

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 12.05.2023 17:25:04

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)

# Поверхностное модифицирование материалов и защитные покрытия

Закреплена за подразделением Кафедра функциональных наносистем и высокотемпературных материалов

Направление подготовки 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 144

в том числе:

аудиторные занятия 60

самостоятельная работа 50

часов на контроль 34

Формы контроля в семестрах:  
экзамен 8

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	8 (4.2)		Итого	
	Неделя 12			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	36	36	36	36
Практические	24	24	24	24
Итого ауд.	60	60	60	60
Контактная работа	60	60	60	60
Сам. работа	50	50	50	50
Часы на контроль	34	34	34	34
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

Рабочая программа

**Поверхностное модифицирование материалов и защитные 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 02.04.2015 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, 22.03.01-БМТМ-22.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра функциональных наносистем и высокотемпературных материалов**

Протокол от г., №

Руководитель подразделения Кузнецов Денис Валерьевич

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	На основе представлений о физико-химических процессах на границах раздела фаз в системах твердое-жидкость, твердое-газ, с учетом знаний физико-химических и механических свойств различных веществ, условий работы композиционного материала покрытие – основа и материала с модифицированным поверхностным слоем научить студентов выбирать наиболее рациональные способы формирования покрытий различного функционального назначения и модифицирования поверхности, составы покрытий и модифицированных слоёв, прогнозировать свойства получаемых материалов.
-----	---

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

	Блок ОП:	Б1.В.ДВ.21
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Атомное строение фаз	
2.1.2	Биохимия наноматериалов	
2.1.3	Инженерия поверхности	
2.1.4	Квантовая и оптическая электроника	
2.1.5	Методы исследования физических свойств полупроводниковых структур	
2.1.6	Методы получения наночастиц и наноматериалов	
2.1.7	Мехатроника	
2.1.8	Наноструктурные термоэлектрики	
2.1.9	Основы компьютерной металлографии	
2.1.10	Основы магнетизма. Часть 1. Физика магнетизма	
2.1.11	Основы физики поверхности	
2.1.12	Термодинамика и кинетика аморфизирующихся систем	
2.1.13	Физика и техника высоких давлений, фазовые превращения в углероде и нитриде бора	
2.1.14	Физика полупроводниковых приборов	
2.1.15	Физика прочности	
2.1.16	Физико-химия металлов и неметаллических материалов	
2.1.17	Диффузия и диффузионно-контролируемые процессы	
2.1.18	Защита интеллектуальной собственности и патентоведение	
2.1.19	Коррозия и защита металлов	
2.1.20	Материаловедение	
2.1.21	Материаловедение полупроводников и диэлектриков	
2.1.22	Металловедение инновационных материалов	
2.1.23	Методы исследования материалов	
2.1.24	Метрология и стандартизация цифровых технологий в материаловедении и металлургии	
2.1.25	Метрология и технические измерения функциональных материалов	
2.1.26	Метрология, стандартизация и технические измерения	
2.1.27	Метрология, стандартизация и технические измерения в электронике	
2.1.28	Основы материаловедения и методов исследования материалов	
2.1.29	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.30	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.31	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.32	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.33	Разработка новых материалов	
2.1.34	Технология функциональных материалов	
2.1.35	Фазовые равновесия и дефекты структуры	
2.1.36	Физика диэлектриков	
2.1.37	Физика металлов	
2.1.38	Физика полупроводников	
2.1.39	Введение в квантовую теорию твердого тела	
2.1.40	Дефекты кристаллической решетки	
2.1.41	Компьютеризация эксперимента	
2.1.42	Планирование и организация научно-исследовательской работы	
2.1.43	Планирование научного эксперимента	

2.1.44	Теория поверхностных явлений
2.1.45	Теория симметрии
2.1.46	Электроника
2.1.47	Введение в квантовую механику
2.1.48	Кристаллография
2.1.49	Математическая статистика и анализ данных
2.1.50	Методы математической физики
2.1.51	Основы дизайна металлических материалов
2.1.52	Основы квантовой механики
2.1.53	Практическая кристаллография
2.1.54	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений
2.1.55	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений
2.1.56	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений
2.1.57	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений
2.1.58	Физика
2.1.59	Физическая химия
2.1.60	Электротехника
2.1.61	Математика
2.1.62	Органическая химия
2.1.63	Информатика
2.1.64	Химия
2.1.65	Инженерная и компьютерная графика
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>

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

**ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя знания фундаментальных наук, методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания**

**Знать:**

ОПК-1-34 Основные направления оптимизации свойств покрытий и поверхностно модифицированных материалов, получаемых различными методами

**ПК-1: Способен осуществлять обработку и анализ научно-технической информации и результатов исследований**

**Знать:**

ПК-1-31 Критерии выбора состава покрытий и модифицированных поверхностных слоёв материалов, обеспечивающих максимальную эффективность их эксплуатации в различных условиях

**ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя знания фундаментальных наук, методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания**

**Знать:**

ОПК-1-33 Основные классы защитных покрытий, способы их нанесения и поверхностного модифицирования материалов

ОПК-1-31 Основные методы исследований свойств поверхностно модифицированных материалов и покрытий

ОПК-1-32 Физико-химические основы межфазных явлений, происходящих на границе раздела подложка-покрытие, подложка-реакционная среда при нанесении покрытий и поверхностном модифицировании материалов

**Уметь:**

ОПК-1-У4 Осуществлять прогнозирование изменения в свойствах покрытий и поверхностно модифицированных материалов при варьировании параметров их получения

**ПК-1: Способен осуществлять обработку и анализ научно-технической информации и результатов исследований**

**Уметь:**

ПК-1-У1 Устанавливать причинно-следственные связи между свойствами покрытий и поверхностно модифицированных материалов и явлениями, происходящими при их получении

**ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя знания фундаментальных наук, методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания**

**Уметь:**

ОПК-1-У1 Осуществлять анализ возможности применения конкретных покрытий и поверхностно модифицированных

материалов в различных условиях эксплуатации
ОПК-1-У2 Проводить анализ влияния стадий подготовки поверхности, нанесения покрытий и поверхностного модифицирования материалов на свойства формируемых изделий
ОПК-1-У3 Устанавливать взаимосвязь между параметрами нанесения покрытий и поверхностного модифицирования материалов и их свойствами
<b>ПК-1: Способен осуществлять обработку и анализ научно-технической информации и результатов исследований</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-1-В1 Навыками анализа физико-химических процессов, происходящих при нанесении покрытий и поверхностном модифицировании материалов
<b>ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя знания фундаментальных наук, методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-1-В4 Навыками анализа возможного изменения в свойствах покрытий и поверхностно модифицированных материалов при варьировании параметров их получения
ОПК-1-В1 Навыками подбора составов покрытий, их структуры для конкретных условий эксплуатации
ОПК-1-В2 Навыками расчётов характеристик процессов, лежащих в основе методов нанесения покрытий и поверхностного модифицирования материалов
ОПК-1-В3 Навыками определения условий нанесения покрытий на различные подложки и поверхностного модифицирования материалов для достижения наиболее высоких значений функциональных характеристик сформированных изделий

#### 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. Критерии выбора состава покрытий и модифицированных поверхностных слоёв и способов их получения. Свойства покрытий и поверхностных модифицированных слоёв</b>							
1.1	Возможности повышения эксплуатационных свойств материалов через создание на их поверхности защитных покрытий и поверхностно модифицированных слоёв /Лек/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В3 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Э1	Электронный ресурс Э1 аналогичен литературе Л1.4		
1.2	Классификация покрытий и методов их получения /Лек/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.2 Л1.4 Э1	Электронный ресурс Э1 аналогичен литературе Л1.4		

1.3	Критерии выбора состава покрытий и поверхностно модифицированных слоёв на основе физико-химических процессов, протекающих на границах раздела «внешняя среда-покрытие» и «покрытие-основа». /Лек/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.4 Э1	Электронный ресурс Э1 аналогичен литературе Л1.4		
1.4	Критерии выбора состава покрытий и поверхностно модифицированных слоёв на основе анализа прочностной совместимости с основой /Лек/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.4 Э1	Электронный ресурс Э1 аналогичен литературе Л1.4		
1.5	Критерии выбора состава покрытий и поверхностно модифицированных слоёв на основе анализа свойств покрытий с учётом моделирования условий их функционирования. Физико-механические свойства покрытий. /Лек/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.2 Л1.4 Э1	Электронный ресурс Э1 аналогичен литературе Л1.4		
1.6	Износостойкость материалов с покрытиями и с поверхностно модифицированным слоем. /Лек/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.2 Л1.4 Э1	Электронный ресурс Э1 аналогичен литературе Л1.4		
1.7	Адгезионная прочность покрытий с основой /Лек/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.4 Э1	Электронный ресурс Э1 аналогичен литературе Л1.4		

1.8	Жаростойкость, проницаемость, теплопроводность и электропроводность покрытий. Теплозащитные покрытия, покрытия со специальными электрофизическими свойствами. /Лек/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.3 Л1.4 Э1	Электронный ресурс Э1 аналогичен литературе Л1.4		
1.9	Определение работоспособности покрытия в условиях межфазного взаимодействия на границе раздела подложка-покрытие и покрытие-внешняя среда при эксплуатации изделия и его формировании. /Пр/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.3 Л1.4 Э1	Электронный ресурс Э1 аналогичен литературе Л1.4		Р1
1.10	Определение прочностной совместимости покрытия и материала основы с учетом остаточных термических напряжений, возникающих в композиционном материале. Определение прочностных характеристик материала покрытий и прочности их соединения с основой /Пр/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.3 Л1.4 Э1	Электронный ресурс Э1 аналогичен литературе Л1.4		Р2
1.11	Выбор материала теплозащитных покрытий /Пр/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.2 Л1.4 Э1	Электронный ресурс Э1 аналогичен литературе Л1.4		Р3
1.12	Определение трибологических характеристик покрытий. Расчёт параметров износостойкости покрытий по значениям твёрдости и трещиностойкости наносимого материала. /Пр/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.2 Л1.4 Э1	Электронный ресурс Э1 аналогичен литературе Л1.4		Р4

1.13	Контрольная работа /Пр/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Э1	Электронны й ресурс Э1 аналогичен литературе Л1.4	КМ1	
1.14	Проработка лекционного материала. Самостоятельное изучение литературы. Подготовка к Практическим занятиям. Подготовка к контрольной работе по 1 разделу /Ср/	8	25	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Э1	Электронны й ресурс Э1 аналогичен литературе Л1.4		
	<b>Раздел 2. Методы получения покрытий и модифицированных поверхностных слоёв материалов различного функционального назначения</b>							
2.1	Общая характеристика газофазных методов нанесения покрытий и модифицирования поверхности материалов /Лек/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2			
2.2	Методы физического осаждения покрытий из газовой фазы /Лек/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Э2	Используй ть электронный ресурс в качестве основной литературы		



2.3	Методы химического осаждения покрытий из газовой фазы /Лек/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Э2	Использовать электронный ресурс в качестве основной литературы		
2.4	Физикохимические основы контактножидкостных методов нанесения покрытий /Лек/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1			
2.5	Шликернообжиговая технология нанесения покрытий. Эмалевые покрытия /Лек/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Э2	Использовать электронный ресурс в качестве основной литературы		
2.6	Избирательное осаждение покрытий из расплавов /Лек/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Э2	Использовать электронный ресурс в качестве основной литературы		
2.7	Газотермические методы нанесения покрытий. Плазменнонапылённые покрытия /Лек/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2			

2.8	Детонационногазовые покрытия /Лек/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1				
2.9	Использование высокоинтенсивных источников энергии для поверхностного модифицирования материалов. Поверхностное модифицирование материалов высокоэнергетическим потоком электронов и ионов /Лек/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1				
2.10	Лазерная наплавка и лазерное легирование /Лек/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2			
2.11	Определение параметров процесса зарождения и роста покрытий из газовой фазы на подложке и характеристик формирования покрытий методом конденсации из пара /Пр/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.2 Э1	Электронный ресурс Э1 аналогичен литературе Л1.4		Р5
2.12	Расчёт параметров процесса формирования покрытий, полученных химическим осаждением из газовой фазы /Пр/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2			Р6

2.13	Расчет характеристик плазменного потока, обеспечивающих нагрев и ускорение напыляемых частиц при формировании плазменных покрытий /Пр/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.3 Л1.4 Э1	Электронный ресурс Э1 аналогичен литературе Л1.4		Р7
2.14	Анализ межфазных взаимодействий на границе формируемого покрытия при плазменном напылении. Свойства газотермических покрытий /Пр/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3			Р8
2.15	Термодинамический и кинетический анализ процесса формирования покрытий контактно-жидкостным методом /Пр/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.3 Л1.4 Э1	Электронный ресурс Э1 аналогичен литературе Л1.4		Р9
2.16	Анализ процессов структуро-и фазообразования при воздействии потока ускоренных электронов, лазерного излучения и плазмы на материал при его поверхностном модифицировании /Пр/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.3			Р10
2.17	Контрольная работа /Пр/	8	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Э1	Электронный ресурс Э1 аналогичен литературе Л1.4	КМ2	

2.18	Проработка лекционного материала. Самостоятельное изучение литературы. Подготовка к Практическим занятиям. Подготовка к контрольной работе по 2 разделу /Ср/	8	25	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-33 ОПК-1-34 ОПК-1-У1 ОПК-1-У2 ОПК-1-У3 ОПК-1-У4 ОПК-1-В1 ОПК-1-В2 ОПК-1-В4 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Э1	Электронный ресурс Э1 аналогичен литературе Л1.4		
------	--	---	----	--	----	--	--	--

### 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	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-33;ОПК-1-34;ПК-1-31	<p>Вопросы к контрольной работе 1</p> <p>1. Покрытие из TiC нанесено на металлическую подложку /основной компонент Fe/ с целью повышения содержания углерода износостойкости изделия при температурах 900о. В процессе эксплуатации в карбиде уменьшается. Необходимая износостойкость обеспечивается при содержании углерода в слое карбидного покрытия до состава TiC0,5. Определите долговечность покрытия толщиной h=1000 мкм, приняв значение коэффициента диффузии углерода в материале подложки при 900о равным <math>1,2 \cdot 10^{-7} \text{ см}^2/\text{с}</math>. (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31)</p> <p>2. В чем основной принцип подбора материалов и способов их нанесения для создания жаростойких покрытий? Какие процессы на границах раздела фаз среда-покрытие и покрытие-основа надо учитывать для определения работоспособности таких покрытий?</p> <p>3. Почему для покрытий Cr-Ni сплава, нанесенных электрохимическим методом на разные подложки, термический отжиг в одних случаях будет улучшать прочность соединения покрытия с основой, а в других эта прочность будет падать?</p> <p>4. На ниобиевый сплав 5ВМУ для повышения жаростойкости наносится однофазное покрытие на основе Si-Al, характеризующееся постоянной концентрацией Al, равной 25 %. Оценить долговечность покрытия при температуре 1200 К, принимая критическую концентрацию Al в покрытии 10 %. Коэффициент диффузии Al в сплаве определить из данных: предэкспоненциальный множитель <math>D_0 = 7,18 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}</math>, энергия активации <math>E_0 = 28,05 \text{ кДж/моль}</math>. Толщина покрытия равна 800 мкм. (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31)</p> <p>5. Чем определяется вероятность появления дефектов типа «плешин» при формировании контактно-жидкостным методом эмалевых покрытий на металлических подложках? (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31)</p> <p>6. Почему покрытие из карбида циркония лучше, чем из дисилицида молибдена защищает поверхности стальных пресс-форм от агрессивного химического воздействия расплава алюминия и сплавов на его основе ? (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31)</p> <p>7. Почему пластичность покрытий из хрома и тантала на стали выше при использовании метода осаждения из расплавов легкоплавких металлов по сравнению с методом электрохимического осаждения? (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31)</p> <p>8. Для защиты режущего твёрдосплавного инструмента требуется подобрать состав покрытия. Охарактеризуйте предъявляемые к нему требования. Предложите состав и обоснуйте Ваш выбор. (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31)</p> <p>9. Для защиты углерод-углеродного материала от окисления при</p>

		<p>температуре ~ 2000К требуется подобрать состав покрытия. Обоснуйте свой выбор. (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31)</p> <p>10. Сформулируйте требования к выбираемым материалам и методу нанесения покрытий, обеспечивающим наилучшие износостойкие свойства покрытий, работающих в условиях высокоинтенсивного трения в окислительной среде. (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.11-31)</p> <p>11. Почему покрытие из карбида циркония лучше, чем из дисилицида молибдена защищает поверхности стальных пресс-форм от агрессивного химического воздействия расплава алюминия и сплавов на его основе ? (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31)</p> <p>12. 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? (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31)</p> <p>13. На подложку из твёрдого сплава наносятся покрытия из нитрида титана и оксида алюминия. В каком случае может уменьшиться вероятность образования усталостных трещин в изделии и почему? (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31)</p> <p>14. Какие неопределенности необходимо учитывать при определении прочности соединения покрытия с основой методом штифта. (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.11-31)</p> <p>15. 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 20%. В чем причины? (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.11-31)</p> <p>16. Вам предложено для определения прочности сцепления покрытий одного состава (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 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? (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.11-31)</p> <p>17. 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? (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.11-31)</p> <p>18. Как можно увеличить прочность соединения покрытия с материалом подложки при плазменном напылении с учётом возможного изменения условий напыления? (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.11-31)</p> <p>19. Как и почему с дистанцией напыления изменяется прочность сцепления плазменного покрытия с основой? (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.11-31)</p> <p>20. При ионно-плазменном вакуумно-дуговом напылении PVD покрытий важнейшими характеристиками процесса являются интенсивность испарения катода, и потенциал смещения, подаваемый на подложку. Какие характеристики напыляемого потока частиц они определяют? Можно ли увеличить прочность соединения данных покрытий с материалом подложки, меняя указанные выше параметры напыления? (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.11-31)</p> <p>21. Можно ли и как увеличить плотность и прочность соединения плазменных покрытий с материалом подложки после осуществления процесса напыления в уже сформированном изделии? В чём ограниченность этих методов? (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.11-31)</p> <p>22. Как размер напыляемых частиц порошка влияет на прочность</p>
--	--	--

		<p>соединения покрытий с основой и на коэффициент использования порошка? Почему? (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.11-31)</p> <p>23. Как расход напыляемого порошка влияет на прочность соединения покрытий с основой и на пористость формируемых плазменных покрытий? Почему? (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.11-31)</p> <p>24. На стальную подложку разными методами наносятся два покрытия одной толщины и состава. Первое имеет теплопроводность 80Вт/м.К, а другое 5 Вт/м.К. У какого покрытия больше вероятность разрушится по границе раздела покрытие-основа при термоциклировании? Почему? (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.11-31)</p> <p>25. Молибден в виде проволоки и порошка плазмой, характеризующейся одним теплосодержанием, напыляется на сталь. В первом случае прочность сцепления равна~75МПа, во втором~ 45 МПа. В чем причина различия? Как они возникают? (ПК- 1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.11-31)</p> <p>26. 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? (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК- 1.3-31; ПК-1.11-31)</p> <p>27. На металлическую основу нанесено электроизоляционное покрытие из <math>\text{Al}_2\text{O}_3</math> толщиной 1мм, которое должно одновременно выполнять теплозащитные функции. Измеренная электрическая прочность равна 10 кV/мм. Это значительно ниже ожидаемых значений. В чем возможные причины? Как соотносятся между собой электроизоляционные и теплозащитные свойства покрытий? (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.11-31)</p> <p>28. 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? (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.11-31)</p> <p>29. В чём заключаются основные принципы подбора материалов и способов их нанесения для создания жаростойких теплоизоляционных покрытий? Что ограничивает возможность использования в качестве таких покрытий оксидов? (ПК- 1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.11-31)</p> <p>30. Покрытие из вольфрама наносится на подложку плазменным напылением проволоки и порошка. 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? Почему эти причины возникают? (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.11-31)</p> <p>31. 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. (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.11-31)</p> <p>32. Всегда ли показатели твёрдости материала будут определяющими характеристиками для высокой износостойкости покрытий? (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.11-31)</p> <p>33. Интенсивность изнашивания CVD покрытий из карбида титана, связанная с твёрдостью, сначала уменьшается, а затем растёт с увеличением температуры процесса. Дайте Ваши объяснения этой зависимости. (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3- 31; ПК-1.11-31)</p> <p>34. Приведите сравнительный анализ эффективности покрытий, получаемых газофазным методом и с помощью плазменного напыления, для работы в качестве износостойких и для защиты от окислительного воздействия среды. (ПК- 1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.11-31)</p> <p>35. При напылении плазмой в покрытиях на основе оксида алюминия обнаружена высокая пористость. Какова причина этого? Как можно добиться её уменьшения, меняя параметры напыления?</p>
--	--	---

			<p>Будет ли пористость влиять на сопротивление износу и эрозионную стойкость покрытий? (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.11-31)</p> <p>36. Интенсивность изнашивания CVD покрытий из карбида титана, полученных из смеси паров тетрахлорида титана, метана и водорода с увеличением температуры процесса сначала уменьшается, а затем растёт. Дайте Ваши объяснения этой зависимости. (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.11-31)</p> <p>37. Интенсивность изнашивания CVD покрытий карбида титана, полученных из смеси паров тетрахлорида титана, метана и водорода при изменяющемся парциальном давлении углерода (РСН4) в газовой фазе сначала уменьшается, а затем растёт. Дайте Ваши объяснения. (ПК-1.10-31; ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.11-31)</p>
--	--	--	---

КМ2	Контрольная работа № 2	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-33;ОПК-1-34;ПК-1-31	<p>Вопросы к контрольной работе 2</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Почему при повышении интенсивности испарения хрома конденсационным методом получается пористое покрытие и снижается коэффициент использования материала? ( ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</li> <li>2. Почему при формировании ионно-плазменного вакуумно-дугового покрытия из оксида алюминия, образующегося при испарении алюминиевого катода в среде реакционного газа кислорода, с увеличением парциального давления кислорода уменьшается его плотность? ( ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</li> <li>3. Чем определяются экстремальные значения скорости роста и твёрдости PVD покрытий из оксида алюминия, осаждаемые при распылении алюминия в среде реакционного газа кислорода с ростом его парциального давления. ( ПК-1.9-31; ПК-1.3- 31; ПК-1.7-31)</li> <li>4. Как дистанция напыления, интенсивность испарения в конденсационном методе влияют на скорость формирования PVD покрытий? Почему? ( ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</li> <li>5. При ионно-плазменном вакуумно-дуговом напылении PVD покрытий важнейшими характеристиками процесса являются интенсивность испарения катода, и потенциал смещения, подаваемый на подложку. Какие характеристики напыляемого потока частиц они определяют? Можно ли увеличить прочность соединения данных покрытий с материалом подложки, меняя указанные выше параметры напыления? ( ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</li> <li>6. Твёрдость PVD покрытий нитрида титана растёт с увеличением парциального давления азота в атмосфере остаточных газов, затем остаётся постоянной. Почему? Как при этом может изменяться скорость роста покрытий? Почему? ( ПК-1.9- 31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</li> <li>7.Охарактеризуйте зависимость плотности CVD покрытий от температуры процесса. Как от этого параметра изменяется скорость роста данных покрытий? ( ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</li> <li>8. Чем определяется разнотолщинность покрытий, получаемых методом ФОР, на протяжённых поверхностях? ( ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</li> <li>9. Чем определяется возрастающая зависимость с выходом на насыщение скорости осаждения покрытий методом ХОП от расхода парогазовой фазы исходных компонентов? ( ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</li> <li>10. Интенсивность изнашивания CVD покрытий из карбида титана, связанная с твёрдостью, сначала уменьшается, а затем растёт с увеличением температуры процесса. Дайте Ваши объяснения этой зависимости. ( ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7- 31)</li> <li>11. При формировании CVD покрытий карбида титана из газовой фазы Ti-CI-C-H при температуре 1500К получено рыхлое покрытие, плохо сцепленное с основой. В чём возможная причина такого результата? Изменением какого параметра(ов) возможно устранить данный недостаток? ( ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</li> <li>12. Охарактеризуйте зависимость плотности покрытий, сформированных методом ХОП от температуры. Дайте Ваше объяснение. ( ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</li> <li>13. Охарактеризуйте зависимость скорости осаждения покрытий методом ХОП от температуры. Дайте Ваше объяснение. ( ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</li> <li>14. Что такое кинетический и диффузионный режимы нанесения высокотемпературных CVD покрытий? Для какого режима нанесения характерна большая интенсивность изменения скорости осаждения от температуры? ( ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК- 1.7-31)</li> <li>15. Сформулируйте назначение основных элементов газовой системы установки CVD для осаждения вольфрамовых покрытий из парогазовой фазы, содержащей шестифтористый вольфрам и водород. ( ПК-1.9-31; ПК-1.3-31)</li> <li>16. Методы определения скорости движения дисперсного материала в потоке низкотемпературной плазмы при плазменном напылении. (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31)</li> </ol>
-----	------------------------	---	--



		<p>17. Рассчитайте скорость дисперсных частиц <math>Al_2O_3</math> (плотностью <math>3,6 \cdot 10^3</math> кг/м<sup>3</sup>) размером <math>5 \cdot 10^{-6}</math> м, введенных в плазменную струю – азотной плазмы с температурой на срезе анода сопла 10 000 К и плотностью 0,25 кг/м<sup>3</sup>. Диаметр сопла плазматрона <math>5,5 \cdot 10^{-3}</math> м. Расход плазмообразующей газовой смеси равен 0,7 кг/ч. Коэффициент аэродинамического сопротивления принять равным 0,44. Длина плазменного факела составляет <math>5 \cdot 10^{-2}</math> м. (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</p> <p>18. Как скорость плазменного потока влияет на степень перевода вещества из твердого состояния в пар? Рассчитайте скорость плазменного потока Ag, имеющего среднемассовую температуру 20000 К при расходе плазмообразующего газа 20 м<sup>3</sup>/ч. Диаметр сопла плазматрона <math>2,5 \cdot 10^{-2}</math> м. (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31)</p> <p>19. При напылении плазмой в покрытиях на основе оксида циркония обнаружена высокая пористость. Какова причина этого? Как можно добиться её уменьшения, меняя параметры напыления? (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</p> <p>20. Как можно увеличить прочность соединения покрытия с материалом подложки при плазменном напылении с учётом возможного изменения условий напыления? (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</p> <p>21. 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? (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</p> <p>22. Проведите сравнительный анализ условий протекания межфазного взаимодействия напыляемых частиц и подложки при плазменном напылении порошков и проволоки. (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</p> <p>23. Как улучшить прочность сцепления плазменного покрытия с основой в уже сформированном изделии? Какие при этом существуют ограничения? (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</p> <p>24. Как и почему с дистанцией напыления изменяется прочность сцепления плазменного покрытия с основой? (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</p> <p>25. Можно ли и как увеличить плотность и прочность соединения плазменных покрытий с материалом подложки после осуществления процесса напыления в уже сформированном изделии? В чём ограниченность этих методов? (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</p> <p>26. Молибден в виде проволоки и порошка плазмой, характеризующейся одним теплосодержанием, напыляется на сталь. В первом случае прочность сцепления равна ~75 МПа, во втором ~45 МПа. В чем причина различия? Как они возникают? (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</p> <p>27. Как расход напыляемого порошка влияет на прочность соединения покрытий с основой и на пористость формируемых плазменных покрытий? Почему? (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</p> <p>28. При напылении плазмой в покрытиях на основе оксида алюминия обнаружена высокая пористость. Какова причина этого? Как можно добиться её уменьшения, меняя параметры напыления? (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</p> <p>29. При формировании покрытий на основе тугоплавких эмалей на жаропрочном сплаве оно характеризуется неудовлетворительной прочностью сцепления с основой и сплошностью. В чём возможная причина этих дефектов и как их устранить? (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</p> <p>30. Приведите возможный состав фритты, используемый для формирования эмалевых покрытий на жаропрочных сплавах. Охарактеризуйте назначение каждого из компонентов, обеспечивающих улучшение межфазного взаимодействия на границе раздела расплав фритты-подложка. (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</p> <p>31. Как температура процесса и почему в методе избирательного осаждения покрытий из расплавов влияет на их свойства? (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</p>
--	--	---

		<p>32. Чем объяснить, что в поверхностных слоях подложки при нанесении покрытия из расплава легкоплавкого металла резко снижается содержание кислорода? (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</p> <p>33. Чем определяется вероятность появления дефектов типа «плешин» при формировании контактно-жидкостным методом эмалевых покрытий на металлических подложках? (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</p> <p>34. Проведите сравнительный анализ условий протекания межфазного взаимодействия расплавов металлов (сплавов) и оксидных систем с подложкой при формировании покрытий контактно-жидкостным методом. (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31)</p> <p>35. Преимущества и недостатки газофазных методов получения покрытий. (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31; ПК-1.11-31; ПК-1.10-31)</p> <p>36. Преимущества и недостатки газтермических методов нанесения покрытий. (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31; ПК-1.11-31; ПК-1.10-31)</p> <p>37. Проведите сравнительный анализ условий протекания межфазного взаимодействия напыляемых покрытий и подложки при плазменном напылении и газофазном осаждении. (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31; ПК-1.11-31; ПК-1.10-31)</p> <p>38. Покрытие из вольфрама наносится на подложку газофазным осаждением 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? Почему эти причины возникают? (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31; ПК-1.11-31; ПК-1.10-31)</p> <p>39. Приведите сравнительный анализ эффективности покрытий, получаемых газофазным методом и с помощью плазменного напыления, для работы в качестве износостойких и для защиты от окислительного воздействия среды. (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31; ПК-1.11-31; ПК-1.10-31)</p> <p>40. Что определяет прочность соединения плазменного и газофазного покрытий с основой? Как можно увеличить её значение? (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31; ПК-1.11-31; ПК-1.10-31)</p> <p>41. Как дистанция напыления, интенсивность испарения в конденсационном методе влияют на скорость формирования PVD покрытий? Почему? (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31; ПК-1.11-31; ПК-1.10-31)</p> <p>42. При ионно-плазменном вакуумно-дуговом напылении PVD покрытий важнейшими характеристиками процесса являются интенсивность испарения катода, и потенциал смещения, подаваемый на подложку. Какие характеристики напыляемого потока частиц они определяют? Можно ли увеличить скорость роста данных покрытий, меняя указанные выше параметры напыления? (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31; ПК-1.11-31; ПК-1.10-31)</p> <p>43. Чем определяется возрастающая зависимость с выходом на насыщение скорости осаждения покрытий методом ХОП от расхода парогазовой фазы исходных компонентов? (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31; ПК-1.11-31; ПК-1.10-31)</p> <p>44. Стадии зарождения и формирования газофазных покрытий. (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31; ПК-1.11-31; ПК-1.10-31)</p> <p>45. Чем объясняется преимущественный рост газофазных покрытий в направлениях (111) и (110). (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31; ПК-1.11-31; ПК-1.10-31)</p> <p>46. Как структура формируемых покрытий зависит от температуры подложки? (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31; ПК-1.11-31; ПК-1.10-31)</p> <p>47. Как осуществляется перенос испаряемого материала к подложке при формировании покрытий конденсационным методом. (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31; ПК-1.11-31; ПК-1.10-31)</p> <p>48. С чем связана разнотолщинность формируемых покрытий в</p>
--	--	---

			<p>методах химического и физического осаждения? (ПК-1.9-31; ПК-1.3-31; ПК-1.7-31; ПК-1.11-31; ПК-1.10-31)</p> <p>49. Явления в твёрдых веществах при внедрении ускоренных ионов в матрицу. (ПК-1.9-31; ПК-1.7-31)</p> <p>50. Охарактеризуйте явления в приповерхностных слоях материала при ионной имплантации. (ПК-1.9-31; ПК-1.7-31)</p> <p>51. Чем определяется уровень энергии имплантированных ионов? (ПК-1.9-31; ПК-1.7-31)</p> <p>52. Что такое лазерная наплавка и лазерное легирование? (ПК-1.9-31; ПК-1.7-31)</p> <p>53. Приведите уравнение, описывающее изменение температуры по глубине слоя и на поверхности материала, подвергнутого лазерному воздействию с равномерным распределением плотности потока по радиусу луча. (ПК-1.9-31; ПК-1.7-31)</p> <p>54. Какие виды лазерной обработки будут иметь место в зависимости от плотности мощности лазерного излучения. (ПК-1.9-31; ПК-1.7-31; ПК-1.3-31; ПК-1.11-31; ПК-1.10-31)</p> <p>55. Для повышения каких функциональных характеристик материалов проводят лазерную цементацию, азотирование, борирование и др. Чем эти технологии отличаются от традиционных методов термической цементации, азотирования, борирования. (ПК-1.9-31; ПК-1.7-31; ПК-1.3-31; ПК-1.11-31; ПК-1.10-31)</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-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-33;ОПК-1-34;ОПК-1-У1;ОПК-1-У2;ОПК-1-У3;ОПК-1-У4;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2;ОПК-1-В4;ПК-1-31;ОПК-1-В3;ПК-1-У1;ПК-1-В1	Определение работоспособности покрытия в условиях межфазного взаимодействия на границе раздела подложка-покрытие и покрытие-внешняя среда при эксплуатации изделия и его формировании.
P2	Практическая работа № 2	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-У1;ОПК-1-У3;ОПК-1-В4;ПК-1-В1	Определение прочностной совместимости покрытия и материала основы с учетом остаточных термических напряжений, возникающих в композиционном материале. Определение прочностных характеристик материала покрытий и прочности их соединения с основой
P3	Практическая работа № 3	ОПК-1-31;ОПК-1-У3;ОПК-1-У4;ОПК-1-В4;ОПК-1-32	Выбор материала теплозащитных покрытий
P4	Практическая работа № 4	ОПК-1-33;ОПК-1-В2;ОПК-1-В4;ПК-1-В1;ПК-1-31	Определение трибологических характеристик покрытий. Расчёт параметров износостойкости покрытий по значениям твёрдости и трещиностойкости наносимого материала
P5	Практическая работа № 5	ОПК-1-У2;ОПК-1-У4;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2;ОПК-1-В4;ПК-1-У1;ПК-1-В1	Определение параметров процесса зарождения и роста покрытий из газовой фазы на подложке и характеристик формирования покрытий методом конденсации из пара
P6	Практическая работа № 6	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-У2;ОПК-1-У3;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-1-В4;ОПК-1-В2;ОПК-1-В3;ОПК-1-В1	Расчёт параметров процесса формирования покрытий, полученных химическим осаждением из газовой фазы
P7	Практическая работа № 7	ОПК-1-31;ОПК-1-32;ОПК-1-33;ОПК-1-34;ОПК-1-У2;ОПК-1-У4;ОПК-1-В2;ОПК-1-В4;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-1-31	Расчет характеристик плазменного потока, обеспечивающих нагрев и ускорение напыляемых частиц при формировании плазменных покрытий

P8	Практическая работа № 8	ОПК-1-31;ОПК-1-34;ОПК-1-У3;ОПК-1-33;ОПК-1-В2;ОПК-1-В4;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-1-31	Анализ межфазных взаимодействий на границе формируемого покрытия при плазменном напылении. Свойства газотермических покрытий
P9	Практическая работа № 9	ОПК-1-31;ОПК-1-33;ОПК-1-У2;ОПК-1-У3;ОПК-1-В1;ОПК-1-В2;ОПК-1-В4;ПК-1-31;ПК-1-В1	Термодинамический и кинетический анализ процесса формирования покрытий контактно- жидкостным методом
P10	Практическая работа № 10	ОПК-1-31;ОПК-1-33;ОПК-1-У1;ОПК-1-У3;ОПК-1-В1;ОПК-1-В3;ПК-1-31;ПК-1-У1;ОПК-1-В4	Анализ процессов структуро-и фазообразования при воздействии потока ускоренных электронов, лазерного излучения и плазмы на материал при его поверхностном модифицировании

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

Экзаменационный билет состоит из 5 вопросов.

1-ый и 2-ой вопрос - по разделу №1 "Критерии выбора состава покрытий и модифицированных поверхностных слоёв и способов их получения. Свойства покрытий и поверхностных модифицированных слоёв"

3-ий, 4-ый и 5-ый вопрос - по разделу №2 "Методы получения покрытий и модифицированных поверхностных слоёв материалов различного функционального назначения"

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	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
Л1.2	Анциферов В. Н., Бобров Г. В., Дружинин Л. К., др., Митин Б. С.	Порошковая металлургия и напыленные покрытия: Учебник для втузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1987
Л1.3	Аникин В. Н., Блинов И. Д., Королев Ю. М., др. В. П., Елютин	Физико-химия высокотемпературных покрытий: учеб. пособие для практ. занятий для студ. спец. 11.04	Электронная библиотека	М.: Учеба, 1990
Л1.4	Блинков И. В., Волхонский А. О., Сергеев В. С., др.	Покрытия и поверхностное модифицирование материалов (N 2930): курс лекций	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 2018

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

Э1	№332 Физико-химия высокотемпературных покрытий: учеб. пособие Аникин В.Н., Блинков И.В., Королев Ю.Ф., Пирогова Е.Ф., Тальдрик А.Ф. 1990, 106 с.  Url: <a href="http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=2410">http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=2410</a>	<a href="http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=2410">http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=2410</a>
Э2	№1391 Теория и технология напыленных покрытий: Разд.: Теоретические основы технологии напыленных покрытий. Костиков В.И. 1990, 99 с.  Url: <a href="http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=6794">http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=6794</a>	<a href="http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=6794">http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=6794</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
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
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 физико-химических основ и технологического оформления процессов осаждения покрытий и поверхностного модифицирования материалов. Практические занятия систематизируют и закрепляют теоретический материал путем решения задач на занятии, 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.