1 - №3)	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-33;ОПК-1-36;ОПК-1-34;ОПК-1-37;ОПК-1-313;ПК-2-31;ПК-2-39;ОПК-1-В1	<p>На вопросы 1-17 выбрать правильный ответ (возможно несколько правильных вариантов), (2 балла за ответ). На вопросы 18 - 25 написать короткий ответ (одно – два предложения или несколько пунктов перечислений - до 5) (4 балла за ответ). 40 - 52 балла - удовлетворительно, 53 - 59 баллов - хорошо, 60 - 66 баллов – отлично.</p> <p>1. Какая аллотропная модификация углерода соответствует тетраэдрической геометрии? а) алмаз; б) лонсдейлит; в) графит; г) фуллерен.</p> <p>2. При каких температурах ведется Крекинг-процесс? а) 650 – 750 °С; б) ниже 500 °С; в) ниже 350 °С; г) выше 750 °С;</p> <p>3. С помощью какого механического воздействия измельчают тонкие материалы? а) раскалывание; б) раздавливание; в) истирание; г) удар.</p> <p>4. Каковы основные компоненты микроструктуры коксов? а) ламелярная, мозаичная, сферолитовая структуры; б) слоистая, радиальная, мозаичная структуры; в) игольчатая, слоистая, чешуйчатая структуры.</p> <p>5. Какие виды ламелярной (пластинчатой структуры) наблюдаются в коксах? а) чешуйчатая, слоистая, игольчатая; б) сферолитовая, радиальная, мозаичная.</p> <p>6. Какими способами оценивается микроструктура коксов? а) методами оптической микроскопии с использованием эталонных микроструктур; б) методами рентгеноструктурного анализа по разориентации слоев.</p> <p>7. В каких видах коксов встречается сферолитовая структура? а) в пековых и нефтяных коксах; б) в нефтяных коксах; в) в нефтяных пиролизных коксах.</p> <p>8. Какие свойства характерны для сферолитовой компоненты пиролизных коксов? а) высокая анизотропия размера частиц; б) высокая твердость и прочность, меньшая анизотропия.</p>

		<p>9. Из каких фракций состоит пек? а) γ; β; α; б) α_1 и α_2;</p> <p>10. С какими характеристиками углеродных материалов коррелирует критерий спекаемости? а) с пределом прочности на растяжение; б) с пределом прочности на изгиб; в) с пределом прочности на сжатие.</p> <p>11. Определение процесса прокаливания а) совокупность процессов, происходящих при нагревании формованных материалов до 1300°C; б) термическая обработка углеродных материалов без доступа воздуха при высокой температуре (1200 – 1400 °).</p> <p>12. Наиболее распространенный способ разделения углеродных порошков на фракции : а) отсеивание на ситах; б) сухая классификация в газовых потоках; в) гидравлическое разделение в подвижной или неподвижной жидкой среде. г) нет правильного ответа.</p> <p>13. Какие требования предъявляются к грохочению более тонких фракций углеродных порошков? а) большая частота вибраций и меньшая амплитуда; б) меньшая частота вибраций и большая амплитуда.</p> <p>14. При каком значении критерия Пирсона качество смеси считается удовлетворительным? а) больше 0,3; б) больше 0,7; в) меньше 0,3; г) меньше 0,7.</p> <p>15. Что происходит при спекании ? а) понижается износостойчивость; б) увеличивается электрическое сопротивление; в) уменьшается электрическое сопротивление; г) увеличивается механическая прочность.</p> <p>16. При каких температурах проводят процесс графитации? а) 1000-1500°C; б) 1300-1500°C; в) 2300 – 3000°C; г) Нет правильного ответа.</p> <p>17. Какие свойства обеспечивают максимальную термостойкость искусственных графитов ? а) высокая теплопроводность; б) низкий коэффициент термического расширения; в) малые значения модуля упругости; г) низкая теплопроводность; д) высокая прочность на растяжение; е) высокая ударная вязкость.</p> <p>18. Напишите формулу показателя степени графитации g. 19. Что является целью спекания (карбонизации)? 20. Что такое графитация? 21. Напишите уравнение кинетики графитации на первой стадии. 22. Изобразите принципиальную схему смесителя с Z-образными лопастями. 23. Напишите уравнения качества процесса смешивания порошковых материалов: по критерию Пирсона (λ_2), уравнение Ластовцева – Хвальнова. 24. Как изменяется электрическое сопротивление коксов в зависимости от температуры прокаливания?</p>
--	--	---

			25. Напишите формулу для расчета времени смешивания
--	--	--	---

КМ2	Вопросы для экзамена	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-1-315;ОПК-1-314;ОПК-1-313;ОПК-1-316;ПК-2-31;ПК-2-32;ПК-2-34;ПК-2-33;ПК-2-35;ПК-2-36;ПК-2-37;ПК-2-39;ПК-2-38;ПК-2-310;ПК-2-311;ПК-2-313;ПК-2-312;ПК-2-314;ПК-2-315;ПК-2-316	<ol style="list-style-type: none"> 1. Углерод и его свойства: кристаллографическая решетка графита 2. Углерод и его свойства: ромбоэдрическая решетка графита 3. Изотопы углерода, тройная точка, энергия связей углерода, дефекты структуры 4. Взаимодействие графита с газами 5. Взаимодействие графита с металлами, слоистые соединения 6. Прочностные свойства, теплофизические и электрофизические характеристики искусственных графитов. 7. Пористость углеродных материалов, методы исследования 8. Сырье для получения искусственного графита (свойства наполнителя) 9. Технологическая схема получения среднезернистых искусственных графитов 10. Прокаливание кокса, изменение свойств кокса при прокаливании 11. Измельчение углеродных материалов, основные принципы измельчения, классификация дробильно-размольных машин 12. Классификация (рассев углеродных материалов), закономерности процесса классификации 13. Смешивание углеродных материалов 14. Прессование углеродных материалов 15. Спекание углеродных материалов, основные процессы, происходящие при спекании (кратко) 16. Процессы дегидрополиконденсации и радикальной полимеризации связующего и его взаимодействие с поверхностью углеродных порошков 17. Взаимодействие между функциональными группами, находящимися на поверхности углеродных порошков и в связующем 18. Зависимость свойств материалов после спекания от окисления углеродных порошков. 19. Влияние вида углеродного материала на температурные изменения при нагревании (в процессе спекания). 20. Газовыделение при спекании 21. Формоизменение различных углеродных материалов при спекании, их связь с газовыделением 22. Зависимость формоизменения, газовыделения и коэффициента термического расширения от типа наполнителя 23. Графитация углеродных материалов, механизмы графитации 24. Технологические схемы получения силицированного графита 25. Поверхностное натяжение и удельная свободная поверхностная энергия 26. Смачивание, краевой угол, основные закономерности процесса 27. Капиллярная пропитка, основные закономерности капиллярной пропитки 28. Работа адгезии и работа когезии 29. Влияние взаимодействия жидкости с твердым телом на механизм растекания 30. Температура плавления жидких тугоплавких металлов и способы ее определения 31. Плотность тугоплавких металлов и способы ее определения 32. Вязкость тугоплавких металлов, метод Швидковского для кинематического определения вязкости 33. Электросопротивление жидких тугоплавких металлов и способы его определения 34. Свойства кремния 35. Свойства карбида кремния 36. Влияние технологических факторов на процесс объемного силицирования пористых заготовок (пористости, температуры, времени, степени графитации исходного графита) 37. Силицирование углеродных материалов различной природы 39. Влияние связующих веществ на процесс силицирования прессованных заготовок 40. Влияние газовой среды на процесс силицирования 41. Влияние гранулометрического состава шихты углеродной основы на процесс силицирования 42. Окисление силицированного графита 43. Теоретические основы процесса жидкофазной графитации,
-----	----------------------	---	--

			<p>основные закономерности процесса</p> <p>44. Каталитическая графитация</p> <p>45. Основные механизмы образования карбида кремния при взаимодействии углерода с расплавом кремния</p> <p>46. Механизм ускоренного испарения углерода из металло-углеродных и карбидо-углеродных эвтектик.</p> <p>47. Механизм формирования рекристаллизованных графитов</p> <p>48. Свойства рекристаллизованных графитов</p> <p>49. Технологические аспекты получения рекристаллизованных графитов</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	Практическая работа 1	ОПК-1-У1;ОПК-1-У2	"Рассчитать критерии термостойкости и трещиностойкости для различных видов искусственных, силицированных и рекристаллизованных графитов"
P2	Практическая работа 2	ОПК-1-У3;ОПК-1-У4	Карты инженерных, эксплуатационных, технологических свойств материалов
P3	Практическая работа 3	ОПК-1-У5;ОПК-1-У6	Рассчитать темп нагрева и время спекания крупногабаритных графитовых заготовок. Основные рабочие параметры лабораторного технологического оборудования, используемого для моделирования, а также аналогичных параметров, соответствующего ему технологического процесса
P4	Практическая работа 4	ОПК-1-У7;ПК-2-У1	Технические характеристики, назначение, принципы работы контрольного, измерительного и испытательного оборудования (на примере кварцевого дилатометра)
P5	Практическая работа 5	ПК-2-У2;ПК-2-У3	Технологические характеристики, назначение и регламенты работы технологического оборудования и технические приемы работы на нем (на примере установки для исследования кинетики пропитки и роста карбидного слоя)
P6	Практическая работа 6	ПК-2-У4;ПК-2-У5	Выводы уравнений для зародышеобразования карбида кремния
P7	Практическая работа 7	ПК-2-У6	Вывод уравнения избирательной адсорбции на межфазной границе твердое тело - жидкость компонентов расплава, имеющих большее сродство к углероду, чем основной компонент
P8	Практическая работа 8	ПК-2-У7	Рассчитать глубину пропитки кремнием и цирконием углеродных основ различных типов, используемых для получения силицированных графитов
P9	Практическая работа 9	ПК-2-У8	Рассчитать теоретически высоту карбидного слоя при пропитке пористого графита кремнием по заданным коэффициентам диффузии, определить время перекрытия капилляров с различными средними радиусами"
P10	Практическая работа 10	ПК-2-У9	Вывод уравнения кинетики образования карбида на поверхности пор графита
P11	Практическая работа 11	ПК-2-У9	Выводы уравнений продвижения фронта жидкофазной графитации на основании механизмов образования микротрещин, поступления расплава к фронту графитации. Вывод уравнения продвижения фронта графитации при одновременном действии обоих факторов
5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)			
По данному курсу предусмотрен экзамен. Пример экзаменационного билета размещен в приложении к РПД. Экзаменационный билет состоит из 3 вопросов и 1 задачи.			

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	Елютин В. П., Костиков В. А., Лысов Б. С., др.	Высокотемпературные материалы. Ч.2: Получение и физико-химические свойства высокотемпературных материалов: учеб. пособие	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1973
Л1.3	Либенсон Г. А.	Основы порошковой металлургии	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1987
Л1.4	Кипарисов С. С., Либенсон Г. А.	Порошковая металлургия: Учебник для техникумов по спец.'Порошковая металлургия'	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1991

6.1.2. Дополнительная литература

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

6.3 Перечень программного обеспечения

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

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
------	------------	-----------

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
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
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.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Лекционные занятия нацелены на изучение студентами теоретических и практических основ разработки графитовых и углеродкарбидокремниевых материалов на основе порошкообразных наполнителей, выбору сырьевых материалов для заданных условий эксплуатации. Практические занятия нацелены на изучение основных стадий получения графитовых материалов, изучение влияния различных факторов на процесс силицирования, а также физико-химических основ каталитической 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.