

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО ВГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
физической химии



А.В.Введенский
20.05.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.01.01 Электрохимические технологии

- 1. Шифр и наименование специальности:** 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
- 2. Профиль подготовки/специализация:**
- 3. Квалификация выпускника:** Химик. Преподаватель химии.
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра физической химии
- 6. Составители программы:** Соцкая Надежда Васильевна, к.х.н., доцент
- 7. Рекомендована:** научно - методическим Советом химического факультета от 18.04.2019 протокол № 4
- 8. Учебный год:** 2020 / 2021 **Семестр:** 5

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целью преподавания дисциплины является обучение студентов теоретическим основам технологии электрохимических процессов получения металлических покрытий, электрохимического синтеза некоторых органических и неорганических веществ
Задачи настоящего курса: овладение принципами использования электрохимических явлений в современных технологиях, ознакомление с особенностями типичных электрохимических производств.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП: вариативная часть блока 1.

Для освоения этой части цикла студент должен иметь базовые знания фундаментальных разделов физики и химии, (прежде всего физической, неорганической, аналитической, органической, химии высокомолекулярных соединений, химической технологии); уметь применять основные законы химии и физики при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-1	Способность воспринимать, развивать и использовать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач	знать: механизм электрохимических реакций, термодинамику и кинетику процессов уметь: объяснить основные закономерности электро- и химических процессов, протекающих в реакторе владеть: основными навыками в использовании теоретических знаний при решении задач в области электрохимических технологий
ПК-3	способность применять основные естественнонаучные законы при обсуждении полученных результатов	знать: теоретические основы процессов, лежащих в основе электрохимических технологий уметь: применять полученные знания при обсуждении электрохимического эксперимента владеть: основными навыками интерпретации электрохимических характеристик процесса
ПК-4	Владение системой фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, формами и методами научного познания	знать: фундаментальные химические законы и методологические аспекты химии, формы и методы научного познания уметь: применять полученные знания при изучении электрохимических процессов владеть: основными навыками их использования в процессе обучения

12.1 Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 2 / 72.

Форма промежуточной аттестации - зачет

13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)				
	Всего	В том числе в интерактивной форме	По семестрам		
			№ сем. 6	№ сем.
Аудиторные занятия	54	-	54		
в том числе: лекции	18	-	18		
практические	36	-	36		
лабораторные		-			
Самостоятельная работа	18	-	18		
Итого:	72	-	72		

13.1 Содержание дисциплины:

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
1.1	Электрохимические системы в синтезе химических продуктов	Основные аспекты электрохимической инженерии. Классификация электрохимических производств. Современные тенденции развития. Электродные материалы. Электроды на основе углеродсодержащих материалов. Металлические электроды. Электроды на основе оксидов металлов. Композиционные электроды. Диафрагмы и мембраны. Электролиты, растворители. Конструкции элементов электрохимических систем Основные пути интенсификации электрохимических процессов	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904
1.2	Электролитическое осаждение металлов и сплавов	Кинетика реакций при электроосаждении металлов. Кинетика разряда в присутствии поверхностно-активных веществ. Особенности осаждения металлов из комплексных электролитов. Электроосаждение цинка, никеля, хрома и их сплавов	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904
1.3	Электрохимическая обработка поверхности металлов	Теоретические основы электрохимической обработки поверхности металлов. Электрохимическая размерная обработка металлов. Электролитическое травление и полирование. Конверсионные покрытия. Оксидные покрытия металлов. Фосфатные покрытия	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904
1.4	Электролиз водных растворов без выделения металлов	Кинетические аспекты электрохимических реакций. Перенос вещества. Теоретические основы процессов электрохимического получения некоторых продуктов.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904
1.5	Электрохимический синтез органических соединений	Теоретические основы органической электрохимии. Важнейшие процессы органического электросинтеза. Основные окислительные реакции и образуемые продукты. Реакции восстановления.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904
2. Практические занятия			
2.1	Электрохимические системы в синтезе химических продуктов	Принципиальные схемы установок для проведения электролиза и измерения потенциалов. Подготовка поверхности перед нанесением покрытий. Выбор площади покрываемой поверхности и формы образцов в работах по электроосаждению металлов. Распределение тока на электродах. Рассеивающая, выравнивающая и	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904

		микрорассеивающая способность электролитов	
2.2	Электролитическое осаждение металлов и сплавов	Электрохимическое осаждение никеля и его сплавов. Электрохимическое осаждение меди и её сплавов. Электрохимическое цинкование. Химическое осаждение никеля и меди. Химическая и электрохимическая металлизация диэлектриков.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904
2.3	Электрохимическая обработка поверхности металлов	Электрохимическая размерная обработка металлов. Электрохимическое полирование металлов. Анодное окисление алюминия. Нанопористые оксидные пленки на основе алюминия и титана.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904
2.4	Электролиз водных растворов без выделения металлов	Электрохимическое получение хлора и щелочи. Электрохимическое получение пероксида водорода. Электролиз воды.	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904
2.5	Электрохимический синтез органических соединений	Катодное восстановление органических соединений (нитросоединения, гидрирование непредельных углеводородов). Анодное окисление органических соединений (окисление алифатических спиртов)	https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904

13.2 Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1.	Электрохимические системы в синтезе химических продуктов	4	4		2	10
2.	Электролитическое осаждение металлов и сплавов	4	10		4	18
3.	Электрохимическая обработка поверхности металлов	4	10		4	18
4.	Электролиз водных растворов без выделения металлов	4	10		4	18
5.	Электрохимический синтез органических соединений	2	2		4	8
	Итого	18	36		70	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Составление конспектов. Самостоятельное изучение отдельных тем. Выполнение домашних заданий. Подготовка к лабораторным занятиям. Подготовка к текущей и промежуточной аттестации.

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.»

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Плит В. Электрохимия в материаловедении: [учебное пособие] / В. Плит ; пер. с англ. О.Д. Чаркина, Л.А. Фишгойт, А.А. Митрофанова.— Москва : Бином. Лаборатория знаний, 2015 .— 446 с.
2.	Варенцов, В.К. Электрохимические системы и процессы / В.К. Варенцов ; Рогожников Н. А. ; Уваров Н. Ф. — Новосибирск : НГТУ, 2011 .— 102 с. — <URL:http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228776>.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3.	Дамаскин Б.Б. Электрохимия : учеб. по направлению 510500 "Химия" и специальности 011000 "Химия" / Б.Б. Дамаскин , О.А. Петрий, Г.А. Цирлина. - 2 изд.- М. : Химия, 2006. - 672 с.
4.	Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности / В.И. Ролдугин. – М. : ЦУП Интеллект, 2008. – 568 с.
5.	Мелихов И.В. Физико-химическая эволюция твердого вещества / И.В. Мелихов. – М.: БИНОМ, 2006. – 309 с.
6.	Гамбург Ю.Д. Электрохимическая кристаллизация металлов и сплавов / Ю.Д. Гамбург. - М. : Янус-К, 1997. - 384 с.
7.	Поветкин В.В. Структура и свойства электролитических сплавов / В.В. Поветкин, И.М. Ковенский, Ю.И. Устиновщиков. – М.: Наука, 1992. – 255 с.
8.	Суздаев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И.П. Суздаев. – М.: КомКнига, 2006. – 592 с.
9.	Помогайло А.Д. Наночастицы металлов в полимерах / А.Д. Помогайло, А.С. Розенберг, И.Е. Уфлянд. – М. : Химия, 2000. – 672 с.
10.	Минько Н.И. Методы получения и свойства нанообъектов / Н.И. Минько, В.В. Строкова, И.В. Жерновский, В.М. Нарцев. – М.: Флинта : Наука, 2009. – 168 с.
11.	Рамбиди Н.Г. Физические и химические основы нанотехнологий / Н.Г. Рамбиди, А.В. Березкин. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 456 с.
12.	Прикладная электрохимия / под ред. А.П.Томилова. – М.: Химия, 1984. – 520 с.
13.	Лукомский Ю.Я. Физико-химические основы электрохимии. / Ю.Я. Лукомский, Ю.Д. Гамбург. – Долгопрудный: Интеллект, 2008. – 423 с.
14.	Электрохимия /Ф.Миомандр и др. – М.: Техносфера, 2008. – 359 с.
15.	Барабошкин А.Н. Электрокристаллизация из расплавленных солей /А.Н. Барабошкин. – М.:Наука, 1976. – 279 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
16.	Зональная научная библиотека www.lib.vsu.ru
17.	Ковенский И.М. Металловедение покрытий / И.М. Ковенский, В.В. Поветкин. – М.: СП Интернет Инжиниринг, 1999. – 296 с. http:// www.galvanicus.ru /lit /books.php
18.	Григорян Н.С. Фосфатирование. / Н.С. Григорян, Е.Ф. Акимова, Т.А. Ваграмян. – М.: Глобус, 2008. – 144 с. http:// www.galvanicus.ru /lit /books.php
19.	Интернет портал для химиков http://www.chemweb.com
20.	Интернет-ресурсы - библиотека http://www.twirpx.com
21.	Портал научно-технической информации ЭБ Нефть и Газ 2007 www.nqlib.ru
22.	Интернет портал образовательных ресурсов http://window.edu.ru
23.	УЭМК «Электрохимических технологии 3 к» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9904

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1.	Сборник примеров и задач по электрохимии : учеб. пособие / сост.: А.В.

	Введенский [и др.]— Воронеж, 2010.— Ч. 1. Равновесные процессы в растворах электролитов. - 40 с.
2.	Сборник примеров и задач по электрохимии : учеб. пособие / сост.: А.В. Введенский [и др.] .— Воронеж, 2010 .— Ч. 2. Ионный транспорт. Кулонометрия. - 60 с.
3.	Сборник примеров и задач по электрохимии : учеб. пособие / сост.: А.В. Введенский [и др.] .— Воронеж, 2010 .— Ч. 3. Равновесные электродные системы. - 66 с
4.	Теоретические основы электрохимических технологий Раздел 1. Основы электрохимии : учебно-методическое пособие для вузов / сост. : О.В. Долгих, Н.В. Соцкая, С.Н. Грушевская .— Воронеж : Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2013 .— 38 с

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

При реализации учебной дисциплины используются элементы электронного обучения и различные дистанционные образовательные технологии, позволяющие обеспечивать опосредованное взаимодействие (на расстоянии) преподавателей и обучающихся, включая инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), проведение вебинаров, видеоконференций (в том числе с применением сервисов Zoom, Discord и др.), взаимодействие в соцсетях, посредством электронной почты, мессенджеров.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебники, учебные пособия, задачки, мульти-медиа техника.

19. Фонд оценочных средств:

19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС (средства оценивания)
ОПК-1 Способность воспринимать, развивать и использовать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач	знать: механизм электрохимических реакций, термодинамику и кинетику процессов	1.1-1.6	Контрольная работа №1
	уметь: объяснить основные закономерности электро- и химических процессов, протекающих в реакторе	2.1 -2.6	Контрольная работа №1
	владеть: основными навыками в использовании теоретических знаний при решении задач в	2.1-2.6	Контрольная работа №2

	области электрохимических технологий		
ПК-3 способность применять основные естественнонаучные законы при обсуждении полученных результатов способность применять основные естественнонаучные законы при обсуждении полученных результатов	знать: теоретические основы процессов, лежащих в основе электрохимических технологий	1.2 – 1.6	Контрольная работа №1, № 2
	уметь: применять полученные знания при обсуждении электрохимического эксперимента	2.1 -2.6	Контрольная работа №1
	владеть: основными навыками интерпретации электрохимических характеристик процесса	1.1 -1.6	Контрольная работа №2
ПК-4 Владение системой фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, формами и методами научного познания	знать: фундаментальные химические законы и методологические аспекты химии, формы и методы научного познания	2.2 -2.6	Контрольная работа №1, № 2
	уметь: применять полученные знания при изучении электрохимических процессов	2.1-2.6	Контрольная работа №1
	владеть: основными навыками их использования в процессе обучения	2.1-2.6	Контрольная работа №2

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на экзамене и зачете с оценкой используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

- 1) знание фундаментальных основ теоретической и прикладной электрохимии; типов электрохимических устройств, их составных частей и свойств,
- 2) умение : объяснить основные закономерности электро- и химических процессов, протекающих в реакторе
- 3) владеть основными навыками интерпретации электрохимических характеристик процесса

Для оценивания результатов обучения на зачете с оценкой используется шкала: «зачтено», «незачтено».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Полное соответствие ответа обучающегося всем перечисленным критериям. Продемонстрировано знание фундаментальных основ теоретической и прикладной электрохимии, умение объяснять основные закономерности электро- и химических процессов, протекающих в реакторе, владение основными навыками интерпретации электрохимических характеристик процесса	<i>Повышенный уровень</i>	<i>зачтено</i>

.		
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы	<i>Базовый уровень</i>	<i>зачтено</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует двум из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы.	<i>Пороговый уровень</i>	<i>зачтено</i>
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует перечисленным показателям. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания теории, допускает грубые ошибки при трактовке практических задач	–	<i>незачтено</i>

19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов к зачету:

1. Кинетика реакций электроосаждения металлов
2. Электрохимическая полировка и травление металлов
3. Кинетика разряда ионов в присутствии поверхностно-активных веществ
4. Анодное оксидирование алюминия
5. Особенности электроосаждения металлов из комплексных электролитов
6. Теоретические основы фосфатирования
7. Классификация электрохимических производств. Основные элементы электрохимической системы.
8. Электроосаждение сплавов. Условия сплавообразования
9. Кинетика процессов при электроосаждении сплавов
10. Электролиз воды
11. Электролиз водных растворов хлорида натрия
12. Электрохимическое получение диоксида марганца
13. Распределение тока на электродах. Рассеивающая, выравнивающая и микрорассеивающая способности электролитов
14. Электрохимическое осаждение цинка и его сплавов
15. Электрохимическое осаждение никеля и его сплавов

16. Электрохимическое осаждение никеля и его сплавов
17. Анодные материалы в электрохимических системах
18. Катодные материалы в электрохимических системах
19. Диафрагмы и мембраны. Электролиты, растворители. Конструкции элементов электрохимических систем.
20. Катодные процессы с участием органических соединений.
21. Анодные процессы с участием органических соединений.

19.3.2. Контрольная работа № 1

БИЛЕТ № 1

1. Проведите сравнительный анализ свойств электролитов меднения (сульфатные и дифосфатные). Каково их назначение и особенности? Дайте обоснование оптимального режима электролиза (плотность тока, температура).
2. Какая взаимосвязь между концентрациями сульфата меди и серной кислоты в сульфатном электролите меднения? Каким фактором ограничен верхний предел концентрации кислоты?
3. Почему при погружении стальной пластины в дифосфатный электролит меднения не наблюдается процесс цементации меди, характерный для сульфатного электролита меднения? Поясните механизм этого явления.
4. В дифосфатный электролит меднения вводят ион NO_3^- . При этом выход по току меди с увеличением плотности тока снижается. Объясните, за счет каких побочных реакций это происходит. А какой положительный эффект наблюдается при этом?
5. Какие осложнения могут возникнуть при работе дифосфатной ванны меднения, в том числе в связи с особенностями анодного процесса?
6. Для гальванического меднения деталей в сернокислом электролите использован ток переменной полярности с длительностью катодного импульса $\tau_k = 8$ с и анодного периода $\tau_a = 2$ с; плотность тока катодного периода $i_k = 10$ А/дм², плотность тока анодного периода $i_a = 5$ А/дм². Выход по фактическому катодному току для меди составил 99%. Какова необходимая продолжительность процесса меднения при толщине медного покрытия 20 мкм?

БИЛЕТ № 2

1. Почему защитные свойства двойного и тройного никелевого покрытия при той же толщине заметно выше, чем однослойного покрытия никелем? Каковы технологические особенности получения каждого из названных видов покрытия?
2. Опишите механизм и условия перехода никелевого анода в пассивное состояние при работе сульфатной никелевой ванны. Каковы пути повышения плотности тока пассивации никеля?

3. Выход по току водорода при цинковании и никелировании из сульфатных электролитов приблизительно одинаков. Между тем для никелевого покрытия характерна питтинговая пористость, которую связывают с катодным водородом, а на цинковых покрытиях питтинг не наблюдается. Объясните причины питтингообразования при никелировании и меры борьбы с ним.
4. Каковы пути интенсификации процесса никелирования? Почему при повышении катодной плотности тока при никелировании следует снижать pH сульфатного электролита?
5. Почему при никелировании нельзя прерывать электролиз и тем более даже кратковременно извлекать подвеску с деталями из гальванической ванны?
6. В колокольную ванну никелирования нагрузкой 80 А одновременно загружено $m=15,0$ кг деталей с удельной поверхностью $S_{уд.} = 19,2$ дм²/кг. Какова необходимая длительность процесса покрытия для получения толщины никелевого осадка 15 мкм, если выход по току в таком электролите в стационарных ваннах равен 80% и необходимое увеличение времени электролиза в колокольных ваннах (для компенсации механического истирания и неравномерности пересыпания деталей) составит 15 % ($K = 1,15$)?

БИЛЕТ № 3

1. Один из электролитов никелирования имеет следующий состав, г/л: $NiSO_4 \cdot 7H_2O$ - 250, $NiCl_2 \cdot 6H_2O$ - 35, H_3BO_3 - 30, 1,4-бутиндиол - 0,12, сахарин - 1,5, лаурилсульфат натрия - 0,1, pH = 4,3-5,1. Обоснуйте назначение компонентов электролита?
2. Опишите механизм и условия перехода никелевого анода в пассивное состояние при работе сульфатной никелевой ванны. Каковы пути повышения плотности тока пассивации никеля?
3. Выход по току водорода при цинковании и никелировании из сульфатных электролитов приблизительно одинаков. Между тем для никелевого покрытия характерна питтинговая пористость, которую связывают с катодным водородом, а на цинковых покрытиях питтинг не наблюдается. Объясните причины питтингообразования при никелировании и меры борьбы с ним.
4. Каковы пути интенсификации процесса никелирования? Почему при повышении катодной плотности тока при никелировании следует снижать pH сульфатного электролита?
5. Почему при никелировании нельзя прерывать электролиз и тем более даже кратковременно извлекать подвеску с деталями из гальванической ванны?
6. В колокольную ванну никелирования нагрузкой 80 А одновременно загружено $m=15,0$ кг деталей с удельной поверхностью $S_{уд.} = 19,2$ дм²/кг. Какова необходимая длительность процесса покрытия для получения толщины никелевого осадка 15 мкм, если выход по току в таком электролите в стационарных ваннах равен 80% и необходимое увеличение времени электролиза в колокольных ваннах (для

компенсации механического истирания и неравномерности пересыпания деталей) составит 15 % ($K = 1,15$)?

БИЛЕТ № 4

1. Проведите сравнительный анализ свойств электролитов меднения (сульфатные и дифосфатные). Каково их назначение и особенности? Дайте обоснование оптимального режима электролиза (плотность тока, температура).
2. Какая взаимосвязь между концентрациями сульфата меди и серной кислоты в сульфатном электролите меднения? Каким фактором ограничен верхний предел концентрации кислоты?
3. Почему при погружении стальной пластины в дифосфатный электролит меднения не наблюдается процесс цементации меди, характерный для сульфатного электролита меднения? Поясните механизм этого явления.
4. В дифосфатный электролит меднения вводят ион NO_3^- . При этом выход по току меди с увеличением плотности тока снижается. Объясните, за счет каких побочных реакций это происходит. А какой положительный эффект наблюдается при этом?
5. Какие осложнения могут возникнуть при работе дифосфатной ванны меднения, в том числе в связи с особенностями анодного процесса?
6. Для гальванического меднения деталей в сернокислом электролите использован ток переменной полярности с длительностью катодного импульса $\tau_k = 8$ с и анодного периода $\tau_a = 2$ с; плотность тока катодного периода $i_k = 10$ А/дм², плотность тока анодного периода $i_a = 5$ А/дм², Выход по фактическому катодному току для меди составил 99%. Какова необходимая продолжительность процесса меднения при толщине медного покрытия 20 мкм?

БИЛЕТ № 5

1. Проанализируйте преимущества и недостатки наиболее известных электролитов цинкования (кислые, слабокислые, цинкатные). Дайте обоснование оптимального режима электролиза (катодная плотность тока, температура). Какие из них обладают лучшей рассеивающей способностью? Какие факторы этому способствуют?
2. Какой роль играет наводороживание основы при цинковании в зависимости от состава электролита (комплексные соединения, блескообразователи)?
3. Какие примеси в электролите могут быть причиной ухудшения качества покрытия? Каковы методы их удаления из раствора?
4. При прерывании электролиза и простое сульфатной ванны цинкования наблюдаются изменения pH электролита. Каковы эти изменения, чем они обусловлены? Как их предотвратить?
5. При электроосаждении из сульфатного электролита цинкования образуются значительно более крупнокристаллические осадки, чем из сульфатного электролита

никелирования. Объясните причину этого явления. Почему в последнем случае рассеивающая способность электролита наилучшая?

6. При гальваническом цинковании током переменной полярности на детали с цинкуемой поверхностью $S=32 \text{ см}^2$ осаждено за 10 мин 0,416 г цинка. Режим процесса цинкования: катодный период $\tau_k=8 \text{ с}$, анодный период $\tau_a=1 \text{ с}$; плотность тока катодного и анодного периодов 10 А/дм^2 . Каков выход по току для цинка в расчете на : а) фактический катодный ток; б) общее количество протекшего электричества?

БИЛЕТ № 6

1. Укажите преимущества и недостатки станнатных электролитов оловянирования. Дайте обоснование оптимального режима электролиза (катодная плотность тока, температура).
2. Какие из них обладают лучшей рассеивающей способностью? Какие факторы этому способствуют?
3. Какие примеси в электролите оказывают неблагоприятное влияние на качество покрытия?
4. Предположим, что в станнатном электролите концентрация двухвалентного олова увеличилась. Какие процессы (реакции) этому способствовали? На какие характеристики осаждения это может повлиять? Какие способы можно предложить для снижения этой концентрации?
5. Какое значение имеют поверхностно-активные вещества в сульфатном электролите оловянирования? Каков механизм влияния ПАВ на качество покрытий оловом?
6. При электролитическом станнатном лужении используется раствор следующего состава, г/л: $\text{Na}_2\text{SnO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O} - 80$, NaOH (свободный) – 25, $\text{CH}_3\text{COONa} - 25$. Для приготовления такого раствора может быть применен электролитический способ: анодное растворение металлического олова в щелочной ванне с разделенными анодным и катодным пространствами и последующее электрохимическое окисление в той же ванне полученного раствора двухвалентного олова до станната. Какова должна быть исходная концентрация NaOH в анолите, чтобы получить раствор вышеуказанного состава, если для процесса $\text{Sn} \rightarrow \text{Sn}^{2+}$ выход по току можно принять равным 100%, а для процесса $\text{Sn}^{2+} \rightarrow \text{Sn}^{4+}$ - 90%. Числа переноса OH^- и Na^+ равны соответственно 0,82 и 0,18. Пренебречь участием в переносе тока ионов станната, и ацетата, а также изменением объема раствора при процессе.

БИЛЕТ № 7

1. При осаждении серебра даже на медные детали используют амальгамирование или предварительное серебрение. Каково назначение этих операций? Как отличаются по составу электролиты для предварительного и основного осаждения?
2. Какие осложнения могут возникнуть при работе цианидной ванны серебрения, в том числе в связи с особенностями анодного процесса?
3. Как влияет концентрация свободного цианида на качество осадков?

4. Какие факторы влияют на рассеивающую способность электролита? Какую роль при этом играет тип электролита (простой, комплексный)?
5. Электролит блестящего серебрения содержит (г/л): AgNO_3 – 20 (в пересчете на металл), сульфосалициловой кислоты – 100, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ – 20, пиперазина – 15, этиленгликоля – 1 мл/л, аммиака (25%) до pH = 9. Обоснуйте состав, его влияние на механизм осаждения.
6. Одним из способов контроля окончания процесса электролитического серебрения является последовательное включение в цепь электролиза медного кулометра, катод которого завешен на коромысло чашечных весов. После достижения рассчитанного привеса медный катод кулометра опускается, разрывая электрическую цепь ванны серебрения. Рассчитать необходимый привес катода медного кулометра за период серебрения, если в ванне серебрения, последовательно установленной с кулометром, завешены детали общей поверхностью 21,6 дм², которые должны быть покрыты слоем серебра толщиной 30 мкм. Какова продолжительность процесса серебрения при катодной плотности тока 0,20 А/дм² и выходе по току около 100%?

БИЛЕТ № 8

1. Какими факторами определяется коррозионная стойкость золотого покрытия вместе с материалом основы или подслоя? Как могут быть улучшены защитные свойства золотых покрытий?
2. Каковы особенности работы золотых анодов в цианидных электролитах? Почему анодный выход по металлу в этих электролитах больше, чем катодный ?
3. Электролит золочения содержит (г/л): $\text{KAu}(\text{CN})_2$ – 10 (в пересчете на металл), KCN(свободный) – 30, K_2CO_3 – 30, K_2HPO_4 - 20. Обоснуйте состав.
4. Какие факторы могут повлиять на катодный выход по току в цианидном электролите золочения? Напишите реакции.
5. При нанесении тонких слоев золота на блестящем никелевом подслое могут появиться признаки неполного покрытия. Чем это обусловлено? Как нужно проводить процесс осаждения, чтобы предотвратить это явление?
6. Нанесение на детали слоя золота толщиной 3 мкм производится в цианидном электролите на основе $\text{KAu}(\text{CN})_2$ при катодной плотности тока 0,3 А/дм² с выходом по току 70%. Рассчитайте продолжительность процесса золочения и удельный расход золота на 1 дм² покрытия (без учета его потерь).

БИЛЕТ № 9

1. Электроосаждение хрома из раствора хромовой кислоты является одним из наиболее сложных в гальваностегии? Какие характерные особенности этого процесса по сравнению с осаждением многих других металлов?
2. Какой электролит хромирования называют саморегулирующимся и почему? Каковы его преимущества и недостатки?

3. Какие технологические приемы используют для повышения равномерности хромовых покрытий? Каковы причины более неравномерного распределения металла по поверхности катода, чем при электроосаждении других металлов?
4. Какие аноды используют в процессе хромирования? Каковы особенности их эксплуатации?
5. Для каких целей используют пористое хромирование? Какие технологические приемы используют для этого?
6. Процесс пористого хромирования проводится из сернокислого раствора хромового ангидрида при следующем режиме: катодная плотность тока $i_k = 70 \text{ A/дм}^2$, продолжительность катодного периода 200 мин, средний выход по току 16%; плотность тока анодного периода $i_a = 40 \text{ A/дм}^2$, продолжительность 5 мин, выход по току в анодном периоде в расчете на изменение степени окисления хрома, равное 6, 100%. Какова масса полученного слоя пористого хрома на 1 м^2 поверхности детали? Какова средняя толщина хромового покрытия (без учета пор)?

БИЛЕТ № 10

1. Один из электролитов железнения имеет следующий состав, (г/л): $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ -650, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ – 120, аскорбиновая кислота – 0,5, pH = 2-3. Обоснуйте назначение компонентов электролита.
2. От каких факторов зависит величина катодной плотности тока ? Приведите примеры. Как от этих факторов зависит рассеивающая способность электролита?
3. Каковы особенности эксплуатации анодов в хлоридных электролитах железнения?
4. На какие характеристики процесса железнения влияет величина pH электролита? Как выбирают оптимальное pH?
5. Какие факторы ограничивают получение толстослойных железных покрытий? Какие технологические приемы используют для их получения?
6. При электроосаждении железа из хлоридного электролита (п.1) на катоде площадью $6,3 \text{ см}^2$ при пропускании 0,5 Ач выделилось $17,4 \text{ см}^3$ водорода (при н.у.). Определите выход по току железа и толщину покрытия.

БИЛЕТ № 11

1. Приведите составы аминоклоридного и фосфатного электролитов палладирования. Объясните основное назначение компонентов электролита.
2. Какой из электролитов (п.1) обладает лучшей рассеивающей способностью? Как меняется выход металла по току и рассеивающая способность электролита с увеличением плотности тока?
3. Какие аноды используют в этих процессах? Какие побочные реакции протекают на аноде в аминоклоридном электролите палладирования? Как они влияют на характеристики процесса? Предложите, как можно предотвратить нежелательные процессы.

4. Чем отличается поляризуемость от поляризации и на какие свойства электрохимических покрытий оказывает влияние каждая из этих величин?
5. Из электролитов родирования наибольшее применение нашел сульфатный электролит. Наличие в электролите даже следов хлорид-ионов приводит к ухудшению качества покрытия. С чем это связано?
6. После 1ч10 мин катодного осаждения свинца из борфтористоводородного электролита (соль свинца вида $Pb(BF_4)_2$) при плотности катодного тока $3,0 \text{ A/дм}^2$ на детали поверхностью $1,2 \text{ дм}^2$ осадилось $14,7 \text{ г}$ свинца. Рассчитать: а) выход по току, б) объем выделившегося водорода, приведенный к нормальным условиям, в) среднюю толщину свинцового покрытия

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме контрольные работ Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования. Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практические задания, позволяющие оценить степень сформированности умений и навыков. При оценивании используются количественная шкала оценок. Критерии оценивания приведены выше.

При реализации дисциплины с применением дистанционных образовательных технологий оценка за зачет/экзамен может быть выставлена по результатам текущей аттестации обучающегося в семестре.