

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»

Программа кандидатского экзамена

СК-РП-15.1-04-22

Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе



А.А. Куркин

«8» апреля 2022 г

Кафедра «Технология электрохимических производств и химии органических веществ»

ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 2.6.9.

«ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ЗАЩИТА ОТ
КОРРОЗИИ»

Область науки:

2. Технические науки

Группа научных специальностей:

2.6. Химические технологии,
науки о материалах, металлургия


Наименование отрасли науки, по ко-
торой присуждаются ученые степени:

технические науки
химические науки

Научная специальность

2.6.9. Технология электрохимиче-
ских процессов и защита от коррозии

Нижний Новгород 2022

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

Программа предназначена для методического сопровождения процесса подготовки аспирантов (соискателей) к сдаче кандидатского экзамена по специальности 2.6.9. «Технология электрохимических процессов и защита от коррозии»

Программа составлена в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

1. Федеральные государственные требования к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре - приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951.

2. Паспорт научной специальности 2.6.9. «Технология электрохимических процессов и защита от коррозии», разработанный экспертами ВАК Минобрнауки России в рамках Номенклатуры научных специальностей, утвержденной приказом Минобрнауки России от 24.02.2021 г. № 118.

3. Учебный план НГТУ по программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.6.9. «Технология электрохимических процессов и защита от коррозии»

РЕКОМЕНДОВАНА кафедрой «Технология электрохимических производств и химии органических веществ» («ТЭПиХОВ»)

протокол № 5 от " 07 " апреля 2022г.


Заведующий кафедрой «ТЭПиХОВ»

к.т.н., доц. _____ Ивашкин Е.Г.
подпись _____ расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:


И.о. декана факультета подготовки специалистов высшей квалификации

_____ Трубочкина Е.Л. «8» апреля 2022
личная подпись _____ расшифровка подписи _____ дата

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

СОДЕРЖАНИЕ

1	Общие положения.....	4
2	Программа кандидатского экзамена по специальности 2.6.9. «Технология электрохимических процессов и защита от коррозии».....	4
3	Дополнительная программа	14
	Приложение. Пример оформления дополнительной программы	15

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

1 Общие положения

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине состоит из двух частей:

1) основная программа по специальности, разработанной в соответствии с паспортом научной специальности 2.6.9. «Технология электрохимических процессов и защита от коррозии»;

2) дополнительной программы, разрабатываемой аспирантом (соискателем).

Экзаменационные билеты должны включать 2-3 вопроса из основной программы и 1-2 вопроса из дополнительной программы.


2 Программа кандидатского экзамена по специальности 2.6.9. «Технология электрохимических процессов и защита от коррозии»

Программа составлена в соответствии с паспортом специальности 2.6.9. «Технология электрохимических процессов и защита от коррозии» с опорой на учебный план по дисциплинам «Электрохимические технологии» и «Теоретическая электрохимия», отдельных глав курсов: кинетика электродных процессов, прикладная электрохимия, металловедение, физическая и органической химия НГТУ им. Р.Е. Алексеева.

2.1. Основы электрохимии, металловедения, физической и органической химии

Термодинамическая возможность химических реакций. Основные закономерности гомогенных и гетерогенных химических реакций. Адсорбция на однородных и неоднородных поверхностях, основные типы изотерм. Электрохимические системы и их термодинамическая особенность. Равновесные и неравновесные электродные потенциалы. Различные типы равновесных потенциалов. Электроды сравнения, ряд стандартных потенциалов. Водородный и кислородный электроды. Термодинамическая оценка возможности электрохимических реакций, включая анодное растворение и катодное осаждение металлов.

Двойной слой на границе электрод-раствор. Процессы заряжения и разряда двойного слоя, фарадеевы процессы. Принцип независимости электрохимических реакций. Ток обмена. Замедленная стадия электродного процесса, различные виды замедленных стадий. Перенапряжение. Кинетика процессов с замедленной стадией переноса заряда. Уравнение Тафеля. Массоперенос в электродных процессах. Диффузионный слой. Скорость реакций с замедленной диффузионной стадией. Учет миграции и конвекции. Основные особенности кинетики и механизма катодного вос-

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-ПП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

становления кислорода и влияние на них природы металла. Совместное протекание и косвенное взаимовлияние катодных процессов: выделение водорода и осаждения металла, выделения водорода и восстановление кислорода. Определение скорости электродного процесса по току поляризации. Электродная поляризация и перенапряжение. Гальванические и потенциостатические методы получения поляризационных кривых. Истинные зависимости скорости процесса от потенциала и поляризационные кривые.

Металлическая связь. Понятие о зонной теории металлов. Кристаллическая структура и дефекты решетки металлов. Диаграммы состояния и свойства сплавов. Твердые растворы, фазы внедрения, интерметаллические соединения. Объемная и граничная диффузия в металлах и сплавах. Сегрегация и выделение фаз по границам зерен. Основные виды термической обработки сплавов. Прочность и деформируемость металлов и сплавов. Долговечность металлов под нагрузкой. Усталость металлов.


Строение и классификация органических соединений. Типы реакций с участием органических соединений. Азотосодержащие и кремнийорганические соединения. Реактопласты, фтор и хлорсодержащие полимеры, синтетические каучуки. Органические растворители, комплексоны, гетероциклические соединения. Органические пигменты, поверхностно-активные вещества.

2.2. Электрохимическое и химическое осаждение различных материалов

Виды гальванических покрытий и их назначение. Требования, предъявляемые к покрываемой поверхности и к покрытиям в гальванопластике. Неэлектрохимические методы нанесения металлических покрытий и сравнительная их характеристика. Контроль качества покрытий. Основные виды производственного оборудования. Механизм электрокристаллизации. Влияние на структуру и свойства гальванических осадков состава электролита (природы и концентрации ионов основного металла, ионов других металлов, pH, поверхностно-активных веществ), режима электролиза (плотности тока, температуры перемешивания, нестационарных условий), состояния поверхности катода. Причины образования губчатых осадков и методы их устранения. Условия и механизм образования блестящих осадков. Условия совместного электроосаждения металлов.

Распределение тока и металла при электроосаждении металлов. Критерий равномерности распределения тока и металла по поверхности катода. Влияние различных факторов на равномерность электрохимических осадков. Микрорассеивающая и выравнивающая способность электролитов. Экспериментальные методы изучения распределения тока и металла.

Подготовка поверхности изделий перед покрытием. Механическая подготовка поверхности. Химическая и электрохимическая полировка металлов.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

Электрохимическое нанесение покрытий: цинкование, кадмирование, меднение, никелирование, хромирование, оловянирование, свинцевание, железнение, покрытие благородными металлами, покрытие сплавами (латунь, бронза и др.). Специальные добавки к электролитам и их роль, вредные примеси, пути интенсификации процессов. Покрытие легких металлов и их сплавов (титан, алюминий, магний, цинковые сплавы), многослойные и композиционные электрохимические покрытия.

Химическое и электрохимическое оксидирование и фосфатирование металлов. Назначение и сущность процессов.

Требования к гальванопластическим осадкам и отличительные особенности технологического процесса. Матрицы и их изготовление. Металлизация диэлектриков. Электролитическое наращивание металла и отделение осадков.

2.3. Электрохимический синтез, электролиз и размерная обработка материалов


Характерные особенности процессов электрохимического синтеза, связанные с многостадийностью процессов окисления и восстановления при образовании сложных неорганических и органических соединений. Роль состояния поверхности электрода. Электродный потенциал и селективность процессов электрохимического окисления и восстановления. Электролиз при контролируемом потенциале. Принципы выбора состава подвергаемого электролизу раствора: электролиз с катализаторами-переносчиками.

Примеры процессов электросинтеза неорганических веществ: кислородные соединения хлора, надсерная кислота и ее соли, пербораты, кислородные соединения марганца. Примеры процессов электросинтеза органических соединений: реакции присоединения и замещения, димеризации и конденсации, окисления и восстановления, кривые разряда и заряда, емкость, отдача, самозаряд, мощность, коэффициент полезного использования активных веществ, технический ресурс.

Электролитическое производство хлора и щелочей. Общие сведения. Механизм катодных и анодных процессов при электролизе хлоридов. Процессы, происходящие в объеме раствора и их влияние на направление электронных реакций.

Принципы электролиза растворов хлоридов с фильтрующей диафрагмой и твердым катодом. Оптимальные условия электролиза. Электродные материалы и диафрагмы. Конструкции электролизеров с твердым катодом. Анализ составляющих баланса напряжения и пути снижения напряжения на электролизере. Конструкции электролизеров с ртутным катодом и разлагателем амальгам.

Электролиз соляной кислоты. Получение хлора из попутной соляной кислоты. Прямой и косвенный методы электролиза соляной кислоты.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

Основные характеристики электрохимических аппаратов. Схема электрохимического аппарата: корпус, электроды, диафрагма. Классификация электрохимических аппаратов по характеру работы: электрохимические реакторы, электролитические ванны, источники электрической энергии, электрохимические приборы.

Электрокинетические процессы. Электроосмос и электрофорез. Области технического применения. Электродиализ. Электрохимическое обессоливание воды и электрохимическая деминерализация органических соединений.

2.4. Химические источники электрической энергии

Основные типы гальванических элементов. Сухие гальванические элементы. Типы и конструкции сухих гальванических элементов. Наливные и резервные гальванические элементы.

Свинцовые аккумуляторы. Реакции токообразования. Электрические характеристики. Устройство.


Щелочные аккумуляторы. Никель – кадмиевые и никель – железные аккумуляторы. Реакции токообразования. Электрические характеристики. Герметичные аккумуляторы. Устройство аккумуляторов. Серебряно-цинковые и никель-цинковые аккумуляторы. Электрические характеристики и устройство.

Топливные элементы. Классификация топливных элементов. Перспективы их применения.

2.5. Коррозия металлов в электролитических средах

Химический и электрохимический механизм растворения металлов. Электрохимическая коррозия («саморастворение»). Понятие о коррозии с вытеснением водорода и восстановлением кислорода (с «водородной и кислородной деполяризацией»). Другие возможные окислители в коррозионных процессах. Термодинамическая возможность «саморастворения» металлов. Методологическое применение категорий «возможности» и «действительности» к рассмотрению процесса коррозии металлов.

Анодные процессы при коррозии металлов. Диаграммы Пурбе. Закономерности анодного растворения металлов. Электрохимические реакции перехода. Перенапряжение перехода. Классическая зависимость скорости растворения металлов от потенциала при постоянном состоянии поверхности (уравнение кинетики активного анодного растворения). Предэкспоненциальный множитель как характеристика состояния поверхности. Обобщенное кинетическое уравнение и кривая анодной поляризации пассивирующегося металла. Основные участки кривой. Определение и формы проявления пассивности металлов. Пассивационные характеристики, их зависимость от природы металла, состава среды, температуры. Роль воды и окислителей в процессе пассивации. Окислители-деполяризаторы и окислители-доноры кислорода.


	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-ПП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

Основные способы обеспечения пассивации и самопассивации. Пассивирующие слои (включая солевые). Теории пассивности. Перепассивация. Анионы-активаторы, локальная анодная активизация и питтинговая коррозия металлов. Потенциалы и скорости коррозии при различных сочетаниях хода анодной и катодной поляризационных кривых корродирующего электрода. Применимость закономерностей электрохимической кинетики к коррозионным процессам. Зависимость скорости электродного процесса от потенциала (идеальные поляризационные кривые) и зависимость поляризующего тока от потенциала (реальные поляризационные кривые).

Электрохимическая гетерогенность поверхности твердых металлов. Вторичные процессы и продукты коррозии и их роль в коррозионных процессах. Стадийный механизм анодного растворения металлов. Признаки многостадийности. Кинетика многостадийного процесса растворения при наличии электрохимической и химической стадии. Влияние природы растворителя на анодное растворение и его непосредственное участие в процессе. Анодные процессы в водных и водно-органических средах. Растворение металлов в растворах электролитов по химическому механизму. Влияние анионов на кинетику анодного растворения. Общее стимулирующее и ингибирующее действие анионов и их причинная обусловленность. Анодное растворение металлов с образованием твердых конечных продуктов. Анодное окислирование металлов. Электрополюровка. Диаграмма Хора.

Общие особенности анодного поведения сплавов. Анодное растворение сплавов в активном состоянии. Термодинамические основы растворения сплавов. Кинетика растворения сплавов. Избирательное растворение сплавов. Понятие о коэффициентах селективности. Механизм объемной диффузии компонентов сплава. Взаимное влияние компонентов корродирующего сплава при растворении и самоформирование его поверхности. Стационарный и нестационарный режим растворения. Пассивация сплавов и ее обусловленность пассивируемостью компонентов. Характер изменения коэффициентов селективности при пассивации. Случаи стационарного селективного растворения сплавов в пассивном состоянии и особенности формирования пассивной поверхности селективного растворяющегося сплава.


Коррозия металлов с водородной деполяризацией. Схема процесса. Характерные особенности коррозии металлов с водородной деполяризацией. Методы защиты металлов в растворах кислот. Коррозия металлов с кислородной деполяризацией. Схема процесса. Особенности коррозионных процессов с диффузионным контролем. Защита металлов от коррозии в нейтральных электролитах. Смешанная кислородно-водородная деполяризация. Расчет потенциала и скорости электрохимической коррозии по кинетическим уравнениям и поляризационным кривым анодных и катодных реакций. Катодные характеристики и пассивируемость металла. «Катодное» легирование сплавов.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования <i>«Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»</i>
	Программа кандидатского экзамена
СК-ПП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

Питтинговая коррозия. Электрохимические закономерности и механизм. Роль анионов. Методы определения склонности металлов к питтинговой коррозии. Методы защиты. Межкристаллитная коррозия. Закономерности и механизм. Влияние состава сплава и примесей. Ножевая коррозия металлов. Методы определения устойчивости металлов к межкристаллитной коррозии. Методы защиты. Коррозионно-механические разрушения металлов. Коррозионное растрескивание под напряжением. Влияние циклических напряжений. Коррозионная усталость. Способы защиты. Кавитационная, эрозионная и фреттинг-коррозия. Водородная коррозия металлов в электролитических средах. Водородное охрупчивание. Наводороживание и кинетика разряда ионов водорода. Влияние состава и структуры поверхности. Способы защиты. Щелевая коррозия. Коррозия блуждающими токами. Особенности, механизм и методы защиты.

Коррозия гетерогенных металлических систем. Условие стационарности. Расчет скорости растворения гетерогенных систем по кинетическим уравнениям. Теория и анализ работы коррозионных элементов. Влияние анодной и катодной поляризации на работу простого коррозионного элемента. Разностный и защитный эффект. Многоэлектродные системы. Факторы дифференциации поверхности металла. Количественный расчет многоэлектродных систем. Взаимное влияние металлов в многоэлектродных системах. Теория макрокоррозионных пар. Контактная коррозия. Макрокоррозионные пары неравномерного доступа окислителя к металлу. Термогальванические макропары. Температурная зависимость ЭДС и тока термогальванической макропары. Аналитический и графический расчет многоэлектродных систем. Контролирующий процесс.

Коррозия металлов в природных и промышленных условиях. Атмосферная коррозия металлов. Классификация и механизм атмосферной коррозии металлов. Конденсация влаги на поверхности металла. Особенности и контролирующие стадии. Факторы атмосферной коррозии металлов. Защита металлов от атмосферной коррозии. Подземная коррозия металлов. Почва и грунт как коррозионная среда. Механизм и классификация подземной коррозии металлов. Контролирующие стадии, характерные особенности, факторы и кинетика. Защита металлов от подземной коррозии. Морская коррозия. Морская вода как коррозионная среда. Механизм и особенности морской коррозии металлов. Факторы, влияющие на морскую коррозию металлов. Защита металлов в морской воде. Коррозия металлов в пресных водах. Коррозия металлов в расплавах электролитов. Электродные потенциалы в расплавленных электролитах. Механизм и защитные особенности коррозии металлов в расплавленных электролитах. Защита металлов от коррозии в расплавленных электролитах. Коррозия металлов в расплавленных металлах. Механизм разрушения. Влияние примесей в

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
	СК-РП-15.1-04-22
Факультет подготовки специалистов высшей квалификации	

жидком металле. Кавитационно-эрозионное воздействие жидких металлов на твердые. Методы защиты.

2.6. Коррозия металлов в газовых средах


Термодинамическая возможность газовой коррозии металлов. Реакционная способность и термодинамическая устойчивость продуктов газовой коррозии металлов. Адсорбция окислителей на металлах. Образование пленки продуктов коррозии. Классификация пленок. Условие сплошности. Напряжение в пленках и их разрушение. Массоперенос и электропроводность продуктов коррозии металлов. Твердые электролиты и их классификация по типу разупорядоченности: собственная, примесная. Структурная разупорядоченность. Аморфные электролиты. Реакции с участием дефектов.

Кинетика газовой коррозии металлов. Схема и лимитирующие стадии окисления металлов в газах. Линейный закон окисления. Расчет плотной окалины. Фазовый состав окалины и диаграмма состояния металл-кислород. Вывод параболического закона окисления металлов. Анализ параболического закона. Электрохимическая модель параболического закона окисления. Логарифмический закон окисления. Многослойные оксидные пленки. Образование нескольких слоев по Валенси. Окисление сплавов. Теория Вагнера-Хауффе. Теория Смирнова. Теория Тихомирова. Двойные оксиды и окалина. Внутреннее окисление сплавов. Влияние внутренних и внешних факторов на коррозию металлов в газах. Влияние температуры, состава и давления газовой фазы. Высокотемпературная пассивация. Влияние скорости движения газовой среды и режима нагрева. Влияние состава и структуры сплава, деформации металла и характера обработки поверхности металлов. Защита металлов от газовой коррозии. Меры по уменьшению окисления металлов и рациональному использованию легирующих элементов.

2.7. Защитные покрытия

Защитные покрытия в системе противокоррозионной защиты. Классификация защитных покрытий по материалам, способу нанесения и механизму защитного действия. Подготовка поверхности металлов под покрытие. Классификация способов обработки поверхности металлов. Способы обработки поверхности металлов. Способы обезжиривания, травления и полирования металлов.

Гальванический способ получения покрытий. Классификация и области применения гальванопокрытий для защиты от коррозии. Анодные и катодные покрытия. Гальванические покрытия из расплавленных солей. Химические способы получения покрытий из водных и расплавленных солевых электролитов. Диффузионный способ получения покрытий. Уравнения диффузии для расчета технологических параметров

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
	<i>«Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»</i>
	Программа кандидатского экзамена
СК-ПП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

получения покрытий. Состав, особенности структуры и свойства коррозионно- и износостойких диффузионных покрытий. Напыление металлов (металлизация). Способы газотермического и плазменного напыления неметаллических и металлических покрытий. Способы вакуумного напыления металлов: термическое и катодное напыление, ионное осаждение (имплантация). Получение металлических и неметаллических покрытий погружением в расплав, наплавкой и оплавлением. Плакирование металлов прокаткой и взрывом. Лазерная обработка поверхности.


Медные покрытия. Особенности меднения. Латунирование. Цинковые и цинкосодержащие покрытия. Гальваническое кадмирование. Оловянные и свинцовые покрытия. Алюминиевые покрытия. Особенности механизма защиты стали от атмосферной коррозии оловянными и алюминиевыми покрытиями. Диффузионное алитирование металлов для повышения их жаростойкости. Никелевые покрытия. Электролитическое и химическое никелирование. Блестящее никелирование. Многослойные и многокомпонентные покрытия на основе никеля. Хромовые и хромосодержащие покрытия. Электролитическое хромирование различного назначения. Диффузионное хромирование. Вакуумнапыленные хромовые покрытия. Покрытия из благородных и редких металлов.

Неорганические конверсионные покрытия. Оксидирование химическое и электрохимическое алюминия, магния, железа, меди и их сплавов. Хроматирование. Фосфатирование стали в горячих и холодных растворах. Неорганические покрытия покровного типа (напыленные, наплавленные и др.) оксидные, силикатные, стеклянные и керамические.

Лакокрасочные защитные покрытия (ЛКП). Классификация, характеристики и механизм защитного действия. Типы пленкообразователей, используемых для получения защитных ЛКП. Наполнители, пластификаторы, пигменты и функциональные добавки в защитных ЛКП. Технологии лакокрасочной защиты. Влияние физико-механических характеристик и конструкции ЛКП на их эксплуатационные свойства. Комбинированные покрытия с использованием лакокрасочных материалов. Методы исследования и контроля защитных ЛКП.

2.8. Методы защиты от коррозии

Электрохимическая защита. Катодная защита. Принципы и эффективность метода. Катодные станции защиты. Исходные данные и методы расчета станции катодной защиты. Типы, расположение и расчет анодных заземлений. Пути совершенствования методов расчета катодной защиты. Протекторная защита. Сущность метода и его применение для защиты различного оборудования. Сфера действия протекторов, их расположение и размеры, материал, методы крепления. Основы проектирования протекторной защиты и пути ее совершенствования. Анодная защита, ее принципы и

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
	СК-ПП-15.1-04-22
Факультет подготовки специалистов высшей квалификации	

применения для металлов, склонных к пассивированию. Регуляторы потенциала и электроды сравнения. Основы проектирования и техническая реализация. Коррозия блуждающими токами. Предупреждение возникновения блуждающих токов. Принцип электродренажной защиты и ее практическое осуществление в случае анодного, катодного и меняющегося тока. Простой, поляризованный и усиленный дренаж.

Защитные атмосферы. Принцип подбора защитных атмосфер. Классификация и характеристика защитных атмосфер для сталей и цветных металлов и сплавов. Методы, установки для создания и контроля состава защитных атмосфер. Техника безопасности при работе с защитными атмосферами. Методы уменьшения окисления металлов.


Уменьшение содержания деполяризатора в электролитах. Нейтрализация кислых сред. Влияние кристаллизации, осаждения и коагуляции на коррозионные процессы. Коррозия при отложении солей жесткости. Применение ингибиторов коррозии металлов. Классификация ингибиторов, эффективность, механизм действия. Теоретические основы подбора ингибиторов в различных средах. Ингибиторы коррозии в кислых средах. Ингибиторы коррозии в водных растворах солей и щелочей. Ингибиторы атмосферной коррозии металлов. Ингибиторы коррозии металлов в жидких неводных средах. Безопасность при работе с замедлителями коррозии металлов.

Защита от коррозии на стадии проектирования, сборки и эксплуатации. Влияние элементов конструкции на коррозионные процессы. Неоднородность металлической поверхности. Напряженные участки. Узкие зазоры. Трудно доступные и трудноосушаемые участки. Застойные зоны. Локализованное поступление коррозионной среды. Основные принципы рационального конструирования. Отсутствие неблагоприятных металлических контактов или их обезвреживание. Учет и ослабление механических воздействий. Устранение напряженных и труднодоступных участков, а также застойных зон. Создание условий дренажа. Сведение к минимуму числа зазоров. Предохраняющие устройства. Требования к технологии изготовления аппаратуры. Выбор металла заклепок. Чеканка швов. Выбор сварочных электродов. Правила сварки. Термическая обработка сварного шва. Проектирование защиты от коррозии.

2.9. Методы исследования электрохимических процессов и способы коррозионных испытаний

Метод поляризационных кривых. Определение замедленной стадии с помощью вращающегося электрода и температурно-кинетическим методом. Определение тока обмена, коэффициентов переноса и числа электронов, участвующих в электрохимической реакции.

Применение релаксационных потенциостатических методов для исследования механизма электрохимической реакции. Основной потенциостатический метод. Ме-

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
	СК-РП-15.1-04-22
Факультет подготовки специалистов высшей квалификации	

тод ступенчатого изменения потенциала. Циклический потенциостатический метод. Релаксационные гальваностатические методы. Основной гальваностатический метод. Циклический гальваностатический метод. Двухимпульсный гальваностатический метод. Хронопотенциометрия. Кулоностатический и кулонометрический методы. Переменно-токовые методы. Метод фарадеевского импеданса.


Классификация методов испытаний устойчивости конструкционных материалов к различным видам коррозии. Ускоренные испытания их преимущества и ограничения. Методы испытания на газовую коррозию. Гравиметрические испытания на коррозию в электролитических средах.

Метод поляризационного сопротивления. Химические и электрохимические методы оценки устойчивости к межкристаллитной и питтинговой коррозии. Испытания на контактную и щелевую коррозию. Испытания на коррозию под напряжением. Натурные и производственные испытания. Контроль коррозии в условиях эксплуатации. Использование научных данных в практике производства и для охраны окружающей среды.

Изучение и моделирование процессов коррозии и защиты металлов с применением ЭВМ. Роль формализации и математических методов при моделировании процессов коррозии и защиты металлов. Гипотезы, модель, параметр оптимизации. Многофакторное пространство и его описание многомерными статическими математическими моделями. Планирование эксперимента: выбор модели и гипотезы. Статистическая обработка результатов эксперимента. Ранжирование факторов. Определение значимых факторов. Компромиссный поиск оптимума по нескольким показателям качества.

2.10. Список литературы


1. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия. СПб.,: Издательство «Лань», 2015 (см. также литературу в этом учебнике).
2. Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия. – М.: Высшая школа. – 1984
3. Гальванические покрытия в машиностроении. Справочник. Тт. 1,II, ред. Шлугер М.А., М., Машиностроение, 1985
4. Прикладная электрохимия/Под ред. Томилов А.П., М., Химия. 1984
5. Виноградов С.С. Экологически безопасные гальванические производства, М., Глобус, 2002
6. Лукомский Ю.Я. Физико-химические основы электрохимии. Долгопрудный: из-д дом «Интеллект», 2008
7. Прикладная электрохимия / Под ред. А.Л.Ротиняна, 3-е изд. Л.: Химия, 1974.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

8. Прикладная электрохимия / Под ред. Н.Т.Кудрявцева, 2-е изд. М., 1975.
9. В.Н. Кудрявцев, В.В. Окулов Сборник практических материалов для технологов-гальваников, экологов, специалистов в области обработки поверхности и защиты металлов от коррозии: М. : Изд-во РХТУ им.Д.И.Менделеева, 2012
10. Багоцкий В.С., Скундин А.М. Химические источники тока. М., Энергоиздат, 1981г.
11. Химические источники тока: Справочник / Под редакцией Н.В. Коровина и А.М. Скундина. – М.: Издательство МЭИ, 2003
12. Томашов Н.Д., Чернова Г.П. Теория коррозии и коррозионностойкие конструкционные материалы. – М.: Металлургия – 1986
13. Семенов а И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии / Под ред. И.В. Семеновой. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010.
14. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов. – М.: Металлургия – 1976
15. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. – М.: Металлургия – 1976
16. Розенфельд И.Л., Жигалова К.А. Ускоренные методы коррозионных испытаний. – М.: Металлургия – 1966

3 Дополнительная программа

Дополнительная программа, самостоятельно составляемая аспирантом (соискателем), включает в себя титульный лист, не менее 15 вопросов по теме диссертации и не менее 15 источников литературы. Дополнительная программа должна быть подписана научным руководителем и согласована с деканом факультета подготовки специалистов высшей квалификации. Пример оформления дополнительной программы приведен в Приложении.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
	СК-РП-15.1-04-22
Факультет подготовки специалистов высшей квалификации	

ПРИЛОЖЕНИЕ

Пример оформления дополнительной программы

Минобрнауки России
 федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего образования
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА

УТВЕРЖДАЮ


Декан ФСВК

_____ Р.Ш. Бедретдинов

«__» _____

Дополнительная программа
к кандидатскому экзамену
 по специальности 2.6.9. «Технология электрохимических процессов
 и защита от коррозии»

Нижний Новгород 2022

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
	<i>«Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»</i>
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

Дополнительная программа экзамена по специальности

1. Современное состояние и перспективы развития гальванотехники. Место гальванотехники в современной промышленности. Виды, классификация и назначения металлопокрытий.

2. Механизм процесса электрокристаллизации металлов. Условия образования мелкокристаллических гальванических покрытий. Влияние на структуру и свойства гальванических осадков состава электролита (природы и концентрации ионов основного металла, ионов других металлов, рН, поверхностно-активных веществ), режима электролиза (плотности тока, температуры перемешивания, нестационарных условий), состояния поверхности катода. Причины образования губчатых осадков и методы их устранения. Условия и механизм образования блестящих осадков. Блескообразование и сглаживание микро- и субмикрорельефа при электроосаждении.

3. Условия совместного электроосаждения металлов с образованием сплавов. Влияние ПАВ на процесс электрокристаллизации металлов и сплавов и свойства полученных осадков.

4. Распределение тока и металла по катодной поверхности; факторы, влияющие на эти параметры. Рассеивающая способность электролитов и способы ее определения. Критерий равномерности распределения тока и металла по поверхности катода. Влияние различных факторов на равномерность электрохимических осадков. Микрорассеивающая и выравнивающая способность электролитов. Экспериментальные методы изучения распределения тока и металла по катодной поверхности.


5. Химическая и электрохимическая подготовка поверхности. Выбор оптимальных схем подготовки поверхности перед нанесением металлопокрытий.

6. Электрохимическое нанесение покрытий: цинкование, кадмирование, меднение, никелирование, хромирование, оловянирование, свинцевание, покрытие благородными металлами, покрытие сплавами (латунь, бронза, олово-свинец, никель-олово, никель-бор и др.). Основные и специальные добавки к электролитам и их роль, пути интенсификации процессов. Катодные и анодные процессы при электроосаждении металлов, их механизм. Режимы работы электролитов. Свойства покрытий и области применения. Электроосаждение металлов в нестационарном режиме: импульсном, в ультразвуковом поле, реверсивном. Условия осаждения металлов в насыпном виде.

7. Многослойные и композиционные электрохимические покрытия.

8. Особенности покрытия легких металлов и сплавов (титан, алюминий, магний, цинковые сплавы).

9. Химическое оксидирование черных и цветных металлов. Механизм процессов и

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
	<i>«Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»</i>
	Программа кандидатского экзамена
СК-РП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

условия нанесения конверсионных фосфатных, хроматных и хромитных покрытий.

10.Электрохимическое оксидирование и полирование. Механизм процессов Электролиты и режимы работы


11.Виды гальванических покрытий и условия их нанесения в технологиях гальванопластики. Требования к гальванопластическим осадкам и отличительные особенности технологического процесса. Металлизация диэлектриков. Электролитическое наращивание металла и отделение осадков.

12.Неэлектрохимические методы нанесения металлических покрытий, их сравнительная характеристика, механизм и условия применения.

13.Контроль качества покрытий.

14.Современные приборы и методы испытаний и контроля.

15.Основные виды производственного оборудования и условия его оптимального использования.

	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
	федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева»
	Программа кандидатского экзамена
СК-ПП-15.1-04-22	Факультет подготовки специалистов высшей квалификации

Список литературы

1. Кудрявцев Н.Т. Электролитические покрытия металлами. Химия 1979. -352с.
2. Прикладная электрохимия/под ред. Томилова А.Н. Химия 1984. – 388с.
3. Грилихес С.Я., Тихонов К.И. Электролитические и химические покрытия Химия 1990. -284с.
4. Гамбург Ю.Д. «Гальванические покрытия». Справочник по применению– М.: Техносфера, 2006. – 215 с.
5. Мамаев В.И., Кудрявцев В.Н. «Никелирование»,.: учебное пособие под редакцией проф. В.Н. Кудрявцева. – М.: РХТУ им.Д.И. Менделеева, 2014. – 198 с.
6. Скопинцев В.Д. «Оксидирование алюминия и его сплавов». – М.: РХТУ им.Д.И. Менделеева, 2015. – 120 с.
7. Гамбург Ю.Д. «Теория и практика электроосаждения металлов» / Ю.Д. Гамбург, Дж. Зангари; пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.
8. Солодкова Л.Н., Кудрявцев В.Н. «Электролитическое хромирование» М.: Глобус, 2007. – 191 с.
9. Виноградов С.С. «Промывные операции в гальваническом производстве» /Под редакцией проф. В.Н. Кудрявцева. – М.: Глобус, 2007. – 157с.
10. Окулов В.В. «Цинкование. Техника и технология». – М.: Глобус, 2008. – 252 с.
11. Григорян Н.С., Акимова Е.Ф., Ваграмян Т.А. «Фосфатирование». – М.: Глобус, 2008. – 144 с.
12. Федосова Н.Л. и др. «Антикоррозионная защита металлов». – Иваново, 2009. – 187 с.
13. Сборник практических материалов для работников гальванических цехов. – М.: Глобус, 2012. – 400 с.
14. Ротинян А.Л., Тихонов К.И., Шошина И.А., Тимонов А.М. «Теоретическая электрохимия». – М.: Студент, 2013. – 494 с.
15. Флеров В.Н. Сборник задач по прикладной электрохимии. Высшая школа 1987
16. Справочник. Гибкие автоматизированные гальванические линии. /под ред. Зубченко В.Л. Машиностроение 1989
17. Флеров В.Н. Химическая технология в производстве радиоэлектронных деталей. Радио и связь 1988

Научный руководитель
д.т.н., доцент

Ю.Л. Гунько