

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.ДВ.03.02
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Электрохимическая кристаллизация металлов и сплавов
(наименование дисциплины)

по направлению подготовки (специальности)

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

направленность (профиль)/специализация

Инженерия конструкционных материалов для беспилотных мобильных систем

Форма обучения: очная

Год набора: 2026

Общая трудоемкость: 2 ЗЕ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	7	Итого
Форма контроля	зачет	
Вид занятий		
Лекции	16	16
Лабораторные		
Практические	16	16
Промежуточная аттестация	0,25	0,25
Контактная работа	32,25	32,25
Самостоятельная работа	39,75	39,75
Контроль		
Итого	72	72

Рабочую программу составил(и):

Профессор кафедры СОМДиРП, доцент, д.ф.-м.н. Грызунова Н.Н.

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рецензирование рабочей программы дисциплины:

☐

Отсутствует

☐

Рецензент

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки (специальности) 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Срок действия рабочей программы дисциплины до «01» сентября 2030 г.

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры «Сварка, обработка металлов давлением и родственные процессы»

(протокол заседания № 1 от «03» сентября 2025 г.).

1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – формирование представлений об особенностях получения электроосажденных металлов и сплавов, их кинетики роста и морфологии, а также области их применения.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: Физика, Химия, Высшая математика, Материаловедение, Метрология, стандартизация и сертификация, Новые материалы и технологии для изготовления беспилотных мобильных систем.

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Методы контроля и испытания металлов и сплавов Физика конденсированного состояния наноматериалов, для написания выпускной квалификационной работы.

3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ПК-4 Способен оценивать свойства металлических и полимерных материалов для изготовления конструктивных элементов БМС разрабатывать технологии нанесения покрытий высокоэнергетическими методами для придания поверхностям деталей особых свойств	ПК-4.1 Способен оценить свойства поверхности в зависимости от выбранного материала для наплавки или нанесения покрытия	Знать: основные понятия и термины, применяемые в электрохимии, технологические процессы производства и обработки покрытий
		Уметь: оценивать свойства поверхности в зависимости от выбранного материала для наплавки или нанесения покрытия
		Владеть: современными представлениями об электролитических материалах и материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами.
	ПК-4.2 Понимает сущность процессов электродуговой или плазменной обработки материалов для придания поверхности особых свойств	Знать: сущность процессов электродуговой или плазменной обработки материалов для придания поверхности особых свойств
		Уметь: используя современные представления об электролитических материалах ориентироваться в основных методиках получения и методах моделирования физико-химических процессов, для прогнозирования возможности применения их для решения практических задач

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
		Владеть: навыками выбора того или иного процесса обработки поверхности для придания поверхности особых свойств
	ПК-4.3 Способен выбрать требуемое специальное покрытие для улучшения эксплуатационных свойств поверхности детали	Знать: элементы электрохимической кинетики и морфологические характеристики компактных электролитических осадков
		Уметь: выбирать требуемое специальное покрытие для улучшения эксплуатационных свойств поверхности детали
		Владеть: способностью получать и обобщать экспериментальные данные

4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Введение Тема 1 Строение границы раздела металл-водный раствор электролита	Лек	1.1. Пространственное распределение зарядов	7	2		2	Собеседование
	Пр			1			Вопросы к зачету
	Ср			5			
	Лек	1.2. Специфическая адсорбция	7	2			Собеседование
	Пр			2			Вопросы к зачету
	Ср			2			
	Лек	1.3 Адсорбция поверхностно-активного вещества (ПАВ)	7	1			Собеседование
	Пр			1			
	Ср			2			
Тема 2 Электрохимическая кинетика	Лек	2.1. Основы теории переноса заряда через границу электрод - раствор	7	2		2	Собеседование
	Пр	2.2. Ток обмена. перенапряжение		1			Вопросы к зачету
	Ср			2			
	Лек	2.3. Кинетика заряда в присутствии ПАВ	7	1		2	Собеседование
	Пр	2.4 Особенности осаждения металлов из комплексных электролитов		2			
	Ср			2			
Тема 3 Влияние массопереноса на скорость электрохимического процесса	Лек	3.1. Стационарная диффузия и миграция. Диффузионный слой	7	1			Собеседование
	Пр	3.2. Толщина диффузионного слоя		2			Вопросы к зачету
	Ср			3			
	Лек	3.3. Предельный диффузионный ток, диффузионное перенапряжение	7	2			Собеседование
	Пр	3.4 Рабочая и предельная диффузионная плотность тока		1			
	Ср			4			

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Тема 4 Морфология растущей поверхности металла	Лек Пр Ср	4.1 Ступени, изломы, ад-атомы, ад-ионы 4.2 Нормальный и слоевой рост	7	1 2 4		2	Собеседование Вопросы к зачету
	Лек Пр Ср	4.3 Влияние адсорбции на скорость электролиза 4.4 Морфологические характеристики компактных электролитических осадков	7	1 1 2			Собеседование Вопросы к зачету
Тема 5 Электроосаждение сплавов	Лек Пр Ср	5.1 Основные области применения электрохимически полученных сплавов	7	1 1 4			Собеседование Вопросы к зачету
	Лек Пр Ср	5.2 Условия сплавообразования 5.3 Типы структуры электрохимически осажденных сплавов	7	2 2 2			Собеседование Вопросы к зачету
Подготовка к зачету	Ср ПА		7	7 0,25			
Итого:				72			

5. Образовательные технологии

Основной деятельностью в процессе обучения данной дисциплине, является учебная деятельность, характеризующаяся системой познавательных процессов.

При реализации учебной дисциплины используются следующие образовательные технологии:

Технология традиционного обучения – предлагает традиционную последовательность изучения нового материала.

Информационные технологии – предлагают использование компьютера.

Интерактивные технологии – предлагают диалоговое обучение, в ходе которого осуществляется взаимодействие между студентом и преподавателем, между самими студентами.

В разделе 1 используется интерактивная и информационная технология (Лекция – беседа с использованием презентации);

В разделах 2-3 используются традиционная, информационная и интерактивная технологии (лекция, практическое занятие, семинар-дискуссия, лекция – беседа с использованием презентации, проблемный семинар).

6. Методические указания по освоению дисциплины

Цели, поставленные при изучении курса, достигаются за счет комплексного подхода к обучению студентов, основанного на сочетании теоретического курса, практических занятий и самостоятельной познавательной деятельности студентов.

Изучение теоретического курса проводится в специализированных лекционных аудиториях с использованием видеотехники, позволяющей транслировать через монитор рисунки, схемы, модели, которые в значительной степени облегчают понимание курса.

На практических занятиях студенты приобретают навыки исследовательской деятельности и умения объяснять результаты эксперимента, основываясь на знаниях теоретической части курса.

Индивидуальная самостоятельная познавательная деятельность студентов заключается в подборе литературы по разделам курса и ее изучении. При этом предусмотрены индивидуальные и групповые консультации по изучаемым разделам курса. В результате изучения данной дисциплины студенты должны приобрести знания, умения и определенный опыт, необходимые для будущей инженерной деятельности.

7. Оценочные средства

7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
7	ПК-4	Вопросы для собеседования: тема 1 вопросы с 1-16 тема 2 вопросы с 1-6 тема 3 вопросы с 1-6 тема 4 вопросы с 1-9 тема 5 вопросы с 1-10 Тест: вопросы 1-100

7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

7.2.1. Собеседование

(наименование оценочного средства)

Тема 1 Строение границы раздела металл-водный раствор электролита

Вопросы для проработки

1. Электrokристаллизация – определение.
2. Примеры электrokристаллизации.
3. Особенности электrokристаллизации по сравнению с другими электродными процессами.
4. Образование кристаллических зародышей.
5. Понятие докритическая, закритическая стадии.
6. Гомогенная нуклеация.
7. Выводы уравнения изменения свободной энергии при образовании критического зародыша.
8. График изменения свободной энергии в зависимости от размера зародыша.
9. Гетерогенная нуклеация.
10. Вывод уравнения изменения свободной энергии образования трехмерного сферического зародыша.
11. Графическая зависимость фактора гетерогенности от угла смачивания.
12. Двумерная нуклеация. Определение.
13. Механизм нуклеации Фольмера – Вебера; Франке – Ван – дер – Мерве; Странского – Крастанова.
14. Атомистический подход к термодинамике нуклеации.
15. Особенности термодинамики электrokристаллизации.
16. Функция распределения зародышей по размерам.

Тема 2 Электрохимическая кинетика

Вопросы для проработки

1. Скорость перехода в закритическую область.
2. Стационарная нуклеация.
3. Поток зародышей, переходящих в закритическую область.
4. Вычисление стационарного тока.
5. Нестационарная нуклеация.
6. Время ожидания первого зародыша; рост изолированного зародыша; рост ансамблей независимых зародышей; учет перекрытия зародышей.

Тема 3 Влияние массопереноса на скорость электрохимического процесса

Вопросы для проработки

1. Распределение потенциала по объёму электролита и распределение тока по поверхности электродов.
2. Краевые задачи для стационарного электрического поля.
3. Первичное и предельное поля.
4. Вторичные поля; поле поляризации; третичные поля и третичное распределение тока.
5. Основные принципы расчета электрических полей в электролизерах.
6. Случаи распределения тока.

Тема 4 Морфология растущей поверхности металла

Вопросы для проработки

1. Морфология и скорость роста поверхности металла при электрокристаллизации.
2. Ступени и изломы. Характер строения грани с большими индексами.
3. Важнейшие особенности поверхности кристалла.
4. Нормальный и слоевой рост. Скорость нормального роста.
5. Морфологические характеристики поверхности компактных электролитических осадков.
6. Основные морфологические типы осадков. Пирамиды и спирали.
7. Слоистый, пластинчатый рост.
8. Природа макроступеней.
9. Кристаллическая шероховатость.

Тема 5 Электроосаждение сплавов

Вопросы для проработки

1. Электроосаждение сплавов.
2. Условия сплавообразования.
3. Парциальные поляризационные кривые для компонентов сплава.
4. Равновесные и стационарные потенциалы сплавов.
5. Учет энергии сплавообразования при расчете потенциалов выделения сплавов.
6. Влияние различных факторов (состав раствор, температура, потенциал, плотность тока, перемешивание, электрический режим) на состав сплавов.
7. Поверхностные сплавы.
8. Структура электрохимических осадков металлов и сплавов.
9. Образование поликристаллического осадка. Границы зерен, дефекты упаковки кристаллической решетки, точечные дефекты, двойниковые границы, дислокации
10. Изменение структуры после окончания электролиза.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если студент дал полные исчерпывающие ответы на 4 вопроса или если студент дал полные исчерпывающие ответы на 3 вопроса или ответил на три или четыре вопроса с небольшими замечаниями (не существенными замечаниями);
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если студент дал полный исчерпывающий ответ только на один или два вопроса.

7.2.2. Тестирование

(наименование оценочного средства)

■ Примеры тестовых заданий

(Банк тестовых заданий размещен на Образовательном портале ТГУ или в системе электронного обучения Moodle)

1. Совокупность условий распределения электрического потенциала на аноде и катоде

$$\Phi_a = 0, \quad \Phi_k = U,$$

соответствует случаю

- + Первичного поля
- Предельного поля
- Нормального поля
- Стационарного поля

2. Совокупность условий распределения электрического потенциала на аноде и катоде

$$\frac{\partial \Phi}{\partial n} = \text{const} = ip,$$

соответствует случаю

- Первичного поля
- + Предельного поля
- Нормального поля
- Стационарного поля

3. Первичному распределению потенциала соответствует

- + первичное распределение тока
- равномерное распределение тока
- нормальное распределение тока
- ничего из перечисленного

4. Электролиз – это:

- реакция ионного обмена
- реакция восстановления
- реакция разложения вещества под действием электрического тока
- + окислительно-восстановительная реакция
- реакция окисления

5. Ток силой 2А в течение 30 минут пропускали через раствор хлорида меди (2). Электрохимический эквивалент меди 2,37 г/Ач. На сколько грамм увеличится масса катода.

- 1,2г
- 3,2г
- 6,4г
- 1,8г
- + 2,4г

6. Выберите основные узлы приборов для электрохимических методов анализа (ЭМА).

- электроды сравнения
- + электрохимическая ячейка
- + устройство для измерения электрического параметра
- + внешние металлические проводники
- устройство для поддержания температуры электролита

7. Из чего состоит электрохимическая ячейка?

- + сосуд с раствором электролита
- + электроды
- источник тока

8. Электрохимическая ячейка – это...

- сосуд с раствором электролита, подключенный к потенциостату
- + сосуд с раствором электролита, в который погружены два или более электрода
- сосуд с перегородками для разделения электролита

7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр _____ 7 _____

№ п/п	Вопросы к зачету
1.	Специфическая адсорбция
2.	Пространственное распределение зарядов
3.	Адсорбция поверхностно-активного вещества (ПАВ)
4.	Основы теории переноса заряда через границу электрод - раствор
5.	Ток обмена. Перенапряжение
6.	Каким образом происходит процесс осаждения гальванического покрытия
7.	Какие факторы влияют на структуру осадка полученного в процессе электроосаждения металла
8.	Кинетика заряда в присутствии ПАВ
9.	Особенности осаждения металлов из комплексных электролитов
10.	Стационарная диффузия и миграция.
11.	Диффузионный слой
12.	Толщина диффузионного слоя
13.	Предельный диффузионный ток, диффузионное перенапряжение
14.	Рабочая и предельная диффузионная плотность тока
15.	Ступени, изломы, ад-атомы, ад-ионы
16.	Нормальный рост. Скорость нормального роста.
17.	Влияние адсорбции на скорость электролиза
18.	Морфологические характеристики компактных электролитических осадков
19.	Основные области применения электрохимически полученных сплавов
20.	Условия сплавообразования
21.	Типы структуры электрохимически осажденных сплавов
22.	Основные морфологические типы осадков. Пирамиды и спирали
23.	Слоистый, пластинчатый рост
24.	Природа макроступеней
25.	Кристаллическая шероховатость

7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
7	Зачет (в устной форме)	«зачтено»	Студент показал понимание вопроса (проблемы) и хорошие знания при ответе на него. Ответ полный, исчерпывающий
		«не зачтено»	Студент ответил на вопросы с грубыми ошибками, показал плохие знания по вопросам экзаменатора

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Р.А. Мирзоев, А.Д. Давыдов	Анодные процессы электрохимической и химической обработки металлов	Учебное пособие	2022	ЭБС «Лань»
2	Тягливый А.С.	Электрохимические методы анализа	Учебное пособие	2021	ЭБС «Лань»

8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	А. К. Федотов, В. М. Анищик, М. С. Тиванов	Физическое материаловедение	Учебное пособие	2015	ЭБС «IPRbooks»
2	Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина	Электрохимия	Учебное пособие	2015	ЭБС «Лань»
3	Салимжанова Е.В., Носова О.В.	Физико-химические основы процессов электрохимического вытеснения металлов из растворов	Учебное пособие	2018	ЭБС «Лань»
4	Моржухина С.В., Денисова Е.А., Фадейкина И.Н., Мухина И.В.	Электрохимические методы анализа	Учебное пособие	2019	ЭБС «Лань»

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- Металлообработка [Электронный ресурс] : научно-произв. журн. / Электрон. журн. — Издательство «Политехника», 2001— . — Режим доступа к журн.: <http://www.polytechnics.ru/magazine/met.html>

8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows: WinPro 10 RUS Upgrd OLP NL Acdmc	договор № 757 от 04.07.2018г., срок действия – бессрочно; контракт №1653 от 14.12.2018, срок действия – бессрочно;
2	Office Standart: Office Standart 2016 Russian	договор № 757 от 04.07.2018г., срок действия - бессрочно; контракт № 727 от 20.07.2016, срок действия – бессрочно;
3	Mirapolis Human Capital Management	договор № 42/02/22 - К от 02.02.2022 до 31.08.2022

8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. Е-403	Столы ученические, стол преподавательский, стулья, доска аудиторная меловая, столы лабораторные, шкафы для учебных пособий, лабораторные установки, компьютеры, проектор, проекционный экран.
2	Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. Учебная аудитория для курсового	Столы ученические двухместные, столы компьютерные, стулья, стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная меловая, кафедра, компьютеры, проектор, проекционный экран,

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
	проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. Е-214	акустическая система.
3	Помещение для самостоятельной работы обучающихся. Г-401	Столы ученические, стулья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет.
4	Помещение для самостоятельной работы обучающихся. Д-409	Столы-парты двухместные, стулья, стол преподавательский, стул преподавательский, передвижная доска, экран, процессор, проектор, компьютерные столы, компьютеры для студентов с выходом в сеть интернет, компьютер преподавателя, сетевой шкаф.