

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ключевский Юрий Сергеевич

Должность: Ректор

Дата подписания: 01.10.2026 16:01:56

Уникальный программный ключ:

3beb265d5d589e7ff4c954946f3ad99a1e70a92

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тюменский индустриальный университет»
Технологический институт

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплины (модуля): Материаловедение и технологии функциональных покрытий

Программа аспирантуры: Материаловедение

Научная специальность: 2.6.17. Материаловедение

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Материаловедение и технология конструкционных материалов», протокол от « 27 » апреля 2026 г. № 12 .

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цель дисциплины (модуля): формирование знаний о теоретических основах, свойствах, выборе и технологиях нанесения функциональных покрытий на представлении о строении и свойствах покрытий, изучении их структуры и свойств в зависимости от их состава, условий получения и термической обработки.

Задачи дисциплины (модуля):

- установление зависимости между составом, строением и основными свойствами покрытий;
- изучение теории и практики получения покрытий, обеспечивающих высокую надёжность и долговечность изделий и элементов конструкций;
- выработка навыков подбора режимов и нанесения покрытий с учётом конкретных условий работы машин, агрегатов и конструкций;
- вскрытие физической сути явлений, происходящих в функциональных покрытиях при воздействии на них многочисленных технологических и эксплуатационных факторов.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре программы аспирантуры

Дисциплина (модуль) «Материаловедение и технологии функциональных покрытий» относится к образовательному компоненту учебного плана.

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю)

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих: знаний:

- теоретических и практических основ по созданию функциональных и инновационных технологий разработки, нанесения и использования покрытий с заданными технологическими и функциональными свойствами;

умений:

- интерпретировать экспериментальные и практические данные и создавать новые технологические процессы получения функциональных и инновационных покрытий;
- оценивать уровень проблемных зон деталей, изделий или элементов конструкций, работающих в различных агрессивных средах;
- самостоятельно осваивать и применять системы компьютерного моделирования, проектирования и инжиниринга функциональных покрытий;

навыков:

- проектирования процессов защиты поверхности деталей от воздействия агрессивных сред с учётом внешних и внутренних факторов;
- владения методологией теоретических и экспериментальных исследований с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий в области разработки, нанесения и использования покрытий с заданными технологическими и функциональными свойствами.

4. Объём дисциплины (модуля)

Общий объём дисциплины (модуля) составляет 4 зачётных единицы, 144 часа.

Таблица 1

Курс/ семестр	Аудиторные занятия/контактная работа, час.		Самостоятельная работа, час.	Форма промежуточной аттестации
	Лекции	Практические занятия		
1/1	24	24	96	Зачёт

5. Структура и содержание дисциплины (модуля)

5.1. Структура дисциплины (модуля).

Таблица 2

№ п/п	Структура дисциплины		Аудиторные занятия, час.		СР, час.	Всего, час.	Оценочные средства
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.			
1	1	Классификация покрытий и методов их получения	2	2	6	10	Устный опрос
2	2	Подготовка поверхностей деталей к нанесению покрытий	2	2	8	12	Устный опрос
3	3	Контроль качества покрытий	2	4	12	18	Устный опрос
4	4	Химические и электрохимические методы нанесения покрытий	4	—	18	22	Устный опрос
5	5	Физическое осаждение из газовой фазы	2	4	6	12	Устный опрос
6	6	Химическое осаждение из паровой фазы	1	—	5	6	Устный опрос
7	7	Диффузионные методы покрытий	4	—	18	22	Устный опрос
8	8	Контактные методы нанесения покрытий	2	4	7	13	Устный опрос
9	9	Основные параметры газотермического нанесения покрытий	2	4	4	10	Устный опрос
10	10	Плазменное и газопламенное напыление	2	4	8	14	Устный опрос
11	11	Детонационно-газовое напыление покрытий	1	—	4	5	Устный опрос
Итого:			24	24	96	144	

5.2. Содержание дисциплины (модуля).

5.2.1. Содержание разделов дисциплины (модуля).

Раздел 1. «Классификация покрытий и методов их получения».

1. Предмет и задачи курса.
2. Роль и место покрытий в современном промышленном производстве.
3. Назначение и области применения покрытий.
4. Классификация покрытий и методов их получения.
5. Изменение физико-химических свойств поверхностей при нанесении покрытий.

Раздел 2. «Подготовка поверхностей деталей к нанесению покрытий».

1. Подготовка поверхности при нанесении покрытий.
2. Мойка водой.
3. Обезжиривание.
4. Травление.
5. Механические способы подготовки поверхности.
6. Электрофизическая подготовка поверхности.
7. Ионно-химические способы очистки и активации поверхности.
8. Очистка поверхности световыми потоками.
9. Обезвоживание.
10. Контроль состояния подготовленной поверхности.

Раздел 3. «Контроль качества покрытий».

1. Контрольные операции определения качественных показателей.
2. Основные показатели качества покрытий.
3. Прочность покрытий на границе раздела.
4. Прочность материала покрытия.
5. Остаточные напряжения.
6. Несплошности в покрытиях (пористость).
7. Определение толщины и равномерности покрытия.
8. Методы оценки функциональных свойств покрытий.

Раздел 4. «Химические и электрохимические методы нанесения покрытий».

1. Основные понятия о химических и электрохимических способах нанесения покрытий.
2. Классификация химических и электрохимических покрытий.
3. Сущность метода нанесения химических покрытий.
4. Технология нанесения металлических покрытий химическим восстановлением.
5. Химическое меднение.
6. Химическое никелирование.
7. Количественные зависимости электрохимического процесса.
8. Основные параметры электрохимического процесса.
9. Технология нанесения металлических покрытий электрохимическим осаждением из растворов.
10. Оборудование для нанесения электрохимических покрытий из водных растворов.
11. Методы нанесения электрохимических покрытий из водных растворов.
12. Электрохимические покрытия благородными металлами.
13. Получение композиционных электролитических покрытий.
14. Электроосаждение из солевых расплавов.
15. Специальные области применения электроосаждения.

Раздел 5. «Физическое осаждение из газовой фазы».

1. Классификация методов.
2. Механизм и кинетика формирования вакуумных конденсационных покрытий.
3. Основные параметры вакуумного конденсационного нанесения покрытий и их влияние на эффективность процесса.
4. Вакуумное конденсационное нанесение покрытий термическим испарением.
5. Вакуумное конденсационное нанесение покрытий взрывным испарением-распылением материала покрытия.

Раздел 6. «Химическое осаждение из паровой фазы».

1. Описание процесса и основные области применения химического осаждения из газовой фазы.
2. Теоретические основы технологии получения покрытий химическим осаждением из паровой фазы.
3. Общая характеристика технологического процесса химическим осаждением из паровой фазы.

4. Реакторная установка.
5. Подготовка подложки.
6. Нагрев подложки.
7. Расположение подложки.
8. Основные достоинства метода химического восстановления из паровой фазы.

Раздел 7. «Диффузионные методы покрытий».

1. Назначение диффузионных методов покрытий. Виды диффузионных покрытий, их классификация.
2. Процессы, протекающие при получении покрытий диффузионными методами.
3. Технологические параметры диффузионных методов нанесения покрытий.
4. Формирование слоя в системах с образованием промежуточных фаз.
5. Развитие и область применения метода диффузионного насыщения из засыпок.
6. Технология метода насыщения из засыпок.
7. Технология алитирования.
8. Достоинства и недостатки метода порошков.
9. Технология шликерного метода нанесения покрытий.
10. Технология золь-гель метода нанесения покрытий.
11. Обобщенная схема формирования покрытий. Смачивание и растекание расплава.
12. Взаимодействие расплавленного материала покрытия с атмосферой.
13. Кристаллизация расплавленного материала покрытия.
14. Диффузионное взаимодействие расплавленного покрытия с поверхностью изделий.
15. Особенности процесса и классификация покрытий из расплавленного состояния.
16. Нанесение покрытий погружением в расплавленные среды.
17. Получение покрытий методом насыщения неметаллами.
18. Цементация.
19. Термическая обработка после цементации.
20. Азотирование.
21. Методы совместного насыщения азотом и углеродом.

Раздел 8. «Контактные методы нанесения покрытий».

1. Схема процесса и технологические особенности нанесения покрытий наплавкой.
2. Классификация наплавленных покрытий.
3. Дуговая наплавка покрытий.
4. Плазменная, газопламенная, светолучевая и электронно-лучевая наплавки.
5. Области применения наплавки.
6. Классификация и область применения методов нанесения покрытий плакированием.
7. Прокатка и экструзия.
3. Взрывная обработка.
4. Диффузионная сварка.
5. Горячее изостатическое прессование.
6. Электромагнитная обработка.

Раздел 9. «Основные параметры газотермического нанесения покрытий».

1. История возникновения и классификация газотермических методов нанесения покрытий.
2. Классификация методов.
3. Влияние параметров газотермического напыления на эффективность процесса.
4. Формирование покрытий.
5. Ударные взаимодействия частиц.
6. Формирование однослойных и многослойных газотермических покрытий.

Раздел 10. «Плазменное и газопламенное напыление».

1. Плазменная струя как источник нагрева и распыления материала.
2. Порошковые и проволоочные способы плазменного напыления.
3. Степень защиты процесса плазменного напыления.

4. Параметры режима плазменного напыления и их влияние на эффективность процесса.
5. Параметры распыляемого материала.
6. Параметры, характеризующие внешние условия напыления.
7. Параметры плазменной струи и потока напыляемых частиц.
8. Преимущества и недостатки метода плазменного напыления.
9. Технологические особенности газопламенного напыления.
10. Параметры газопламенного напыления и их влияние на эффективность процесса.
11. Области применения. Преимущества и недостатки газопламенного напыления покрытий..

12. Установки для газопламенного напыления

Раздел 11. «Детонационно-газовое напыление покрытий».

1. Технологические особенности детонационно-газового напыления.
2. Параметры режима детонационного напыления и их влияние на эффективность процесса.
3. Преимущества и недостатки детонационно-газового напыления.

5.2.2. Содержание разделов дисциплины (модуля) по видам учебных занятий.

Лекционные занятия

Таблица 3

№ п/п	Номер раздела дисциплины (модуля)	Объём, час.	Тема лекции
1	1	2	Классификация покрытий и методов их получения
2	2	2	Подготовка поверхностей деталей к нанесению покрытий
3	3	1	Методы оценки прочности покрытий
4		1	Методы оценки пористости, толщины, равномерности и функциональных свойств покрытий
5	4	2	Химические методы нанесения покрытий. Механизм процесса
6		1	Технология нанесения электрохимических покрытий
7		1	Основные методы нанесения электрохимических покрытий
8	5	1	Обобщенная схема вакуумного конденсационного нанесения покрытий
9		1	Основные методы вакуумного конденсационного нанесения покрытий
10	6	1	Технология получения покрытий химическим осаждением из паровой фазы
11	7	1	Классификация диффузионных методов нанесения покрытий. Диффузионное насыщение из засыпок
12		1	Шликерный и золь-гель методы нанесения покрытий
13		1	Нанесение покрытий из расплавленного состояния
14		1	Насыщение неметаллами
15	8	1	Нанесение покрытий наплавкой концентрированными источниками тепла
16		1	Нанесение покрытий плакированием
17	9	1	Классификация методов и формирование газотермических покрытий
18		1	Ударное взаимодействие частиц. Формирование однослойных и

№ п/п	Номер раздела дисциплины (модуля)	Объём, час.	Тема лекции
			многослойных покрытий
19	10	1	Технологические особенности и параметры плазменного напыления
20		1	Газопламенное напыление покрытий
21	11	1	Детонационно-газовое напыление покрытий
Итого:		24	

Практические занятия

Таблица 4

№ п/п	Номер раздела дисциплины (модуля)	Объём, час.	Тема занятия
1	1,2	4	Подготовка образцов к нанесению покрытий
2	2,3	4	Определение структуры покрытий, микротвёрдости, износостойкости
3	2,8	4	Гальваническое меднение, хромирование, воронение, цементация
4	2,5	4	Аллитирование погружением и диффузионным методом
5	2,8,9	4	Упрочнение поверхности режущего инструмента нанесением высокопрочного материала на режущие кромки
6	2,10	4	Микродуговое оксидирование алюминия в щелочной среде
Итого:		24	

Самостоятельная работа

Таблица 5

№ п/п	Номер раздела дисциплины (модуля)	Объём, час.	Тема	Вид СР
1	1	6	Роль и место покрытий в современном промышленном производстве	Подготовка к практическим занятиям
2	2	8	Подготовка поверхностей деталей к нанесению покрытий	Подготовка к практическим занятиям
3	3	12	Контроль качества покрытий	Подготовка к практическим занятиям
4	4	18	Химические и электрохимические методы нанесения покрытий	Подготовка к практическим занятиям
5	5	6	Параметры вакуумного конденсационного нанесения покрытий	Подготовка к практическим занятиям
6	6	5	Основные области применения химического осаждения из газовой фазы	Подготовка к практическим занятиям
7	7	18	Диффузионные методы покрытий	Подготовка к практическим занятиям
8	8	7	Параметры наплавки и плакирования	Подготовка к практическим занятиям
9	9	4	Конструктивные и энергетические	Подготовка к

№ п/п	Номер раздела дисциплины (модуля)	Объём, час.	Тема	Вид СР
			параметры распылителя. Кинетика растекания неподвижной капли	практическим занятиям
10	10	8	Достоинства и недостатки плазменного и газопламенного напыления. Изучение схем плазменного напыления. Параметры режимов плазменного напыления	Подготовка к практическим занятиям
11	11	4	Параметры режима детонационного напыления	Подготовка к практическим занятиям
Итого:		96		

5.2.3. Преподавание дисциплины (модуля) ведётся с применением следующих видов образовательных технологий:

- лекционно-семинарская система обучения (лекционные и практические занятия);
- информационно-коммуникационные технологии (лекционные и практические занятия).

6. Перечень тем рефератов/Требования к письменному переводу

Учебным планом не предусмотрены.

7. Перечень вопросов для подготовки к зачёту

По разделу 1 «Классификация покрытий и методов их получения».

1. Дайте определение термина покрытие.
2. Какие две основные задачи решаются при нанесении покрытий.
3. Основное назначение и области применения покрытий.
4. Основные критерии классификации покрытий.
5. Какие покрытия называют защитными?
6. Основные критерии классификации способов нанесения покрытий.
7. Основные группы методов классифицированных по состоянию наносимого материала.
8. Как изменяются физико-химические свойства поверхности при нанесении покрытий?
9. Основные отличия внутренних и внешних покрытий.
10. Приведите пример комбинированных покрытий.

По разделу 2 «Подготовка поверхностей деталей к нанесению покрытий».

1. Основные способы подготовки поверхности металлов.
2. Основные способы подготовки поверхности неметаллов.
3. Параметры контроля состояния подготовленной поверхности.
4. Применяемые жидкости для обезжиривания.
5. Применяемые растворы для травления.
6. Способы обезвоживания подготавливаемой поверхности.
7. Параметры механической подготовки поверхности.

По разделу 3: «Контроль качества покрытий».

1. Какие две важнейшие задачи должны быть решены при подготовке поверхности изделия?
2. Перечислите основные методы подготовки поверхности изделий.
3. Как называется вода, очищенная с помощью ионообменных смол.
4. Какие вещества чаще всего применяют в процессе обезжиривания.
5. Назовите основное назначение процесса травления.

6. Назовите основные механические методы подготовки поверхности.

7. Назовите основные конструктивные элементы аппарата абразивно-струйной очистки поверхности.

8. Для каких методов нанесения покрытий предпочтительно использовать электрофизическую подготовку поверхности.

9. Назовите основные преимущества физико-химической ионной очистки поверхности.

10. Почему процесс лазерной очистки поверхности не получил широкого применения, несмотря на его высокую эффективность.

11. Какое вещество чаще всего применяют для обезвоживания поверхности изделий?

12. В чем заключается контроль состояния подготовленной поверхности?

13. Что такое пористость?

14. Возможные виды пористости.

15. Неразрушающий метод контроля толщины покрытия.

16. Основные достоинства химического метода контроля толщины покрытия.

17. Опишите процесс определения толщины покрытия методом «капли».

18. На чем основан весовой метод определения толщины покрытия?

19. Чем обусловлена разнотолщинность получаемых покрытий.

20. Методы оценки функциональных свойств покрытий.

21. Укажите основные характеристики и параметры трибометрических испытаний.

22. Что такое коррозионная стойкость покрытий и основные методы ее определения.

По разделу 4 «Химические и электрохимические методы нанесения покрытий».

1. Перечислите основные способы нанесения покрытия.

2. Дайте определение электрохимическому способу получения покрытия.

3. Классификация химических и электрохимических покрытий.

4. В чем сущность метода химического нанесения покрытий?

5. Назовите пределы толщины покрытия, получаемые методом химического восстановления.

6. Какие технологические операции включает в себя процесс нанесения металлических покрытий химическим способом?

7. Назовите операции, которыми обеспечивают чистоту поверхностей при нанесении покрытий.

8. Каким должен быть состав раствора электролита при химическом нанесении покрытия?

9. Назовите основные конструктивные элементы аппарата для нанесения покрытия химическим методом.

10. Расскажите о термической и механической обработках нанесенных покрытий?

11. Опишите процесс химического меднения.

12. Опишите процесс химического никелирования?

13. Как происходит образование и рост кристаллов при электрокристаллизации?

14. Какой фактор определяет скорость возникновения кристаллических зародышей при кристаллизации твердого тела из раствора?

15. Какие особенности наблюдают при росте уже возникших на катоде кристаллических зародышей?

16. Перечислите основные параметры электролитических процессов.

17. Влияние состава электролита на структуру и свойства электролитических осадков.

18. Расскажите о влиянии поверхностноактивных и коллоидных веществ на структуру и свойства электролитических осадков.

19. Как влияет присутствие посторонних электролитов на структуру и свойства электролитических осадков.

20. Перечислите стадии процесса электрокристаллизации.

21. Характеристика метода нанесения электрохимических покрытий из водных растворов.

22. Расскажите об электрохимическом меднении.
23. Сформулируйте особенности электрохимического кобальтирования и железнения.
24. Расскажите об электрохимическом покрытии благородными металлами.
25. В чем заключается получение композиционных электролитических покрытий?
26. Что представляет собой электроосаждение из солевых расплавов?
27. Назовите основные недостатки электроосаждения из солевых расплавов.

По разделу 5 «Физическое осаждение из газовой фазы».

1. Приведите классификацию методов вакуумного конденсационного нанесения покрытий.
2. Из чего состоит обобщенная схема процесса вакуумного конденсационного нанесения покрытий?
3. На какие три стадий целесообразно делить процесс вакуумного конденсационного нанесения покрытий?
4. Сформулируйте общие закономерности формирования потока частиц.
5. Дайте формулировку термина «коэффициент конденсации».
6. Как происходит формирование покрытий?
7. Что понимают под «критическими зародышами»?
8. Назовите четыре схемы формирования структурных покрытий.
9. Что Вы знаете о реактивных процессах при формировании конденсационных покрытий?
10. Назовите энергетические параметры режима работы распылителя.
11. Перечислите параметры распыляемого материала и условий его ввода в зону распыления.
12. Какие параметры характеризуют условия нанесения покрытий?
13. Перечислите условия, обеспечивающие существование методов вакуумного конденсационного нанесения покрытий и пленок.
14. Что представляет собой обобщенная схема вакуумного конденсационного напыления покрытий термическим испарением?
15. Какие параметры вакуумного конденсационного нанесения термическим испарением влияют на показатели эффективности процесса?
16. Какие способы получения паровых потоков Вы знаете?
17. Расскажите о вакуумном конденсационном нанесении покрытий взрывным испарением-распылением материала покрытия.
18. Назовите технологические особенности вакуумного конденсационного нанесения покрытий ионным распылением.
19. В чем сущность диодной и триодной схемы ионного распыления?
20. Сформулируйте достоинства и недостатки магнетронной схемы ионного распыления и ионно-лучевого распыления.

По разделу 6 «Химическое осаждение из паровой фазы».

1. Назовите основные элементы реакторной установки для процесса CVD.
2. Какие типы реакторов используются для получения газофазных покрытий?
3. Подготовка и способы подачи газообразных реагентов в реактор.
4. Охарактеризуйте влияние основных технологических факторов на структуру и качество покрытий.
5. В чем состоит влияние основных технологических факторов на структуру и качество покрытий.

6. Какие требования предъявляются к подложке?
7. Назовите основные параметры химического осаждения.

По разделу 7 «Диффузионные методы покрытий».

1. Какая сущность шликерного метода получения покрытий?
2. Назовите достоинства шликерного метода.
3. Какие требования предъявляются к жидкой фазе шликера?

4. Какими способами покрывают детали шликерами?
 5. В каких пределах находится толщина слоя сухого шликера?
 6. Какой толщины получается покрытие при применении обычных золей?
 7. Какими способами приготавливаются золи?
 8. Чем определяется степень агрегированности золя и его стабильность?
 9. Из каких этапов состоит Золь-гель метод?
 10. Какие методы для получения диффузионных покрытий широко используют?
 11. Перечислите основные элементы оборудования для получения диффузионных покрытий.
 12. Какие смеси относятся к смесям с низкой активностью алюминия?
 12. Какие достоинства метода порошков?
 13. Назовите стадии процесса взаимодействия подложки с засыпкой.
 14. Что используется в качестве активаторов?
 15. Назовите первый процесс диффузионного насыщения, осуществленный в 1914 г.
 16. Чем определяется концентрация наносимого материала?
 17. Какие элементы в покрытие из подложки могут ухудшать жаростойкость?
 18. Перечислите основные достоинства и недостатки метода порошков
 19. Что такое цементация?
 20. Какая температура цементации является приемлемой?
 21. При какой реакции проходит неполное горение угля?
 22. Назовите 3 процесса цементации.
 23. Как проходит цементация в жидких средах?
 24. Какая термическая обработка после цементации проводится?
 25. Что такое азотирование?
 26. Назовите основные виды азотирования.
 27. Какое основное применение низкотемпературного цианирования.
 28. Охарактеризуйте процесс комплексного насыщения неметаллами.
- По разделу 8 «Контактные методы нанесения покрытий».
1. Опишите общую схему нанесения покрытий наплавкой.
 2. Назовите основные технологические особенности нанесения покрытий наплавкой.
 3. Назовите основные критерии, по которым классифицируют процессы нанесения покрытий наплавкой.
 4. Опишите принцип нанесения покрытий дуговой наплавкой неплавящимся вольфрамовым электродом.
 5. Назовите способы дуговой наплавки плавящимся электродом.
 6. Назовите основные конструктивные элементы установки дуговой наплавки плавящимся электродом.
 7. Основные особенности процесса наплавки покрытым электродом.
 8. Какие вещества используют в качестве флюса при осуществлении процесса наплавки под слоем флюса.
 9. В чем заключается особенность процесса наплавки в среде защитных газов?
 10. Достоинства газопламенной наплавки.
 11. Области применения методов нанесения покрытий наплавкой.
 11. Как классифицируют методы нанесения покрытий плакированием?
 12. Основные области применения методов плакирования.
 13. Перечислите основные технологические операции нанесения покрытий экструзией на трубные заготовки.
 14. Охарактеризуйте основные особенности методов получения покрытий прокаткой и экструзией.
 15. В каком году, и при каких обстоятельствах был открыт взрывной метод нанесения покрытий?
 16. Основные преимущества и недостатки метода диффузионной сварки.

17. Опишите процесс горячего изостатического прессования.

18. Применение метода электромагнитной обработки.

По разделу 9 «Основные параметры газотермического нанесения покрытий».

1. В каких годах началось активное развитие газотермических методов нанесения покрытий?

2. Основные аспекты классификации газотермических методов нанесения покрытий.

3. Как влияют конструктивные и энергетические параметры на газотермические процессы.

4. Перечислите основные характеристики распыляемого материала.

5. Назовите параметры внешних условий напыления.

6. Опишите механизм и кинетику формирования газотермических покрытий.

7. Охарактеризуйте условия формирования потока напыляемых частиц.

8. Особенности формирования структуры газотермических покрытий.

9. Назовите и опишите основные схемы формирования газотермических покрытий.

10. Назовите стадии взаимодействия частиц с поверхностью напыления.

11. Особенности формирования структуры газотермических покрытий.

12. Каково влияние температуры и давления в области контакта частица – подложка на адгезионную прочность покрытия.

13. Назовите необходимое условие образования покрытий из твердых вязкопластичных частиц.

14. Объясните кинетику растекания неподвижной капли на поверхности.

15. Что является движущей силой процесса растекания капли?

16. Охарактеризуйте механизм и кинетику растекания расплавленных частиц при ударном взаимодействии с подложкой.

17. Чем определяется прочность сцепления напыленного покрытия с подложкой.

18. Назовите стадии процесса образования однослойного газотермического покрытия.

19. Почему когезионная прочность многослойных покрытий меньше, чем однослойных.

По разделу 10 «Плазменное и газопламенное напыление».

1. Назовите основные способы получения плазменной струи.

2. Перечислите основные виды плазменной струи.

3. Нарисуйте обобщенную схему процесса плазменного напыления.

4. Какова скорость плазменной струи?

5. Назовите основные схемы плазменного напыления.

6. Опишите особенности порошкового способа напыления плазменных покрытий.

7. В чем особенности проволочного способа напыления плазменных покрытий?

8. Классифицируйте процессы плазменного напыления по способу защиты.

9. Назовите параметры режима плазменного напыления.

10. Напишите уравнение, определяющее значение средней массовой энтальпии.

11. Какие параметры определяют условия нагрева распыляемого материала и ускорения частиц?

12. При каких условиях происходит повышение теплового КПД процесса плазменного напыления?

13. Какой материал используют для изготовления электродов плазменных распылителей?

14. Как влияют энергетические параметры на режим работы плазменного распылителя?

15. Основные параметры распыляемого материала.

16. Как влияют параметры плазменной струи и потока напыляемых частиц на процесс плазменного напыления?

17. Назовите основные преимущества и недостатки плазменного напыления.

По разделу 11 «Детонационно-газовое напыление покрытий».

1. Перечислите детонирующие газы, которые используются для напыления.

2. За счет чего регулируется скорость протекания детонационного взрыва и

теплофизических параметров продуктов реакции?

3. Объясните назначение флегматизирующего газа.
4. Назовите основные способы детонационно-газового напыления.
5. Как влияет скорость детонационно-газовой струи на плотность покрытий.
6. Назовите способы регулировки температуры и скорости частиц при детонационно-газовом напылении.
7. Как влияет температура детонационно-газовой струи на температуру подложки.
8. Классификация покрытий и методов их получения.
9. Подготовка поверхностей деталей к нанесению покрытий.
10. Методы оценки прочности покрытий.
11. Методы оценки пористости, толщины, равномерности и функциональных свойств покрытий.
12. Химические методы нанесения покрытий. Механизм процесса.
13. Технология нанесения электрохимических покрытий. Параметры. Оборудование.
14. Основные методы нанесения электрохимических покрытий (*Ni, Fe, Co, Cr, Cu, Zn, Cd, Sn, Pb, Ag, Au, Pt, Rh, Pd, Ru, Ir, In, Ga*).
15. Обобщенная схема вакуумного конденсационного нанесения покрытий. Механизм. Кинетика. Параметры.
16. Основные методы вакуумного конденсационного нанесения покрытий.
17. Теоретические основы получения покрытий химическим осаждением из паровой фазы. Термодинамика. Кинетика. Массоперенос.
18. Технология получения покрытий химическим осаждением из паровой фазы.
19. Классификация и теоретические основы диффузионных методов нанесения покрытий.
20. Диффузионное насыщение из засыпок. Аллитирование.
21. Шликерный и золь – гель методы нанесения покрытий.
22. Нанесение покрытий из расплавленного состояния. Смачивание.
23. Насыщение неметаллами (азотирование, цементация, нитроцементация, борирование, сульфидирование, цианирование).
24. Нанесение покрытий наплавкой концентрированными источниками тепла
25. Нанесение покрытий плакированием.
26. Классификация методов и формирование газотермических покрытий.
27. Ударное взаимодействие частиц. Формирование однослойных и многослойных покрытий.
28. Технологические особенности плазменного напыления.
29. Параметры плазменного напыления.
30. Газопламенное напыление покрытий. Оборудование.
31. Детонационно-газовое напыление покрытий. Параметры.

8. Оценка результатов освоения дисциплины (модуля)

Критерии оценивания степени полноты и качества освоения в соответствии с планируемыми результатами обучения:

Оценка	Критерии оценки
«Зачтено»	Аспирант демонстрирует, что глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой; свободно справляется с вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий; использует в ответе материал рекомендуемой литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения заданий. Аспирант твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при выполнении заданий, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения
«Не зачтено»	Аспирант показывает не знание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; демонстрирует неумение давать аргументированные ответы, отсутствие логики в ответе и последовательности выполнения заданий; допускает серьезные ошибки в содержании ответа; показывает незнание современной проблематики изучаемой области

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

9.1. Перечень рекомендуемой литературы в Приложении 1.

9.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

- Электронный каталог/Электронная библиотека ТИУ (<https://jirbis.tyuiu.ru>);
- База данных «ЭБС ЛАНЬ» (www.e.lanbook.com);
- «Образовательная платформа ЮРАЙТ» «Электронного издательства ЮРАЙТ» (www.urait.ru);
- Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU» (<http://elibrary.ru>);
- Цифровой образовательный ресурс IPRsmart (<http://www.iprbookshop.ru>);
- Научно-техническая библиотека ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина» (<http://elib.gubkin.ru>);
- Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (<http://bibl.rusoil.net>);
- Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет» (<http://lib.ugtu.net/books>);
- Электронно-библиотечная система «Консультант студента» (<http://www.studentlibrary.ru>);
- Национальная электронная библиотека (НЭБ) (<https://rusneb.ru>).

9.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в т.ч. отечественного производства:

- Microsoft Office Professional Plus;
- Microsoft Windows.

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Помещения для проведения всех видов работы, предусмотренных учебным планом, укомплектованы необходимым оборудованием и техническими средствами обучения.

Таблица 6

№ п/п	Перечень оборудования, необходимого для освоения дисциплины (модуля)	Перечень технических средств обучения, необходимых для освоения дисциплины (модуля) (демонстрационное оборудование)
1.	Лабораторное оборудование: Твердомер EMCO-TEST N3A Твердомер ТШ-2М Твердомер Роквелла LKR4150 Твердомер Вика Vickers LKV6030 Микротвердомер ПМТ-3М Отсчётные микроскопы МПБ-2, МПБ-3 Оборудование для приготовления металлографических шлифов Struers A/S (пробоподготовка) Разрывная машина 1P-20 (И1185М) Маятниковый копёр JB-300В Машина трения ИИ5018 Бинокулярный микроскоп БМ-2 Микроскопы световые РВ-21, РВ-22, ЛВ-31, ЛВ-32 Микроскоп световой Olympus GX51F с ПАК Печи шахтные ПШ Печи лабораторные камерные ПМ-1.0-7 Электropечи NaberTherm L9/11/P320 Мультиметры Коэрцитиметр КИФМ-1 Дифрактометр рентгеновский ДРОН-7 Микроскоп электронный растровый JEOL JSM-6510A Спектрометр ДФС-71	Учебная мебель: столы, стулья. Компьютер в комплекте (или моноблок), проектор, видео- и аудио аппаратура
2.	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Моноблок (или компьютер в комплекте), проектор, акустическая система (колонки)
3.	Помещение для самостоятельной работы аспирантов с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду	Моноблок (или компьютер в комплекте), проектор, акустическая система (колонки)

11. Методические указания

11.1. Методические указания по подготовке к практическим занятиям.

На практических занятиях теоретический материал закрепляется в результате обсуждения и анализа лекционного материала, а также при выполнении практических заданий. Подготовка к практическим занятиям проводится с использованием учебно-методической литературы и заключается в теоретической подготовке с пояснением сложных вопросов по изучению тем, а также в укреплении практических навыков в решение практических задач.

Практическое задание аспиранту выдается индивидуально.

11.2. Методические указания по организации самостоятельной работы.

Самостоятельная работа аспирантов заключается в получении заданий (тем) у преподавателя для индивидуального освоения. Преподаватель на занятии даёт рекомендации, необходимые для освоения материала. В ходе самостоятельной работы аспиранты должны выполнить типовые задания и изучить теоретический материал по разделам дисциплины (модуля).

КАРТА
обеспеченности дисциплины (модуля) учебной и учебно-методической литературой

Дисциплина (модуль): Материаловедение и технологии функциональных покрытий

Программа аспирантуры: Материаловедение

Научная специальность: 2.6.17. Материаловедение

№ п/п	Название учебного, учебно-методического издания, автор, издательство, вид издания, год издания	Количество экземпляров в БИК	Контингент аспирантов, использующих указанную литературу	Обеспеченность аспирантов литературой, %	Наличие электронного варианта в ЭБС (+/-)
1	Овчинников, В. В. Функциональные покрытия : учебник / В. В. Овчинников, М. А. Гуреева, Е. В. Лукьяненко. - Электрон. дан. (1 файл)col. - Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. - 280 с. - URL: https://www.iprbookshop.ru/143635.html . - Режим доступа: для автор. пользователей. - ЭБС "IPR BOOKS". - ISBN 978-5-9729-1801-0 : Б. ц. - Текст : непосредственный.	ЭР	3	100	+
2	Фомин, А. А. Инженерия поверхности функциональных материалов и численное моделирование физических процессов при индукционной обработке металлов : учебное пособие / А. А. Фомин. - Электрон. дан. (1 файл)col. - Саратов : Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2020. - 92 с. - URL: http://www.iprbookshop.ru/108687.html . - Режим доступа: для автор. пользователей. - ЭБС "IPR BOOKS". - ISBN 978-5-7433-3373-8 : Б. ц. - Текст : непосредственный.	ЭР	3	100	+

ЭР* - электронный ресурс доступный через электронный каталог / Электронную библиотеку ТИУ

Лист согласования 00ДО-0000954168

Внутренний документ "2.6.17. Материаловедение_Материаловедение и технологии функциональных покрытий_2026"

Документ подготовил: Плеханов Владимир Иванович

Документ подписал: Халин Анатолий Николаевич

Серийный номер ЭП	Должность	ФИО	ИО	Результат	Дата	Комментарий
	Заведующий кафедрой, имеющий ученую степень кандидата наук	Плеханов Владимир Иванович		Согласовано	08.06.2026	
	Директор	Каюкова Дарья Хрисановна		Согласовано	09.06.2026	
	Доцент, имеющий ученую степень кандидата наук и ученое звание доцент (высший уровень)	Ишкина Елена Геннадьевна		Согласовано	08.06.2026	
	Заместитель директора по научной работе	Пяльченков Дмитрий Владимирович		Согласовано	10.07.2026	