

Энгельсский технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Технология и оборудование химических, нефтегазовых  
и пищевых производств»

**Оценочные материалы по дисциплине**  
М.1.2.6 «Структура и свойства электрохимических покрытий»

Направление подготовки 18.04.01 «Химическая технология»

Профиль «Химическая технология композиционных материалов и покрытий»

Квалификация - магистр

# 1. Перечень компетенций и уровни их сформированности по дисциплинам (модулям), практикам в процессе освоения ОПОП ВО

В процессе освоения образовательной программы у обучающегося в ходе изучения дисциплины «Структура и свойства электрохимических покрытий» должна сформироваться компетенция ПК-2

Критерии определения сформированности компетенции ПК-2 на различных уровнях их формирования

Индекс компетенции	Содержание компетенции
ПК-2	Способен к проведению работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследования.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Виды занятий для формирования компетенции	Оценочные средства для оценки уровня сформированности компетенции
<b>ИД-4<sub>ПК-2</sub></b> Использует современные приборы и методики, позволяющие провести исследования структуры и свойств электроосаждаемых покрытий, проводит эксперименты, испытания, обработку и анализ полученных результатов.	лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа	Устный опрос, выполнение и отчет по лабораторным работам, вопросы для проведения экзамена, тестовые задания

## Уровни освоения компетенций

Уровень освоения компетенции	Критерии оценивания
Продвинутый (отлично)	<p>знает:</p> <p>основные положения теории электрокристаллизации, методики и приборы, позволяющие провести исследования структуры и свойств электроосаждаемых покрытий;</p> <p>умеет:</p> <p>осуществлять руководство проведением комплексных исследований при разработке и изучении электрохимических покрытий;</p> <p>владеет:</p> <p>навыками организации и проведения экспериментальной работы, обработки и анализа полученных результатов.</p>

<p>Повышенный (хорошо)</p>	<p>знает:  в достаточной степени основные положения теории электрокристаллизации, методики и приборы, позволяющие провести исследования структуры и свойств электроосаждаемых покрытий;  умеет:  на достаточном уровне осуществлять руководство проведением комплексных исследований при разработке и изучении электрохимических покрытий;  владеет:  на достаточном уровне навыками организации и проведения экспериментальной работы, обработки и анализа полученных результатов.</p>
<p>Пороговый (базовый) (удовлетворительно)</p>	<p>знает:  частично основные положения теории электрокристаллизации, методики и приборы, позволяющие провести исследования структуры и свойств электроосаждаемых покрытий;  умеет:  на минимально приемлемом уровне осуществлять руководство проведением комплексных исследований при разработке и изучении электрохимических покрытий;  владеет:  на минимально приемлемом уровне навыками организации и проведения экспериментальной работы, обработки анализа полученных результатов.</p>

## **2. Методические, оценочные материалы и средства, определяющие процедуру оценивания сформированности компетенции (элементов компетенций) в процессе освоения ОПОП ВО**

### **2.1 Оценочные средства для текущего контроля**

**Лабораторная работа 1** Потенциостатический метод исследования механизма зародышеобразования.

- приготовить электролит для электроосаждения металла;
- провести предварительную подготовку рабочей поверхности электрода;
- собрать схему поляризующей цепи для электроосаждения металла в потенциостатическом режиме поляризации;
- провести электроосаждение металла в потенциостатическом режиме поляризации;
- обработка экспериментальных результатов проводится согласно методике потенциостатического метода исследования для определения механизма зародышеобразования.

-составить обоснованный вывод по работе.

Задания по составу электролита, материалу рабочего электрода, потенциалам поляризации, количеству параллельных опытов выдаются преподавателем.

**Лабораторная работа 2** Электроосаждение металлов в гальваностатическом режиме электролиза. Определение выхода по току, перенапряжения процесса, анализ морфологии поверхности.

- приготовить электролит для электроосаждения металла;
- провести предварительную подготовку рабочей поверхности электрода, взвесить электрод;
- собрать схему поляризующей цепи для электроосаждения металла в гальваностатическом режиме поляризации;
- рассчитать время электролиза;
- провести электроосаждение металла в гальваностатическом режиме поляризации;
- рассчитать выход по току;
- провести анализ поверхности покрытия при увеличении в 1000 раз;
- обработка экспериментальных результатов проводится согласно методике гальваностатического метода исследования;
- составить обоснованный вывод по работе.

Задания по составу электролита, материалу рабочего электрода, потенциалам поляризации, количеству параллельных опытов выдаются преподавателем.

**Лабораторные работы 3-4** Влияние режима электролиза, состава электролита на структуру гальванического осадка. (Использование нестационарного электролиза, дофазового осаждения металлов).

- приготовить электролит для электроосаждения металла ( композиционного покрытия, сплава);
- провести предварительную подготовку рабочей поверхности электрода, взвесить электрод;

- собрать схему поляризующей цепи для электроосаждения металла в гальваностатическом (нестационарном) режиме поляризации;
- рассчитать время электролиза;
- провести электроосаждение покрытия в гальваностатическом (нестационарном) режиме поляризации;
- рассчитать выход по току;
- провести анализ морфологии электроосаждённого покрытия
- обработка экспериментальных результатов проводится согласно методике гальваностатического метода исследования;
- составить обоснованный вывод по работе.

Задания по составу электролита, материалу рабочего электрода, режиму электролиза, количеству параллельных опытов выдаются преподавателем.

**Лабораторные работы 5-6** Морфологический анализ электролитически осаждённого покрытия. Влияние режима электролиза на структуру и коррозионную стойкость гальванического покрытия.

- приготовить электролиты различного состава для электроосаждения металла;
- провести предварительную подготовку рабочей поверхности электрода, взвесить электрод;
- собрать схему поляризующей цепи для электроосаждения металла в гальваностатическом режиме поляризации;
- рассчитать время электролиза;
- провести электроосаждение покрытия в гальваностатическом режиме поляризации;
- рассчитать выход по току;
- провести анализ морфологии электроосаждённого покрытия: определить влияние состава электролита на морфологию осадка при одном режиме поляризации;
- выбрать состав электролита из полученных данных;
- в выбранном электролите провести электроосаждение металла при различных плотностях тока;
- для полученных образцов провести анализ сцепления осадков с основой и коррозионной стойкости покрытия весовым методом;
- составить обоснованный вывод по работе.

Задания по составу электролита, материалу рабочего электрода, режиму электролиза, количеству параллельных опытов выдаются преподавателем.

## **2.2 Оценочные средства для промежуточного контроля**

### **Вопросы к экзамену**

1. Стадии процесса электроосаждения металлов на жидких и твёрдых катодах.
2. Образование кристаллических зародышей (нуклеация). Механизмы нуклеации: Фольмера-Вебера, Франка-Ван-дер-Мерве, Странского-Крастанова.

3. Кинетика массовой нуклеации.
4. Термодинамика нуклеации.
5. Нуклеация гомогенная, гетерогенная.
6. Связь свободной энергии при образовании трёхмерного зародыша с удельной поверхностной свободной энергией
7. Анализ типа нуклеации методом потенциостатических кривых.
8. Анализ механизма зародышеобразования гальваностатическим методом.
9. Характер растущей поверхности: слои, ступени, изломы.
10. Влияние состава электролита на формирование сплошных покрытий.
11. Поликристаллический осадок. Дефекты упаковки кристаллической решётки.
12. Двойниковые границы в кристалле. Влияние состава электролита и режима электролиза на образование двойников.
13. Дефекты кристаллической решётки. Точечные дефекты. Дислокации.
14. Текстура. Типы текстур .
15. Примеси в гальванических осадках. Неоднородность покрытия.
16. Взаимосвязь структуры покрытий и свойств осадка. Показать на примере микротвёрдости, шероховатости, коррозионной стойкости.
17. Влияние состава электролита на состав и свойства формирующегося покрытия.
18. Влияние режима электролиза на структуру и свойства покрытия
19. Определение механических свойств гальванических покрытий: шероховатости, внутренних напряжений, прочности сцепления металла с основой, износостойкости.
20. Методики определения прочности сцепления металла с основой, износостойкости.
21. Оборудование, используемое при измерении микротвёрдости, износостойкости, прочности сцепления материала с основой.
22. Определение толщины покрытия разрушающими и неразрушающими методами.
23. Пористость покрытия. Способы определения пористости покрытий.
24. Электрохимические способы оценки коррозионной стойкости покрытий.
25. Определение массового показателя коррозии.
26. Электрические и магнитные свойства покрытий.
27. Использование электронной микроскопии при изучении морфологии электролитических осадков.
28. Анализ структуры и состава осадка методом рентгеновской дифрактометрии.
29. Рентгенофлуоресцентный метод анализа состава покрытия и материала подложки. Возможности и недостатки метода.
30. Метод растровой электронной микроскопии и его использование при изучении гальванических осадков.

### **Практические задания для экзамена**

Задание 1. Варианты 1-3. Определить механизм зародышеобразования при электроосаждении металла в гальваностатическом режиме. Данные предоставляются преподавателем.

Задание 2. Варианты 1-3. Определить перенапряжение кристаллизации при электроосаждении металла. Данные предоставляются преподавателем.

Задание 3. Варианты 1-3. Определить перенапряжение процесса электроосаждения металла. Данные предоставляются преподавателем.

Задание 4. Варианты 1-3. Охарактеризовать механизм нуклеации при электроосаждении металла, используя экспериментальные данные потенциостатического исследования. Данные предоставляются преподавателем.

Задание 5. Варианты 1-3. По представленным микрофотографиям охарактеризовать морфологию поверхности электроосаждённого покрытия.

Задание 6. Варианты 1-3. Рассчитать массовый показатель коррозии для электроосаждённого покрытия. Сделать вывод о влиянии режима электролиза (состава электролита). Данные предоставляются преподавателем.

### ***Критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компетенции***

Конечными результатами освоения дисциплины являются сформированные «индикаторы достижения компетенции». Оценивание результатов обучения в форме уровня сформированности компетенции проводится путем контроля во время промежуточной аттестации в форме экзамена.

*Таблица 1 – Критерии выставления оценок при проведении текущего контроля и промежуточной аттестации*

Шкала оценки	Оценка	Критерий выставления оценки
100-процентная шкала	Отлично	85-100 %% правильных ответов
	Хорошо	65-84 %% правильных ответов
	Удовлетворительно	40-64 %% правильных ответов
	Неудовлетворительно	менее 40 % правильных ответов
Четырехбалльная шкала	Отлично	Обучающийся глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, тесно увязывает теорию с практикой. Обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с заданиями, владеет навыками и приемами выполнения практических работ, обнаруживает умение самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок
	Хорошо	Обучающийся твердо знает программный материал, грамотно и по

		существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми навыками при выполнении практических заданий
	Удовлетворительно	Обучающийся усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий
	Неудовлетворительно	Обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет практические работы

### 2.3. Итоговая диагностическая работа по дисциплине

#### ЗАДАНИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Компетенция ПК-2: Способен к проведению работ по обработке и анализу научно- технической информации и результатов исследования.

Номер задания	Правильный ответ	Содержание вопроса	Компетенция	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1		Что представляет собой зародыш, образующийся при электроосаждении покрытий? Понятие докритической стадии процесса зародышеобразования.	ПК-2	<b>ИД-4</b> <sub>ПК-2</sub> Использует современные приборы и методики, позволяющие провести исследования структуры и свойств электроосаждаемых покрытий, проводит эксперименты, испытания, обработку и анализ полученных результатов.
2		Из каких основных стадий складывается процесс электроосаждения металлов, сплавов?	ПК-2	
3		Какие современные электрохимические методы исследования используются для изучения кинетики и механизма процессов электроосаждения металлов, сплавов?	ПК-2	
4		Нуклеация . Особенности гомогенной и гетерогенной нуклеации.	ПК-2	
6		Основываясь на анализе изменения удельной свободной поверхностной энергии, определить механизм зародышеобразования при электроосаждении металлов, сплавов.		
7		Охарактеризуйте механизм зародышеобразования, для которого выполняется зависимость $\Delta G < 0$		
8		Используя теоретические представления о термодинамике , охарактеризуйте особенности электровосстановления металлов.		
9		Какого типа образуются зародыши на чужеродной и		

		собственной подложках согласно механизму зародышеобразования Франка-Ван дер Мерве?		
10		Какого типа образуются зародыши на чужеродной и собственной подложках согласно механизму зародышеобразования Фольмера – Вебера?		
11		Используя знания по физико-химическому и морфологическому состоянию поверхности, охарактеризуйте понятие многоуровневой системы поверхности.		
12		Охарактеризуйте рост кристалла на ступенчатой поверхности		
13		Охарактеризуйте особенности формирования атомно-шероховатой поверхности при электрокристаллизации металлов		
14		Основные характеристики ступени роста при электроосаждении металлов, сплавов.		
15		Типы точечных дефектов, возникающих при электроосаждении покрытий.		
16		Как наличие пористости в электрохимических осадках сказывается на физико-химических свойствах покрытий?		
17		Причины образования дислокаций на этапе возникновения зародышей электроосаждаемого металла на матерпале подложки.		
18		Причины возникновения дислокаций несоответствия при электроосаждении металлов.		
19		Причина образования дефектов двойникового типа при электроосаждении.		
20		От каких факторов зависит дисперсность гальванических покрытий.		
21		Условия образования аморфных электрохимических покрытий		
22		Приведите примеры металлов, для которых характерно отсутствие преимущественной		

		ориентации кристаллов при электроосаждении из простых электролитов без добавок ПАВ.		
23		Поясните взаимосвязь морфологии формирующегося электрохимического осадка с его физико-химическими и механическими свойствами.		
24		Какие современные методы исследования позволяют определить механизм зародышеобразования: 1. гальваностатический, 2. потенциостатический, 3. потенциодинамический.		
25		Выберите режим работы прибора, с помощью которого можно определить механизм зародышеобразования по зависимостям: $lg i_k$ , $1/\eta_{крст}$ ; $lg i_k$ , $1/\eta_{крст}^2$ 1. гальваностатический, 2. потенциостатический, 3. кулонометрический.		
26		Выберите режим работы прибора, с помощью которого можно определить механизм зародышеобразования по зависимостям: $ln(i/t)$ , $t^2$ ; $ln(i/t^2)$ , $t^3$ 1. гальваностатический, 2. потенциостатический, 3. кулонометрический.		
27		Какую информацию о процессе электроосаждения металлов, сплавов можно получить, используя потенциостатический метод исследования 1. о механизме зародышеобразования, 2. о коррозионной стойкости покрытия, 3. об изменении поверхностной свободной энергии на границе раздела фаз.		
28		Какими методами исследования воспользуетесь для установления механизма структурообразования и морфологии электроосаждаемых металлов, сплавов и		

		<p>наноструктурированных композиционных материалов</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. гальваностатический,</li> <li>2. потенциостатический,</li> <li>3. оптический,</li> <li>4. сканирующая электронная микроскопия.</li> </ol>		
29		<p>Исходя из представленных характеристик изменения удельной свободной поверхностной энергии, указать механизм образования двумерных зародышей:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\Delta\sigma &gt; 0</math>;</li> <li>2. <math>\Delta\sigma &lt; 0</math>;</li> <li>3. <math>\Delta\sigma = 0</math>;</li> </ol>		
30		<p>Выберите зависимость, устанавливающую взаимосвязь изменения удельной свободной поверхностной энергии с удельной свободной поверхностной адгезией</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\Delta\sigma = \sigma + \sigma_{ПК} - \sigma_{ПС}</math>;</li> <li>2. <math>\sigma_s = \sigma - \sigma_{ПК} + \sigma_{ПС}</math>;</li> <li>3. <math>\Delta\sigma = 2\sigma - \sigma_s</math>;</li> </ol>		
31		<p>Укажите точечные дефекты кристаллической структуры металлов:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. вакансии</li> <li>2. дислокации</li> <li>3. межузельные атомы</li> </ol>		
32		<p>Основные причины возникновения вакансий в кристаллической структуре электрохимических покрытий:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. повышение катодной плотности тока</li> <li>2. увеличение концентрации ионов осаждаемого металла</li> <li>3. использование ПАВ</li> <li>4. повышение температуры</li> </ol>		
33		<p>Какой вид дефектов преимущественно образуется на формирующемся покрытии при плохой</p>		

		<p>предварительной обработке поверхности:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. вакансии</li> <li>2. межузельные атомы</li> <li>3. дислокации</li> </ol>		
34		<p>Перечислите макроскопические дефекты электрохимических покрытий:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. поры</li> <li>2. вакансии</li> <li>3. дислокации</li> <li>4. водородные камеры</li> <li>5. пустоты</li> </ol>		
35		<p>Укажите, при электроосаждении каких металлов из простых электролитов без ПАВ формируются мелкозернистые осадки</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. железо</li> <li>2. кобальт</li> <li>3. медь</li> <li>4. серебро</li> <li>5. кадмий</li> <li>6. свинец</li> </ol>		
36		<p>Основные причины пористости в формирующихся электрохимических покрытиях</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. адсорбция водорода</li> <li>2. наличие оксидных слоёв на материале подложки</li> <li>3. удаление водорода из структуры</li> <li>4. адсорбция гидроксидов металлов</li> </ol>		
37		<p>Какой тип структуры наиболее вероятно формируется при наличии в ней винтовых дислокаций</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. пирамидальный</li> <li>2. слоистый</li> <li>3. ребристый</li> </ol>		
38		<p>Факторы, влияющие на морфологию при осаждении тонких плёночных электрохимических покрытий</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. материал подложки</li> </ol>		

		<ul style="list-style-type: none"> <li>2. природа осаждаемого металла</li> <li>3. подготовка материала подложки</li> <li>4. величина катодной плотности тока</li> </ul>		
39		<p>Методы изучения коррозионной стойкости электролитических покрытий</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. весовой</li> <li>2. объёмный</li> <li>3. электрохимический при использовании поляризационных кривых</li> <li>4. рентгенофлуоресцентный</li> </ul>		
40		<p>Основные способы повышения равномерности и дисперсности структуры гальванопокрытий</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. использование ПАВ</li> <li>2. применение импульсного электролиза</li> <li>3. повышение температур</li> <li>4. применение перемешивания</li> </ul>		
41		<p>Выберите металлы, для которых характерно отсутствие преимущественной ориентации кристаллов при электроосаждении из простых электролитов без добавок ПАВ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. кобальт</li> <li>2. железо</li> <li>3. медь</li> <li>4. серебро</li> </ul>		

