

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 30.10.2023 16:04:03

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)

# Технологии инженерии поверхности

Закреплена за подразделением Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий

Направление подготовки 22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль Новые материалы. Порошковые и аддитивные технологии

Квалификация	<b>Магистр</b>	
Форма обучения	<b>очная</b>	
Общая трудоемкость	<b>4 ЗЕТ</b>	
Часов по учебному плану	144	Формы контроля в семестрах: экзамен 1
в том числе:		
аудиторные занятия	54	
самостоятельная работа	54	
часов на контроль	36	

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	1 (1.1)		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	18	18	18	18
Лабораторные	18	18	18	18
Практические	18	18	18	18
Итого ауд.	54	54	54	54
Контактная работа	54	54	54	54
Сам. работа	54	54	54	54
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*д.т.н., проф., Кирюханцев-Корнеев Ф.В.*

Рабочая программа

**Технологии инженерии поверхности**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.02 Металлургия, 22.04.02-ММТ-23-16.plx Новые материалы. Порошковые и аддитивные технологии, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.02 Металлургия, Новые материалы. Порошковые и аддитивные технологии, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий**

Протокол от 03.04.2023 г., №11

Руководитель подразделения Левашов Евгений Александрович, д.т.н., профессор

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цели освоения дисциплины:
1.2	Научить основам комплексного научного подхода при проектировании и создании различных видов покрытий, полученных методами газотермического напыления, наплавочными методами и методами физического осаждения из паровой фазы, обучить выбору составов покрытий различного назначения с учетом требуемых свойств для конкретного применения, теоретическим основам конструирования покрытий, особенностям методов контроля свойств покрытий, управлять технологическими процессами получения покрытий, эксплуатировать оборудование для нанесения покрытий.

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В
2.1	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.2	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Научно-исследовательская практика	
2.2.2	Процессы консолидации порошковых материалов	
2.2.3	Процессы СВС как основы синтеза неорганических материалов	
2.2.4	Материаловедение в аддитивных технологиях	
2.2.5	Методы аттестации функциональных поверхностей материалов	
2.2.6	Методы получения и исследование покрытий медицинского назначения	
2.2.7	Порошковые материалы с особыми свойствами	
2.2.8	Теоретические основы получения и технологии твердых сплавов	
2.2.9	Технологии наноматериалов и гибридных наноматериалов	
2.2.10	Технология получения композиционных материалов для авиакосмической промышленности	
2.2.11	Физико-химические основы и технологии жаропрочных и жаростойких материалов	
2.2.12	Физико-химические основы и технологии композиционных материалов. Технологии углеродных материалов и графитов	
2.2.13	Физико-химические основы и технологии тепловыделяющих и поглощающих материалов	
2.2.14	Цифровые аддитивные технологии в имплантологии	
2.2.15	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.16	Преддипломная практика	

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

<b>ПК-4: Способен разрабатывать технологические процессы получения порошков, порошковых, композиционных материалов, покрытий и управлять ими, проводить их анализ для выбора мер и средств управления качеством продукции</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-4-32 пути достижения требуемых свойств покрытий различного назначения	
ПК-4-31 общую характеристику технологического цикла получения покрытий	
<b>ПК-3: Способен анализировать результаты эксперимента, выбирать методы исследований, формировать новые направления исследований, определять сферы применения результатов исследований</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-3-33 современные образовательные и информационные технологии	
ПК-3-32 пути достижения требуемых свойств покрытий различного назначения	
ПК-3-31 определять и описывать фазовый состав покрытий	
<b>ПК-4: Способен разрабатывать технологические процессы получения порошков, порошковых, композиционных материалов, покрытий и управлять ими, проводить их анализ для выбора мер и средств управления качеством продукции</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-4-У2 проводить литературный и патентный поиск	
ПК-4-У1 описывать и анализировать технологические схемы производства покрытий, сопоставлять преимущества и	

недостатки, ограничения и перспективы возможных вариантов
<b>ПК-3: Способен анализировать результаты эксперимента, выбирать методы исследований, формировать новые направления исследований, определять сферы применения результатов исследований</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-3-У1 выполнять расчет составов покрытий при различных вариантах их получения
ПК-3-У2 проводить статистическую обработку экспериментальных данных
ПК-3-У3 определять и описывать фазовый состав покрытий
<b>ПК-4: Способен разрабатывать технологические процессы получения порошков, порошковых, композиционных материалов, покрытий и управлять ими, проводить их анализ для выбора мер и средств управления качеством продукции</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-4-В1 навыками выбора и применения соответствующих методов моделирования физических, химических и технологических процессов
<b>ПК-3: Способен анализировать результаты эксперимента, выбирать методы исследований, формировать новые направления исследований, определять сферы применения результатов исследований</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-3-В1 иметь навыки проведения измерения физических и эксплуатационных свойств покрытий
ПК-3-В2 методами исследования, планированием и проведением необходимых экспериментов, навыками интерпретировать результаты и делать выводы
ПК-3-В3 методиками определения ресурсо-экологических показателей технологических процессов

#### 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. Газотермические технологии напыления</b>							
1.1	Плазменное и электродуговое напыление /Лек/	1	2	ПК-3-32	Л1.2 Л1.4 Л1.5Л2.1 Э1 Э2			
1.2	Сверхзвуковое газопламенное (HVOF) и детонационное напыление /Лек/	1	2	ПК-3-32 ПК-4-31	Л1.2 Л1.4 Л1.5Л2.1 Э1 Э2			
1.3	Холодное газодинамическое напыление. Контрольная работа №1. /Лек/	1	2	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-3-32	Л1.2 Л1.4 Л1.5Л2.1 Э1 Э2		КМ1	
1.4	Структурные особенности покрытий, полученных методами газотермического напыления /Пр/	1	2	ПК-4-В1	Л3.2 Э1 Э2			Р1
1.5	Модифицирование поверхности методами плазменного напыления и плазменной наплавки /Лаб/	1	2	ПК-4-У1 ПК-3-В1	Л3.2 Э1 Э2			Р2
1.6	Определение стойкости покрытий к абразивным, эрозионным и ударно-динамическим воздействиям /Пр/	1	4	ПК-3-В2 ПК-3-В1	Л3.1 Л3.3 Э1 Э2			Р3
1.7	Особенности применения метода оптической эмиссионной спектроскопии тлеющего разряда (GDOES) при исследовании защитных покрытий /Пр/	1	4	ПК-3-У1 ПК-3-33	Л3.2 Э1 Э2			Р4

1.8	Подготовка к лабораторным и контрольным работам, практическим занятиям /Ср/	1	18	ПК-4-У2	Л1.2 Л1.4 Л1.5Л2.1Л3. 2 Л3.3 Э1 Э2 Э3			
<b>Раздел 2. Наплавочные технологии</b>								
2.1	Электродуговая и плазменная наплавка /Лек/	1	2	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-3-32	Л1.1 Л1.3 Л1.7Л2.2 Л2.7 Э1 Э2			
2.2	Технология электроискрового легирования (ESA). Гибридные технологии поверхностного упрочнения. /Лек/	1	2	ПК-3-33 ПК-3-32 ПК-4-31	Л1.1 Л1.3 Л1.6 Л1.7Л2.3 Л2.6 Э1 Э2			
2.3	Лазерная наплавка. Контрольная работа №2. /Лек/	1	2	ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-3-32 ПК-4-У1	Л1.7Л2.5 Э1 Э2		КМ2	
2.4	Исследование кинетики массопереноса и процессов формирования покрытий методом электроискрового легирования /Лаб/	1	2	ПК-3-У2 ПК-3-33 ПК-3-В2	Л3.3 Э1 Э2			Р6
2.5	Модификация поверхности ответственных изделий с применением метода электроискрового легирования в контролируемых газовых средах /Лаб/	1	2	ПК-4-32 ПК-3-В3	Л3.2 Л3.3 Э1 Э2			Р7
2.6	Определение структуры и свойств покрытий, полученных с использованием электроискрового легирования и гибридной технологии ESA-PCAE-MS /Пр/	1	4	ПК-3-У3 ПК-3-В1	Л3.2 Л3.3 Э1 Э2			Р5
2.7	Технология импульсного катодно-дугового испарения и гибридная технология ESA-PCAE-MS /Лаб/	1	4	ПК-3-У3 ПК-3-У2 ПК-4-32	Л3.2 Л3.3 Э1 Э2			Р8
2.8	Подготовка к лабораторным и контрольным работам, практическим занятиям /Ср/	1	18	ПК-4-У2 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.3 Л1.6 Л1.7Л2.2 Л2.3 Л2.5 Л2.6 Л2.7Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2 Э3			
<b>Раздел 3. Ионно-плазменные вакуумные технологии</b>								
3.1	Электронно-лучевое термическое испарение (EB-PVD) /Лек/	1	2	ПК-3-32 ПК-3-33 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.4Л2.4 Э1 Э2			
3.2	Вакуумное катодно-дуговое испарение /Лек/	1	2	ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.4Л2.4 Э1 Э2			
3.3	Магнетронное напыление (DCMS, PMS, HIPIMS). Контрольная работа №3 /Лек/	1	2	ПК-3-32 ПК-3-33 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л1.4Л2.4 Э1 Э2		КМ3	

3.4	Нанесение нанокomпозиционных покрытий методом высокоомощного импульсного магнетронного напыления (HIPIMS) /Лаб/	1	2	ПК-3-33 ПК-3-У3 ПК-3-В2	Л1.4Л2.4Л3. 2 Л3.3 Э1 Э2			Р9
3.5	Применение керамических катодных материалов, получаемых методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, в ионно-плазменных технологиях нанесения покрытий /Лаб/	1	2	ПК-3-В3 ПК-4-32 ПК-4-31 ПК-4-В1	Л1.4Л2.4Л3. 2 Л3.3 Э1 Э2			Р10
3.6	Применение магнетронных распылительных систем несбалансированного типа для нанесения многокомпонентных покрытий /Лаб/	1	4	ПК-3-У1 ПК-4-У1 ПК-4-32	Л1.4Л2.4Л3. 2 Л3.3 Э1 Э2			Р11
3.7	Закономерности влияния структурных особенностей на механические, трибологические и антикоррозионные свойства ионно-плазменных покрытий /Пр/	1	4	ПК-4-32 ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.4Л2.4Л3. 2 Л3.3 Э1 Э2			Р12
3.8	Подготовка к лабораторным и контрольным работам, практическим занятиям /Ср/	1	18	ПК-4-У2 ПК-4-31 ПК-3-32 ПК-3-У3 ПК-4-У1	Л1.4Л2.4Л3. 2 Л3.3 Э1 Э2 Э3			

### 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-3-32;ПК-3-В3;ПК-4-31;ПК-4-32	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Технология электродугового напыления</li> <li>2. Принципиальная схема плазменного напыления</li> <li>3. Сравнительная характеристика исходных материалов (порошок, проволока, прутки)</li> <li>4. Схемы плазмотронов с вихревой стабилизацией, полым катодом, изолирующими вставками, каскадной дугой, с самоустанавливающейся длиной дуги, жидкостной стабилизацией</li> <li>5. Схемы и принципы действия высокочастотных плазмотронов</li> <li>6. Влияние параметров плазмотрона на тепловые характеристики плазменной струи</li> <li>7. Условия нагрева и плавления материала, подаваемого в виде проволоки и порошка</li> <li>8. Основные характеристики эффективности плазменного напыления. Влияние места и количества точек ввода порошка и параметров дуги.</li> <li>9. Скорость движения частиц в высокотемпературной струе. Характер изменения скорости частиц и температуры плазмы вдоль оси плазмотрона</li> <li>10. Взаимодействие напыляемого материала с поверхностью подложки.</li> <li>11. Нанесение покрытий из материалов, не плавящихся в плазменной струе, оксидов и тугоплавких соединений</li> <li>12. Газопламенное напыление и сверхзвуковое газопламенное напыление (HVOF, HVOF)</li> <li>13. Детонационное напыление. Структурные особенности и характерные свойства получаемых покрытий</li> <li>14. Отслоение и растрескивание покрытий, разнотолщинность – причины брака причины и способы устранения</li> <li>15. Холодное газодинамическое напыление (технология Cold spray)</li> <li>16. Особенности практического применения методов газотермического напыления</li> </ol>
КМ2	контрольная работа №2	ПК-3-32;ПК-3-В3;ПК-4-31;ПК-4-32;ПК-4-У1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Технология электродуговой наплавки. Основные схемы реализации процесса.</li> <li>2. Исходные материалы для электродуговой наплавки.</li> <li>3. Конструктивные особенности применяемых электродных материалов и способы их получения</li> <li>4. Автоматическая электродуговая наплавка</li> <li>5. Преимущества и недостатки наплавки.</li> <li>6. Плазменная наплавка.</li> <li>7. Теоретические основы метода электроискрового легирования (ESA)</li> <li>8. Процессы ESA в контролируемых газовых средах и вакууме (VESA)</li> <li>9. Основные типы виброинструмента для ESA</li> <li>10. Металлические, керамические и металлокерамические материалы для изготовления ESA-электродов</li> <li>11. Гибридная технология ESA-PCAE-MS</li> <li>12. Механизмы повышения эксплуатационных свойств изделий при использовании технологии ESA и гибридной технологии ESA-PCAE-MS</li> <li>13. Особенности процесса терморекреационного упрочнения (CRAPED)</li> <li>14. Основные схемы реализации процессов ESA и CRAPED</li> <li>15. Технология лазерной наплавки</li> <li>16. Виды постобработок наплавленных слоёв</li> <li>17. Практическое применение технологии ESA</li> </ol>

КМЗ	контрольная работа №3	ПК-3-В3;ПК-4-31;ПК-4-32;ПК-4-У1;ПК-4-В1	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Технологии физического осаждения из пара (PVD): научные основы, преимущества и недостатки</li><li>2. Теоретические основы метода термического испарения</li><li>3. Способы нагрева при использовании метода термического испарения. Электронно-лучевой нагрев (EB-PVD)</li><li>4. Основные технологические параметры метода термического испарения и конструкции установок для его реализации</li><li>5. Теоретические основы методов распыления</li><li>6. Сравнение методов испарения и распыления при нанесении многокомпонентных покрытий</li><li>7. Принцип действия магнетронного распылителя</li><li>8. Вольт-амперная характеристика, напряжение зажигания и мощность разряда при магнетронном распылении</li><li>9. Цилиндрические и кольцевые магнетронные системы (MS)</li><li>10. Классификация MS по типу электропитания и по конфигурации магнитных полей</li><li>11. Метод катодно-дугового испарения (CAE): принцип, схема, технологические характеристики</li><li>13. Преимущества и недостатки метода CAE. Технология PCAE для керамических катодных материалов. Схемы с криволинейным плазмодом.</li><li>14. Технологические способы устранения капельной фазы в методах дугового осаждения</li><li>15. Схемы промышленных PVD установок</li><li>16. Технология HIPIMS</li><li>17. Использование комбинированных способов поверхностной модификации</li></ol>
-----	-----------------------	---	---



КМ4	экзамен	ПК-3-В3;ПК-3-32;ПК-4-31;ПК-4-32;ПК-4-У1;ПК-4-В1;ПК-3-33;ПК-3-У1;ПК-3-У3	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Технология электродугового напыления</li> <li>2. Принципиальная схема плазменного напыления</li> <li>3. Сравнительная характеристика исходных материалов (порошок, проволока, прутки)</li> <li>4. Схемы плазмотронов с вихревой стабилизацией, полым катодом, изолирующими вставками, каскадной дугой, с самоустанавливающейся длиной дуги, жидкостной стабилизацией</li> <li>5. Схемы и принципы действия высокочастотных плазмотронов</li> <li>6. Влияние параметров плазмотрона на тепловые характеристики плазменной струи</li> <li>7. Условия нагрева и плавления материала, подаваемого в виде проволоки и порошка</li> <li>8. Основные характеристики эффективности плазменного напыления. Влияние места и количества точек ввода порошка и параметров дуги.</li> <li>9. Скорость движения частиц в высокотемпературной струе. Характер изменения скорости частиц и температуры плазмы вдоль оси плазмотрона</li> <li>10. Взаимодействие напыляемого материала с поверхностью подложки.</li> <li>11. Нанесение покрытий из материалов, не плавящихся в плазменной струе, оксидов и тугоплавких соединений</li> <li>12. Газопламенное напыление и сверхзвуковое газопламенное напыление (HVOF, HVAF)</li> <li>13. Детонационное напыление. Структурные особенности и характерные свойства получаемых покрытий</li> <li>14. Отслоение и растрескивание покрытий, разнотолщинность – причины брака причины и способы устранения</li> <li>15. Холодное газодинамическое напыление (технология Cold spray)</li> <li>16. Особенности практического применения методов газотермического напыления</li> <li>17. Технология электродуговой наплавки. Основные схемы реализации процесса.</li> <li>18. Исходные материалы для электродуговой наплавки.</li> <li>19. Конструктивные особенности применяемых электродных материалов и способы их получения</li> <li>20. Автоматическая электродуговая наплавка</li> <li>21. Преимущества и недостатки наплавки.</li> <li>22. Плазменная наплавка.</li> <li>23. Теоретические основы метода электроискрового легирования (ESA)</li> <li>24. Процессы ESA в контролируемых газовых средах и вакууме (VESA)</li> <li>25. Основные типы виброинструмента для ESA</li> <li>26. Металлические, керамические и металлокерамические материалы для изготовления ESA-электродов</li> <li>27. Гибридная технология ESA-PCAE-MS</li> <li>28. Механизмы повышения эксплуатационных свойств изделий при использовании технологии ESA и гибридной технологии ESA-PCAE-MS</li> <li>29. Особенности процесса терморреакционного упрочнения (CRAPED)</li> <li>30. Основные схемы реализации процессов ESA и CRAPED</li> <li>31. Технология лазерной наплавки</li> <li>32. Виды постобработок наплавленных слоёв</li> <li>33. Практическое применение технологии ESA</li> <li>34. Технологии физического осаждения из пара (PVD): научные основы, преимущества и недостатки</li> <li>35. Теоретические основы метода термического испарения</li> <li>36. Способы нагрева при использовании метода термического испарения. Электронно-лучевой нагрев (EB-PVD)</li> <li>37. Основные технологические параметры метода термического испарения и конструкции установок для его реализации</li> <li>38. Теоретические основы методов распыления</li> <li>39. Сравнение методов испарения и распыления при нанесении многокомпонентных покрытий</li> <li>40. Принцип действия магнетронного распылителя</li> <li>41. Вольт-амперная характеристика, напряжение зажигания и</li> </ol>
-----	---------	---	---

			<p>мощность разряда при магнетронном распылении</p> <p>42. Цилиндрические и кольцевые магнетронные системы (MS)</p> <p>43. Классификация MS по типу электропитания и по конфигурации магнитных полей</p> <p>44. Метод катодно-дугового испарения (CAE): принцип, схема, технологические характеристики</p> <p>45. Преимущества и недостатки метода CAE. Технология PCAE для керамических катодных материалов. Схемы с криволинейным плазмодом.</p> <p>46. Технологические способы устранения капельной фазы в методах дугового осаждения</p> <p>47. Схемы промышленных PVD установок</p> <p>48. Технология HIPIMS</p> <p>49. Использование комбинированных способов поверхностной модификации</p>
<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	Практическое занятие "Структурные особенности покрытий, полученных методами газотермического напыления"	ПК-4-В1	Ознакомление студентов с натурными образцами газотермических покрытий. Обработка данных, полученных в ходе исследований шлифов покрытий на растровом электронном и оптическом микроскопах.
P2	Лабораторная работа "Модифицирование поверхности методами плазменного напыления и плазменной наплавки"	ПК-3-В1;ПК-4-У1	Знакомство с прибором Multiplaz для плазменной резки и сварки. Демонстрация принципа работы устройства при использовании сопел различной конфигурации и исходных материалов (порошок, проволока). Ознакомление со схемой реализации процесса плазменной наплавки.
P3	Практическое занятие "Определение стойкости покрытий к абразивным, эрозионным и ударно-динамическим воздействиям"	ПК-3-В1;ПК-3-В2	Проведение исследования покрытий для определения стойкости к абразивным, эрозионным и ударно-динамическим воздействиям с использованием приборов Calowear-tester (НИИТАвтопром), Impact tester (Cemcon), УЗДН-2Т. Выполнение расчётов коэффициентов износа.
P4	Практическое занятие "Особенности применения метода оптической эмиссионной спектроскопии тлеющего разряда (GDOES) при исследовании защитных покрытий"	ПК-3-ЗЗ;ПК-3-У1	Проведение исследований покрытий с использованием метода GDOES. Ознакомление с прибором Profiler-2 (Horiba Jobin Yvon) и программным обеспечением Quantum-XP. Измерение характерных систем "покрытие-подложка", полученных различными методами при использовании металлических или неметаллических прекурсоров.

P5	Практическая работа "Определение структуры и свойств покрытий, полученных с использованием электроискрового легирования и гибридной технологии ESA-PCAE-MS"	ПК-3-У3;ПК-3-В1	Обработка данных структурных исследований (растровая электронная микроскопия, рентгенофазовый анализ, оптическая профилометрия) и результатов индентирования (микро/нано-твердомеры) однослойных электроискровых покрытий и многослойных покрытий, полученных по гибридной технологии, сочетающей электроискровое легирование, импульсное катодно-дуговое испарение и магнетронное напыление. Анализ влияния материала подложки и электродов на структуру и свойства полученных покрытий.
P6	Лабораторная работа "Исследование кинетики массопереноса и процессов формирования покрытий методом электроискрового легирования"	ПК-3-33;ПК-3-У2;ПК-3-В2	Получение покрытий методом электроискрового легирования при использовании металлических/керамических электродов и подложек различного состава. Определение кинетики массопереноса весовым методом. Вычисление коэффициентов массопереноса. Анализ результатов. Установление закономерностей влияния режимов и состава электродов на процесс массопереноса.
P7	Лабораторная работа "Модификация поверхности ответственных изделий с применением метода электроискрового легирования в контролируемых газовых средах"	ПК-3-В3;ПК-4-32	Ознакомление с устройствами, позволяющими реализовывать процесс электроискрового легирования в газовых средах, таких как аргон и азот, а также в условиях форвакуума. Демонстрация возможностей установки типа УВН-2М с 3D-модулем перемещения электрода. Нанесение покрытий в реакционных режимах при варьировании энергетических параметров и расхода газа.
P8	Лабораторная работа "Технология импульсного катодно-дугового испарения и гибридная технология ESA-PCAE-MS"	ПК-3-У2;ПК-3-У3;ПК-4-32	Демонстрация работы импульсного катодно-дугового источника. Ознакомление с принципом нанесения многослойных покрытий в вакуумной установке при последовательной реализации методов ESA и PCAE/MS. Расчёт скорости нанесения индивидуальных слоёв по микрофотографиям структуры ("cross-section"). Анализ топографии поверхности индивидуальных слоёв по микрофотографиям структуры ("plan-view")
P9	Лабораторная работа "Нанесение нанокomпозиционных покрытий методом высокомоощного импульсного магнетронного напыления (HIPIMS)"	ПК-3-33;ПК-3-У3;ПК-3-В2	Демонстрация возможностей магнетронной распылительной системы при реализации метода HIPIMS. Ознакомление с принципами управления блоком TruPlasma 4002 TRUMPF. Изготовление образцов тонкоплёночных покрытий.

P10	Лабораторная работа "Применение керамических катодных материалов, получаемых методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, в ионно-плазменных технологиях нанесения покрытий "	ПК-3-В3;ПК-4-31;ПК-4-32;ПК-4-В1	Ознакомление с возможностями получения керамических, функционально-градиентных и армированных катодов-мишеней методом СВС. Демонстрация образцов катодов. Участие в экспериментах по получению покрытий с использованием СВС-мишеней.
P11	Лабораторная работа "Применение магнетронных распылительных систем несбалансированного типа для нанесения многокомпонентных покрытий"	ПК-3-У1;ПК-4-32;ПК-4-У1	Знакомство с установками несбалансированного магнетронного напыления, работающих в дуальном режиме и режиме "плазменного котла" (CFUBMS). Знакомство с ПО установки Teer UDP-850. Проведение операций по подготовке подложек. Нанесение покрытий при варьировании токов на магнетроны, скорости вращения и расхода реакционного газа.
P12	Практическое занятие "Закономерности влияния структурных особенностей на механические, трибологические и антикоррозионные свойства ионно-плазменных покрытий "	ПК-3-31;ПК-3-В1;ПК-4-32	Обработка результатов исследования типичных ионно-плазменных покрытий, полученных по ранее использованным режимам (на лабораторных работах). Установление взаимосвязи между размером кристаллитов и объёмной долей аморфной фазы (либо толщины слоёв - в случае многослойных покрытий), твёрдостью, упруго-пластическими свойствами, а также особенностями поведения покрытий в условиях трибоконтакта и воздействия агрессивных жидких сред.

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

Образец билета для экзамена по дисциплине "Технологии инженерии поверхности"

Национальный исследовательский технологический университет "МИСИС"  
Институт технологий

Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий  
Направление подготовки "Металлургия", 22.04.02  
Технологии инженерии поверхности

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №2

1. Принципиальная схема плазменного напыления.
2. Теоретические основы метода электроискрового легирования (ESA).
3. Технологические способы устранения капельной фазы в методах дугового осаждения.

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой, проф., д.т.н.

Е.А. Левашов

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

Методика оценки обучающегося на экзамене

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие знания в объеме программы дисциплины, уверенно устанавливает логические связи между отдельными разделами дисциплины, грамотно и непротиворечиво излагает материал при ответе, знает источники дополнительной информации.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов и установлении логических связей между отдельными разделами дисциплины, четко излагает материал без существенных противоречий в информации.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, исправляет допущенные ошибки после уточняющих вопросов преподавателя, знает основные и дополнительные источники информации по программе дисциплины.

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не способен установить логические связи между разделами дисциплины, не может дать ответ на основной и/или дополнительный вопрос.

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

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

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Фрумин И. И.	Автоматическая электродуговая наплавка: научная литература	Электронная библиотека	Харьков: Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии, 1961
Л1.2	Лепешев А. А.	Плазменное напыление аморфных и нанокристаллических материалов: монография	Электронная библиотека	Красноярск: Сибирский федеральный университет (СФУ), 2013
Л1.3	Багрянский К. В.	Электродуговая сварка и наплавка под керамическими флюсами: практическое пособие	Электронная библиотека	Киев: Техніка, 1976
Л1.4	Кудинов В. В., Бобров Г. В., Митин Б. С.	Нанесение покрытий напылением: Теория, технология и оборудование: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1992
Л1.5	Фомин В. М., Алхимов А. П., Клинков С. В., Косарев В. Ф., Фомин В. М.	Холодное газодинамическое напыление. Теория и практика: монография	Электронная библиотека	Москва: Физматлит, 2009
Л1.6	Доронин О. Н., Левашов Евгений Александрович	Разработка электроискровой технологии упрочнения прокатных валков из белого чугуна: автореф. дис... к.т.н., спец. 05.16.06 - "Порошковая металлургия и композиционные материалы"	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2013
Л1.7	Веремеевич Анатолий Николаевич, Персиянов С. В.	Лазерная наплавка деталей металлургического оборудования: Лаб. практикум для слушателей спец. фак. и студ. спец. 0408	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 1987

**6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Ильющенко А. Ф., Шевцов А. И., Оков И. Н., Громыко Г. Ф.	Процессы формирования газотермических покрытий и их моделирование: монография	Электронная библиотека	Минск: Белорусская наука, 2011
Л2.2	Коротков В. А.	Ремонтная сварка и наплавка: учебно-методическое пособие	Электронная библиотека	Москва: Директ-Медиа, 2014

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.3	Левашов Евгений Александрович, Новиков А. В., Курбаткина Виктория Владимировна	Технология и свойства СВС-порошков, материалов и изделий: лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2007
Л2.4		Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия	Библиотека МИСиС	,
Л2.5	Григорьянц А. Г., Казарян М. А., Лябин Н. А.	Лазерная прецизионная микрообработка материалов: монография	Электронная библиотека	Москва: Физматлит, 2017
Л2.6	Замулаева Е. И., Левашов Евгений Александрович	Разработка наноструктурированных электродов и покрытий на основе WC-Co: автореф. дис... к.т.н., спец. 05.16.06 - "Порошковая металлургия и композиционные материалы"	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2009
Л2.7	Зайцев П. И.	Аргонодуговая наплавка интерметаллида Fe <sub>3</sub> Al с подачей разнородных проволок на основе Fe и Al: студенческая научная работа	Электронная библиотека	Санкт-Петербург: б.и., 2020

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Белый А. В., Калиниченко А. С., Девойно О. Г., Кукареко В. А.	Инженерия поверхностей конструкционных материалов с использованием плазменных и пучковых технологий: монография	Электронная библиотека	Минск: Беларуская навука, 2017
Л3.2	Кириуханцев-Корнеев Филипп Владимирович	Научные и технологические принципы нанесения покрытий методами физического и химического осаждения. Методы получения и исследования покрытий: практикум	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015
Л3.3	Петржик Михаил Иванович, Кириуханцев-Корнеев Филипп Владимирович, Воробьева Мария Вячеславовна	Методы аттестации наноструктурных поверхностей. Методы формирования и исследования функциональных поверхностей: лаб. практикум	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2015

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

Э1	Учебно-методическая литература для студентов	<a href="https://www.studmed.ru/">https://www.studmed.ru/</a>
Э2	Государственная публичная научно-техническая библиотека России	<a href="http://www.gpntb.ru/">http://www.gpntb.ru/</a>
Э3	Сайт Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности»	<a href="http://www1.fips.ru">www1.fips.ru</a>

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
П.2	MS Teams
П.3	Microsoft PowerPoint
П.4	Microsoft Excel

**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
К-107	Лаборатория	демонстрационное оборудование, в том числе доска учебная мультимедийный проектор, экран проекционный, гидравлический пресс ручной, гидравлический пресс с электроприводом, два оптических микроскопа, технические весы, аналитические весы, твердомеры (по Бринеллю и Виккерсу, две муфельные печи, шкаф вытяжной (2 секции), оборудование для определения физических технологических свойств порошков
К-06	Лаборатория	лабораторная вакуумная печь с вольфрамовым нагревателем, вакуумная печь, электропечь SNOL72/1200 2 шт., весы аналитические
К-01	Лаборатория ионно-плазменного осаждения функциональных покрытий:	прибор Импакт Тестор, установка UDP 850/4, трибометр высокотемпературный, ультразвуковой генератор УЗГ-3-4
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
Читальный зал №4 (Б)		комплект учебной мебели на 20 рабочих мест, компьютеры с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
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.
К-107	Лаборатория	демонстрационное оборудование, в том числе доска учебная мультимедийный проектор, экран проекционный, гидравлический пресс ручной, гидравлический пресс с электроприводом, два оптических микроскопа, технические весы, аналитические весы, твердомеры (по Бринеллю и Виккерсу, две муфельные печи, шкаф вытяжной (2 секции), оборудование для определения физических технологических свойств порошков

**8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

При изучении дисциплины "Технологии инженерии поверхности" необходимо использовать следующие учебные пособия, которые невозможно выбрать в "менеджере РПД":

1. Кирюханцев-Корнеев Ф.В. Современные технологии нанесения упрочняющих покрытий на поверхности изделий сложных пространственных форм: курс лекций.- М.: Изд. дом НИТУ МИСИС, 2020.- 104 с.
2. Теоретические основы получения наноструктурированных поверхностей: методы получения и исследования наноструктурных пленок и покрытий: практикум / Ф.В. Кирюханцев-Корнеев, А.Д. Сытченко, А.Н. Швейко.- М.: Изд. дом НИТУ МИСИС, 2021.- 88 с.