

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 27.10.2023 15:15:00

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)

# Высокотемпературные и сверхтвердые покрытия

Закреплена за подразделением Кафедра функциональных наносистем и высокотемпературных материалов

Направление подготовки 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация **Инженер-исследователь**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 144

в том числе:

аудиторные занятия 51

самостоятельная работа 57

часов на контроль 36

Формы контроля в семестрах:  
экзамен 10

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	10 (5.2)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	57	57	57	57
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*дтн, профессор, Блинков Игорь Викторович; ктн, доцент, Полушин Николай Иванович*

Рабочая программа

**Высокотемпературные и сверхтвердые покрытия**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, 22.03.01-БМТМ-23\_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, , 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 Денис Валерьевич

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Получить знания, умения и навыки в области инженерии поверхности, связанной с нанесением высокотемпературных и сверхтвёрдых покрытий и изучением их свойств на материалах и конструкциях различного назначения
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.30
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Введение в органическую электронику	
2.1.2	Высокотемпературные материалы	
2.1.3	Инструментальные стали	
2.1.4	Компьютерное моделирование материалов и процессов	
2.1.5	Математические методы моделирования физических процессов	
2.1.6	Металловедение сварки	
2.1.7	Наноструктурные термоэлектрики	
2.1.8	Проблемы нанотехнологий	
2.1.9	Структура и свойства функциональных наноматериалов	
2.1.10	Технология термической обработки	
2.1.11	Физика дифракции	
2.1.12	Функциональные материалы электроники	
2.1.13	Материалы для биомедицины	
2.1.14	Междисциплинарные задачи материаловедения	
2.1.15	Методы испытания магнитных материалов	
2.1.16	Мехатроника	
2.1.17	Наноматериалы в современной твердотельной электронике	
2.1.18	Порошковая металлургия и процессы обработки материалов	
2.1.19	Спектрофотометрические методы оценки качества кристаллов	
2.1.20	Физика и техника высоких давлений	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Алмазные поликристаллические материалы	
2.2.2	Гибридные наноструктурные материалы	
2.2.3	Магнитные свойства функциональных материалов	
2.2.4	Магнитотвердые материалы: технологии получения и обработки	
2.2.5	Медицинская химия	
2.2.6	Металловедение реакторных материалов	
2.2.7	Нелинейные кристаллы	
2.2.8	Солнечная энергетика	
2.2.9	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.10	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.11	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.12	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.13	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.14	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.15	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.16	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

**ПК-5: Способен осуществлять и обосновывать рациональный выбор материалов и технологических процессов при разработке технологии производства материалов различного назначения**

**Знать:**

ПК-5-31 Основные способы получения высокотемпературных и сверхтвёрдых покрытий  
Закономерности и связь между эксплуатационными, технологическими и инженерными свойствами и параметрами

<p>состава и структуры материала высокотемпературных и сверхтвёрдых покрытий</p> <p>Закономерности, описывающие связи между параметрами структуры, состава физических, химических и механических свойств и параметрами получения высокотемпературных и сверхтвёрдых покрытий</p> <p>Технические характеристики, назначение, принципы и регламенты работы лабораторного технологического и контрольного измерительного оборудования</p>
<b>Уметь:</b>
<p>ПК-5-У1 Решать задачи по определению оптимальных методов получения высокотемпературных и сверхтвёрдых покрытий в условиях неопределенности и альтернативных решений для конкретных условий эксплуатации</p> <p>Анализировать результаты исследований: устанавливать закономерности связей параметров структуры материалов высокотемпературных и сверхтвёрдых покрытий, их состава и параметров внешних условий, моделирующих условия эксплуатации</p> <p>Разрабатывать рекомендации по изменению состава, структуры, режимов и способов получения высокотемпературных и сверхтвёрдых покрытий;</p> <p>Анализировать результаты проведённых испытаний образцов материалов высокотемпературных и сверхтвёрдых покрытий</p>
<b>Владеть:</b>
<p>ПК-5-В1 Вычислительными и экспериментальными методами получения и исследования свойств высокотемпературных и сверхтвёрдых покрытий</p> <p>Навыками формулирования рекомендаций по изменению состава, структуры материалов высокотемпературных и сверхтвёрдых покрытий, а так же способов и режимов их получения на основе анализа моделей и закономерностей, характеризующих связь между эксплуатационными условиями и параметрами состава и структуры материала;</p> <p>Навыками организации процесса и анализа результатов измерений свойств образцов высокотемпературных и сверхтвёрдых покрытий</p>

#### 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
	<b>Раздел 1. Области применения высокотемпературных покрытий. Классификация, материалы для их создания.</b>							
1.1	Возможности повышения эксплуатационных свойств материалов и изделий через создание на их поверхности высокотемпературных покрытий, их классификация /Лек/	10	4	ПК-5-31	Л1.1 Л1.2 Л1.4 Э3 Э4	Электронные ресурсы использовать, как основную литературу		
1.2	Требования к свойствам материалов высокотемпературных покрытий. Критерии их выбора. /Лек/	10	4	ПК-5-31	Л1.1 Л1.2 Л1.4 Э3 Э4	Электронные ресурсы использовать, как основную литературу		
1.3	Определение долговечности работы покрытия в условиях диффузионного переноса элементов материала покрытия в основу и окружающую среду /Пр/	10	1	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.4 Э3	Электронные ресурсы использовать, как основную литературу		
1.4	Определение прочностной совместимости покрытия и материала основы с учетом остаточных термических и концентрационных напряжений, возникающих в материале покрытия и основе. /Пр/	10	1	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.4 Э3	Электронные ресурсы использовать, как основную литературу		

1.5	Определение температурного режима формирования высокотемпературных покрытий методом конденсационного осаждения из газовой фазы /Пр/	10	1	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.4 Э3	Электронные ресурсы использовать , как основную литературу		
1.6	Определение условий формирования равнотолщинных высокотемпературных покрытий методом химического осаждения из газовой фазы /Пр/	10	1	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.4 Э3	Электронные ресурсы использовать , как основную литературу		
1.7	Определение параметров процесса плазменного напыления высокотемпературных покрытий(скорости напыляемых частиц , их температуры, параметров плазменного потока) /Пр/	10	1	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.4 Э3	Электронные ресурсы использовать , как основную литературу		
1.8	Определение параметров межфазного взаимодействия при газотермическом напылении высокотемпературных покрытий на границе раздела напыляемый материал - подложка /Пр/	10	1	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.4 Э3	Электронные ресурсы использовать , как основную литературу		
1.9	Проработка лекционного материала. Самостоятельное изучение литературы. Подготовка к Практическим занятиям. Подготовка экзамену /Ср/	10	14	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.4 Э3 Э4	Электронные ресурсы использовать , как основную литературу		
	<b>Раздел 2. Способы получения высокотемпературных покрытий</b>							
2.1	Общая характеристика газофазных и контактножидкостных методов получения высокотемпературных покрытий /Лек/	10	4	ПК-5-31	Л1.1 Л1.2 Л1.4 Э3 Э4	Электронные ресурсы использовать , как основную литературу		
2.2	Общая характеристика газотермических методов нанесения высокотемпературных покрытий /Лек/	10	6	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.4 Э3 Э4	Электронные ресурсы использовать , как основную литературу		
2.3	Расчет характеристик материала теплозащитных покрытий, обеспечивающих заданное снижение температуры на рабочей поверхности материала – основы /Пр/	10	1	ПК-5-31 ПК-5-В1 ПК-5-У1	Л1.4 Э3	Электронные ресурсы использовать , как основную литературу		

2.4	Определение физикомеханических свойств высокотемпературных покрытий, их прочности соединения с основой и трибологических характеристик /Пр/	10	1	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.4 Э3	Электронные ресурсы использовать , как основную литературу		
2.5	Контрольная работа /Пр/	10	1	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.4 Э3 Э4	Электронные ресурсы использовать , как основную литературу		
2.6	Проработка лекционного материала. Самостоятельное изучение литературы. Подготовка к Практическим занятиям. Подготовка к Контрольной работе. /Ср/	10	14	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.4 Э3 Э4	Электронные ресурсы использовать , как основную литературу		
	<b>Раздел 3. Синтез алмаза из газовой фазы</b>							
3.1	Аппаратура и методы получения алмаза из газовой фазы /Лек/	10	6	ПК-5-31	Л1.3 Э1 Э2	В качестве основной литературы использовать пособие из приложения.  Электронные ресурсы использовать , как основную литературу		
3.2	Кинетика и механизм синтеза алмаза из газовой фазы /Лек/	10	6	ПК-5-31	Л1.3 Э1 Э2	В качестве основной литературы использовать пособие из приложения.  Электронные ресурсы использовать , как основную литературу		
3.3	Теплообмен в реакторе для выращивания алмазных пленок (АП) /Пр/	10	1	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1		В качестве основной литературы использовать пособие из приложения.		
3.4	Расчет перепада температур в подложке для роста АП /Пр/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1		В качестве основной литературы использовать пособие из приложения.		

3.5	Расчет упругости пара и скорости испарения материалов для активатора газовой фазы /Пр/	10	1	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1		В качестве основной литературы использовать пособие из приложения.		
3.6	Влияние величины энергии активации АП на ее линейную скорость роста /Пр/	10	2	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1		В качестве основной литературы использовать пособие из приложения.		
3.7	Легирование АП /Пр/	10	1	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1		В качестве основной литературы использовать пособие из приложения.		
3.8	Контрольная работа /Пр/	10	1	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.3 Э1 Э2	В качестве основной литературы использовать пособие из приложения.  Электронные ресурсы использовать , как основную литературу		
3.9	Проработка лекционного материала. Самостоятельное изучение литературы. Подготовка к Практическим занятиям. Подготовка к Контрольной работе. /Ср/	10	19	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.3 Э1 Э2	В качестве основной литературы использовать пособие из приложения.  Электронные ресурсы использовать , как основную литературу		
	<b>Раздел 4. Газофазный синтез алмазоподобных материалов</b>							
4.1	Газофазный синтез высокотвердых алмазоподобных материалов: к-BN, SiC, AlN /Лек/	10	2	ПК-5-31	Л1.3 Э1 Э2	В качестве основной литературы использовать пособие из приложения.  Электронные ресурсы использовать , как основную литературу		

4.2	Проработка лекционного материала. Самостоятельное изучение литературы. Подготовка к Практическим занятиям. /Ср/	10	6	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.3 Э1 Э2	В качестве основной литературы использовать пособие из приложения.  Электронные ресурсы использовать , как основную литературу		
<b>Раздел 5. Детонационный алмаз</b>								
5.1	Детонационный алмаз. Синтез, фазовая и химическая очистка, модифицирование /Лек/	10	2	ПК-5-31	Л1.3 Э1 Э2	В качестве основной литературы использовать пособие из приложения.  Электронные ресурсы использовать , как основную литературу		
5.2	Проработка лекционного материала. Самостоятельное изучение литературы. Подготовка к Практическим занятиям. /Ср/	10	4	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1	Л1.3 Э1 Э2	В качестве основной литературы использовать пособие из приложения.  Электронные ресурсы использовать , как основную литературу		

### 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	ПК-5-31;ПК-5-У1;ПК-5-В1	<p>1.Что является определяющим для формирования покрытий контактно-жидкостным способом? Что будет определять низкую прочность соединения покрытия и подложки, его сплошность? (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32)</p> <p>2. Какие особенности будут характеризовать межфазное взаимодействие на границе раздела подложка – расплав фритты? Что отличает это взаимодействие от процессов в системе расплав жидкого металла (сплава) – подложка? (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32)</p> <p>3. Вещества АВ и СМ наносятся на стальную подложку. Твердость АВ&gt; твердости СМ. Однако, при испытании покрытий на износостойкость интенсивность изнашивания покрытия АВ больше, чем покрытия из материала СМ. Дайте Ваши объяснения. (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32)</p> <p>4.На металлическую основу нанесено электроизоляционное покрытие из Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> толщиной 1мм, которое должно одновременно выполнять теплозащитные функции. Измеренная электрическая</p>

		<p>прочность равна 10 кВ/мм. Это значительно ниже ожидаемых значений. В чем возможные причины? Как соотносятся между собой электроизоляционные и теплозащитные свойства покрытий? (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</p> <p>5.Сформулируйте требования к выбираемым материалам и методу нанесения покрытий, обеспечивающим наилучшие износостойкие свойства покрытий, работающих в условиях высокоинтенсивного трения в окислительной среде. (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32)</p> <p>6.Какие неопределенности необходимо учитывать при определении прочности соединения покрытия с основой методом штифта. (ПК-2-33)</p> <p>7.В чем основной принцип подбора материалов и способов их нанесения для создания жаростойких покрытий? Какие процессы надо учитывать для определения работоспособности таких покрытий? (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</p> <p>8.Какие требования к условиям нанесения покрытий, к свойствам материалов покрытия и основы обеспечат наибольшую прочность сцепления покрытия и основы? Какие неопределенности и методические погрешности должны быть учтены и устранены при определении прочности покрытия и основы штифтовым методом? (ОПК-2-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</p> <p>9.Можно ли в качестве характеристики теплопроводности покрытий, сформированных различными методами, пользоваться данными из справочников по теплопроводности компактных материалов. Каков характер и почему температурной зависимости теплопроводности большинства покрытий? (ОПК-2-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</p> <p>10.Почему для жаростойких покрытий Cr-Ni сплава, нанесенных электрическим методом на разные подложки, термический отжиг в одних случаях будет улучшать прочность соединения покрытия с основой, а в других эта прочность будет падать? (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32)</p> <p>11.Проведены исследования зависимости коэффициента фильтрации (проницаемости) (описать по какой методике) от пористости покрытия на основе композиционного материала Ti-C-Ni сформированного двумя способами. Приведите характерный вид зависимости. (ОПК-2-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</p> <p>12.Пористость полученных покрытий определялась гидростатическим взвешиванием. Полученные результаты свидетельствуют, что при одной пористости коэффициент проницаемости для двух вариантов нанесения отличается на порядок. Объяснить возможные причины. (ОПК-2-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</p> <p>13.В журнале "Порошковая металлургия" опубликованы две работы по изучению прочности сцепления покрытия ZrO<sub>2</sub> на металлической основе штифтовым методом. Покрытия сформированы одинаковым способом. Приведенные результаты отличаются на 50%. В чем причины? (ОПК-2-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</p> <p>14.Всегда ли можно говорить о достоверности весового метода определения сравнительной жаростойкости? В чем его недостатки? (ОПК-2-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</p> <p>15.Покрытие TiC нанесено на металлическую основу. Какие исследования можно провести для оценки толщины покрытия? Опишите их. Покрытие из металлического сплава нанесено на металлическую основу /примерно одинаковые электромагнитные свойства/. Какие исследования можно провести для оценки толщины покрытия? Опишите их. Как увеличение толщины сказывается на прочности сцепления покрытия и основы? Почему? (ОПК-2-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</p> <p>16.Коэффициент линейного термического расширения материалов покрытия и основы равны соответственно <math>7 \cdot 10^{-6}</math> град<sup>-1</sup> и <math>18 \cdot 10^{-6}</math> град<sup>-1</sup>. Как возникающие при формировании покрытия остаточные напряжения влияют на усталостную прочность полученного КМ? Изменится ли вероятность усталостного разрушения при обратном соотношении КЛТР? (УК-2-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</p>
--	--	--

		<p>17. Мо плазмой напыляется на сталь. Коэффициент теплопроводности покрытия, сформированного при распылении проволоки был <math>\square 75 \text{ Вт/м}^2 \text{ } \square \text{ Ч}</math>, при напылении порошка <math>\square 30 \text{ Вт/м}^2 \text{ } \square \text{ Ч}</math>. В чем причина различия? (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</p> <p>18. Чем будет определяться работоспособность жаростойкого покрытия при 1150 С, нанесенного на жаропрочный сплав? (ОПК-2-31, ПК-2-31, ПК-2-32)</p> <p>19. Вам предложено для определения прочности сцепления покрытий одного состава (<math>\text{Al}_2\text{O}_3</math>) с подложкой, сформированных разными методами (от метода зависит структура покрытия, в частности, пористость) воспользоваться клеевым способом и штифтовым. Можно ли полученные результаты интерпретировать только, как зависимые от установившейся в композите прочности сцепления? Почему? (ОПК-2-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</p> <p>20. В состав материала /Ni-Cr/ для жаростойкого покрытия работающего при 1100о, введен Al /20%/. С какой целью? Оцените толщину такого покрытия на металлической основе, считая, что долговечность его определяется содержанием Al в покрытии до 15%. Снижение содержания Al происходит за счет диффузии в основу. Начальная концентрация Al по толщине покрытия постоянна. Коэффициент диффузии Al в материале основы при 1100о равен <math>2,0 \times 10^{-8} \text{ см}^2/\text{с}</math>. (ОПК-2-31, ПК-2-31, ПК-2-32)</p> <p>21. Чем объяснить, что в поверхностных слоях подложки при нанесении покрытия из расплава легкоплавкого металла резко снижается содержание кислорода? (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32)</p> <p>22. Чем объяснить, что в поверхностных слоях подложки при нанесении покрытия из расплава легкоплавкого металла может быть снижено содержание азота? (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32)</p> <p>23. Процесс ХОП осуществляется за счет реакции <math>(\text{MГ}) \rightleftharpoons [\text{M}] + (\text{Г})</math>. Напишите выражение через константу равновесия этой реакции для степени пересыщения пара вещества М при температуре подложки T s. (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32)</p> <p>24. Сформулируйте назначение основных элементов газовой системы установки ХОП для осаждения покрытий из карбида титана из газовой фазы Ti-CI-C-H. (ОПК-2-31, ПК-2-31, ПК-2-33)</p> <p>25. В чем разница (дать объяснение) зависимостей скорости осаждения покрытий из фторидов вольфрама и молибдена при ХОП от концентрации компонентов в газовой фазе. (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</p> <p>26. Охарактеризуйте зависимость скорости осаждения покрытий методом ХОП от температуры. Дайте Ваше объяснение. (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32)</p> <p>27. В методе ионно-плазменного напыления важнейшими характеристиками процесса являются мощность дугового разряда, используемого для распыления катода, и потенциал смещения, подаваемый на подложку. Какие характеристики напыляемого потока частиц они определяют? Что ограничивает изменение этих параметров осаждения? (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</p> <p>28. Какова причина высокой пористости плазменного покрытия? Как можно добиться её уменьшения? (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</p> <p>29. В чем перспектива для плазменного напыления композиционных порошков на основе алюминия и кремния? Для создания какого класса покрытий они используются? (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</p> <p>30. При напылении детонационно-газовым методом (горючая смесь <math>\text{C}_2\text{H}_2 - \text{O}_2</math>) металлических покрытий происходит заметное окисление исходного порошка. Что надо предпринять для уменьшения окисления напыляемого материала? (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</p> <p>31. При напылении ниобия на медь при температуре подложки 400 К сцепление между основой и покрытием не происходит. С увеличением температуры подложки до 600-800 К сцепление между основой и напыляемым материалом наступает. Почему?</p>
--	--	---

			<p>(ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32)</p> <p>32.Проведите сравнительный анализ условий протекания межфазного взаимодействия напыляемых частиц и подложки при напылении порошков методами плазменного и детонационного напыления. (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32)</p> <p>33.Как улучшить прочность сцепления покрытия с основой и коэффициент использования в методе детонационно-газового напыления? (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</p> <p>34.Как и почему состав газовой смеси влияет на прочность сцепления покрытия и подложки? Что надо предпринять для уменьшения окисления металлических порошков, напыляемых детонационно-газовым методом? (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</p> <p>35.Покрытие из вольфрама наносится на подложку двумя методами – осаждением из газовой фазы и плазменным напылением. В первом случае коэффициент теплопроводности покрытия примерно 85 Вт/м • ч. Во втором случае он равен примерно 45 Вт/м • ч. В чем возможные причины разных значений этой теплофизической характеристики у покрытий одного состава, полученных разными методами ?(ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32)</p> <p>36.Как можно увеличить прочность соединения покрытия с материалом подложки при плазменном напылении? (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32)</p> <p>37.Как можно добиться уменьшения пористости плазменных покрытий в процессе напыления и дополнительной обработки ? (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32)</p> <p>38.Как улучшить прочность сцепления покрытия с основой и коэффициент использования в методе плазменного напыления? (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</p> <p>39.В чем перспектива для плазменного напыления композиционных порошков на основе титана и кремния? Для создания какого класса покрытий они используются? (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32)</p> <p>40.Как и почему состав плазмообразующего газа влияет на прочность сцепления плазмонапыленного покрытия с подложкой? Что надо предпринять для уменьшения окисления металлических и карбидных порошков, напыляемых плазменным методом? (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</p>
--	--	--	---

КМ2	Контрольная работа №2	ПК-5-31;ПК-5-У1;ПК-5-В1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные физико-химические процессы на поверхности алмазных пленок при их наращивании из газовой фазы. (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32)</li> <li>2. Аппаратура и методы синтеза алмазных пленок. Физико-механические свойства алмазных пленок. (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</li> <li>3. Какие свойства алмаза и других твердых алмазоподобных материалов (B<sub>2</sub>N, AlN и др.) делают их перспективными в технике. (ОПК-2-31, ПК-2-31, ПК-2-32)</li> <li>4. Назовите основные составляющие теплообмена между активатором и подложкой в реакторе с нагретой проволокой. (УК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</li> <li>5. Какая из пирамид роста алмаза: (111) и (100) имеет более высокий уровень легирования бором. (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-32,)</li> <li>6. Особенности и преимущества синтеза твердых алмазоподобных материалов из газовой фазы. (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</li> <li>7. Метод синтеза алмазных пленок в режиме высокотемпературной высокоградиентной химической транспортной реакции. Основные параметры процесса. (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</li> <li>8. Синтез алмаза из ацетилен-кислородного пламени. (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</li> <li>9. Геометрические и энергетические факторы при легировании алмаза. (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</li> <li>10. Чем объясняется преимущественный рост алмаза и отсутствие выделения графита при химической кристаллизации алмаза из активированной газовой фазы. (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32)</li> <li>11. Стадии зарождения и образования алмазных покрытий на металлах. (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-32)</li> <li>12. Структура и энергетика чистого углерода. (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31)</li> <li>13. Изотермическая химическая кристаллизация алмаза. (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32)</li> <li>14. Синтез алмазных пленок в режиме высокотемпературной высокоградиентной химической транспортной реакции. Основные параметры процесса. (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</li> <li>15. Чем объясняется преимущественный рост алмаза и отсутствие выделения графита при химической кристаллизации алмаза из активируемой газовой фазы. (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32)</li> <li>16. Основные гетерогенные химические реакции на растущей из активируемой газовой фазы поверхности АП. (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32)</li> <li>17. Стадии зарождения и формирования алмазных покрытий на карбидообразующих металлах. (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32,)</li> <li>18. Методы активации газовой фазы и гибридные методы химической кристаллизации алмаза. (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32)</li> <li>19. Гетероэпитаксия алмаза и гетероэпитаксия на алмазе. (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32)</li> <li>20. Как будет изменяться с температурой равновесный коэффициент распределения бора, азота и фосфора между газообразной кристаллизационной средой и алмазом? Объясните. (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32)</li> <li>21. Методы синтеза из газовой фазы SiC и широкозонных алмазоподобных нитридов III-N. (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</li> <li>22. Методы модификации и обработки алмазных материалов. (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</li> <li>23. Области применения газофазного алмаза в науке и технике. (ОПК-2-31, УК-1-31, ПК-2-31, ПК-2-32, ПК-2-33)</li> </ol>
-----	-----------------------	-------------------------	---

<b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b>			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Практическая работа № 1	ПК-5-31;ПК-5-У1;ПК-5-В1	Определение долговечности работы покрытия в условиях диффузионного переноса элементов материала покрытия в основу и окружающую среду (ОПК-2-31; ОПК-2-У1; ОПК-2-В1; УК-1-31; УК-1-В1; ПК-2-31; ПК-2-32; ПК-2-У1; ПК-2-У2; ПК-2-У3; ПК-2-В1; ПК-2-В2)
P2	Практическая работа № 2	ПК-5-31;ПК-5-В1;ПК-5-У1	Определение прочностной совместимости покрытия и материала основы с учетом остаточных термических и концентрационных напряжений, возникающих в материале покрытия и основе. (ОПК-2-31; ОПК-2-У1; ОПК-2-В1; УК-1-31; УК-1-В1; ПК-2-31; ПК-2-32; ПК-2-У1; ПК-2-У2; ПК-2-У3; ПК-2-В1; ПК-2-В2)
P3	Практическая работа № 3	ПК-5-31;ПК-5-У1;ПК-5-В1	Определение температурного режима формирования высокотемпературных покрытий методом конденсационного осаждения из газовой фазы (ОПК-2-31; ОПК-2-У1; ОПК-2-В1; УК-1-31; УК-1-У1; УК-1-В1; ПК-2-31; ПК-2-32; ПК-2-33; ПК-2-У1; ПК-2-У2; ПК-2-У3; ПК-2-В1; ПК-2-В2)
P4	Практическая работа № 4	ПК-5-31;ПК-5-У1;ПК-5-В1	Определение условий формирования равнотолщинных высокотемпературных покрытий методом химического осаждения из газовой фазы (ОПК-2-31; ОПК-2-У1; ОПК-2-В1; УК-1-31; УК-1-У1; УК-1-В1; ПК-2-31; ПК-2-32; ПК-2-33; ПК-2-У1; ПК-2-У2; ПК-2-У3; ПК-2-В1; ПК-2-В2)
P5	Практическая работа № 5	ПК-5-31;ПК-5-У1;ПК-5-В1	Определение параметров процесса плазменного напыления высокотемпературных покрытий (скорости напыляемых частиц, их температуры, параметров плазменного потока) (ОПК-2-31; ОПК-2-У1; ОПК-2-В1; УК-1-31; УК-1-У1; УК-1-В1; ПК-2-31; ПК-2-32; ПК-2-33; ПК-2-У1; ПК-2-У2; ПК-2-В1; ПК-2-В2)
P6	Практическая работа № 6	ПК-5-31;ПК-5-В1;ПК-5-У1	Определение параметров межфазного взаимодействия при газотермическом напылении высокотемпературных покрытий на границе раздела напыляемый материал - подложка (ОПК-2-31; ОПК-2-У1; ОПК-2-В1; УК-1-31; УК-1-У1; УК-1-В1; ПК-2-31; ПК-2-32; ПК-2-33; ПК-2-У1; ПК-2-У2; ПК-2-В1; ПК-2-В2)
P7	Практическая работа № 7	ПК-5-31;ПК-5-У1;ПК-5-В1	Расчет характеристик материала теплозащитных покрытий, обеспечивающих заданное снижение температуры на рабочей поверхности материала – основы (ОПК-2-31; ОПК-2-У1; ОПК-2-В1; УК-1-В1; ПК-2-31; ПК-2-32; ПК-2-У1; ПК-2-У2; ПК-2-У3; ПК-2-В1; ПК-2-В2)
P8	Практическая работа № 8	ПК-5-31;ПК-5-У1;ПК-5-В1	Определение физикомеханических свойств высокотемпературных покрытий, их прочности соединения с основой и трибологических характеристик (ОПК-2-31; ОПК-2-У1; ОПК-2-В1; УК-1-31; УК-1-В1; ПК-2-31; ПК-2-32; ПК-2-33; ПК-2-У1; ПК-2-У2; ПК-2-У3; ПК-2-В1; ПК-2-В2)
P9	Практическая работа № 9	ПК-5-31;ПК-5-У1;ПК-5-В1	Теплообмен в реакторе для выращивания алмазных пленок (АП) (ОПК-2-31; ОПК-2-У1; ОПК-2-В1; УК-1-31; УК-1-У1; УК-1-В1; ПК-2-33; ПК-2-У1; ПК-2-У2; ПК-2-У3; ПК-2-В1; ПК-2-В2)
P10	Практическая работа № 10	ПК-5-31;ПК-5-У1;ПК-5-В1	Расчет перепада температур в подложке для роста АП (ОПК-2-31; ОПК-2-У1; ОПК-2-В1; УК-1-31; УК-1-У1; УК-1-В1; ПК-2-31; ПК-2-32; ПК-2-33; ПК-2-У1; ПК-2-У2; ПК-2-У3; ПК-2-В2)
P11	Практическая работа № 11	ПК-5-31;ПК-5-У1;ПК-5-В1	Расчет упругости пара и скорости испарения материалов для активатора газовой фазы (ОПК-2-31; ОПК-2-У1; ОПК-2-В1; УК-1-31; УК-1-У1; УК-1-В1; ПК-2-31; ПК-2-32; ПК-2-У1; ПК-2-У2; ПК-2-В1; ПК-2-В2)
P12	Практическая работа № 12	ПК-5-31;ПК-5-У1;ПК-5-В1	Влияние величины энергии активации АП на ее линейную скорость роста (ОПК-2-31; ОПК-2-У1; ОПК-2-В1; УК-1-31; УК-1-У1; УК-1-В1; ПК-2-31; ПК-2-33; ПК-2-У1; ПК-2-У2; ПК-2-У3; ПК-2-В1; ПК-2-В2)
P13	Практическая работа № 13	ПК-5-31;ПК-5-У1;ПК-5-В1	Легирующие АП (ОПК-2-31; ОПК-2-У1; ОПК-2-В1; УК-1-31; УК-1-У1; УК-1-В1; ПК-2-31; ПК-2-32; ПК-2-33; ПК-2-У1; ПК-2-У2; ПК-2-У3; ПК-2-В1; ПК-2-В2)

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

Экзаменационный билет состоит из 5 вопросов.

- 1 вопрос - по разделу №1 "Области применения высокотемпературных покрытий. Классификация, материалы для их создания"
- 2 вопрос - по разделу №2 "Способы получения высокотемпературных покрытий"
- 3 вопрос - по разделу №3 "Синтез алмаза из газовой фазы"
- 4 вопрос - по разделу №3 "Газофазный синтез алмазоподобных материалов"
- 5 вопрос - по разделу №3 "Детонационный алмаз"

Вопросы могут быть как теоретическими, так и расчетными.

Задачи в билетах являются типовыми, и подобные задачи обучающийся решает по ходу выполнения текущих работ дисциплины. Билеты хранятся на кафедре. В приложении приведены типовые экзаменационные билеты.

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

По курсу предусмотрен экзамен.

Оценка «отлично» - даны правильные ответы на 5 вопросов в экзаменационном билете.

Оценка «хорошо» - даны правильные ответы на 4 вопроса в экзаменационном билете.

Оценка «удовлетворительно» - даны правильные ответы на 3 вопроса в экзаменационном билете.

Оценка «неудовлетворительно» - даны правильные ответы менее чем на 3 вопроса в экзаменационном билете.

Оценка «не явка» – обучающийся на экзамен не явился или не выполнил текущие контрольные мероприятия и выдаваемые преподавателем расчетные задания.

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ****6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Анциферов В. Н., Бобров Г. В., Дружинин Л. К., др., Митин Б. С.	Порошковая металлургия и напыленные покрытия: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1987
Л1.2	Блинков Игорь Викторович, Челноков Валентин Сергеевич	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
Л1.3	Полушин Николай Иванович, Лаптев Александр Иванович, Сорокин М. Н., др.	Сверхтвердые материалы. Процессы получения и свойства сверхтвердых материалов: практикум: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. подг. бакалавров и магистров 150100 'Материаловедение и технологии материалов'	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2014
Л1.4	Блинков Игорь Викторович, Волхонский Алексей Олегович, Сергеевнин В. С., др.	Покрyтия и поверхностное модифицирование материалов (N 2930): курс лекций	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2018

**6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

Э1	№2413 Сверхтвердые материалы. Процессы получения и свойства сверхтвердых материалов: практикум. Н.И. Полушин, А.И. Лаптев, М.Н. Сорокин,  Url: <a href="http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=9770">http://elibrary.misis.ru/action.php? kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document &amp;fDocumentId=9770</a>	<a href="http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=9770">http://elibrary.misis.ru/action.php? kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumen tId=9770</a>
----	---	---

Э2	№50 Процессы получения и свойства сверхтвердых материалов: практикум Н.И. Полушин, Я.А. Калашников, Б.В. Спицын  Url: <a href="http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=6029">http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=6029</a>	<a href="http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=6029">http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=6029</a>
Э3	№2930 Покрытия и поверхностное модифицирование материалов: курс лекций Блинков И.В., Волхонский А.О., Сергеев В.С., Челноков В.С., Белов Д.С., Черногор А.В., Аникин В.Н.  Url: <a href="http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=11981">http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=11981</a>	<a href="http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=11981">http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=11981</a>
Э4	№642 Композиционные материалы: курс лекций / И.В.Блинков, В.С. Челноков, М.:МИСиС, 2004, с. 105  Url: <a href="http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=2545">http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=2545</a>	<a href="http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=2545">http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=2545</a>

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
П.2	ОС Linux (Ubuntu) / Windows

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

## 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
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.
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 знаний в области инженерии поверхности, связанной с нанесением высокотемпературных и сверхтвёрдых покрытий и изучением их свойств. Практические занятия систематизируют и закрепляют теоретический материал путем решения задач, а также самостоятельного выполнения заданий.

Проведение аудиторных занятий предусматривает использование в учебном курсе активных и интерактивных технологий:

- проведение лекций с использованием интерактивных и мультимедийных технологий (презентация в формате MS Power Point);
- использование при проведении лекционных занятий активных форм обучения учебных видеоматериалов.

Усвоение дисциплины требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей аттестации.

1. Лекции читаются в форме презентаций с использованием компьютерной программы Power Point.
2. На практических занятиях используются имитационные активные методы обучения, например, деловая игра (игровой метод), решение ситуативных задач, анализ конкретной ситуации. Используются также интерактивные технологии обучения, в частности, с использованием ресурсов интернета, электронных учебников и справочников в режиме реального времени.

3. В самостоятельной работе при проработке лекционного материала, подготовке к практическим занятиям обучающийся использует учебные пособия, опорные конспекты.
4. Самостоятельная работа студентов контролируется посредством индивидуальных опросов на практических занятиях и лекциях, контрольных работ, проводимых в часы практических занятий.