

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт высокотемпературной электрохимии
Уральского отделения Российской академии наук
(ИВТЭ УрО РАН)

 УТВЕРЖДАЮ
Директор института
П.А. Архипов
«30» марта 2022 г.

**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Группа научных специальностей

2.6. *Химические технологии, науки о материалах, металлургия*


Научная специальность:

**2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита
от коррозии**

г. Екатеринбург

2022 год

Программа кандидатского экзамена составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Отдел	Подпись
1	Ткачева Ольга Юрьевна	Д-р хим. наук	Ведущий научный сотрудник	Лаборатория электродных процессов	

Программа кандидатского экзамена:

Одобрена:

На заседании Ученого Совета Института.
Протокол № 5 от «24» марта 2022 г.

Согласовано:

Ученый секретарь Ученого Совета Института
канд. хим. наук Козинцева А.О.



1. Общие положения.

1.1. Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине научной специальности (далее – Программа) предназначена для методического сопровождения процесса подготовки аспирантов (соискателей) к сдаче кандидатского экзамена по научной специальности 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

1.2. Программа разработана в соответствии с:

- Федеральным законом от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;

- Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней»;

- Приказом Минобрнауки России от 28.03.2014 № 247 «Об утверждении Порядка прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечня»;

- Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24 февраля 2021 г. № 118 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, и внесении изменения в Положение о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденное приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 ноября 2017 г. № 1093»;

- Паспортом научной специальности 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии;

- Уставом Института высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук (далее – Институт, ИВТЭ УрО РАН);

1.3. Программа кандидатского экзамена регламентирует цель, задачи, содержание, организацию кандидатского экзамена, порядок оценки уровня знаний соискателя ученой степени кандидата химических наук и включает перечень вопросов, выносимых на кандидатский экзамен, рекомендации по подготовке к кандидатскому экзамену, в том числе, перечень литературы и ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для подготовки к кандидатскому экзамену.

1.4. Кандидатские экзамены представляют собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата химических наук (аспиранта/прикрепленного лица) к проведению научных исследований по конкретной научной специальности и отрасли науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация.

1.5. Цель проведения кандидатского экзамена:

– оценка степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук (аспиранта/прикрепленного лица) к проведению научных исследований по научной специальности 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии;

– проверка сформированности умений в области применения химии, использования междисциплинарных установок и общенаучных понятий в решении комплексных задач теории и практики в конкретно научной исследовательской деятельности;

– определение уровня владения основными химическими категориями и физико-химическими методами на уровне, позволяющем получать качественные результаты при решении теоретических и прикладных задач в области химических дисциплин;

– получение практических навыков аргументации в обосновании научного статуса и актуальности конкретной исследовательской задачи, в работе с внеэмпирическими методами оценки выдвигаемых проблем и гипотез.

Сдача кандидатских экзаменов обязательна для присуждения ученой степени кандидата наук.

1.6. Задачи, решаемые в ходе сдачи кандидатского экзамена.

В ходе сдачи кандидатского экзамена необходимо оценить:

– способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

– способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области естественных наук.

1.7. Структура и содержание кандидатского экзамена.

Кандидатский экзамен по специальной дисциплине по научной специальности

2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии проводится в устной форме по билетам.

Экзаменационный билет включает в себя два-три теоретических вопроса и задание по теме диссертационного исследования.

Продолжительность устного ответа на экзамене – 20 минут, время на подготовку к ответу на экзаменационный билет – до 60 минут.

1.8. Комиссия по приему кандидатского экзамена по специальной дисциплине правомочна принимать кандидатский экзамен, если в ее заседании участвуют не менее 3 специалистов, имеющих ученую степень кандидата или доктора наук по научной специальности, соответствующей специальной дисциплине, в том числе 1 доктор наук.

Решение, принятое комиссией, оформляется протоколом по установленной Институту форме.

2. Содержание программы кандидатского экзамена

1. Основы электрохимии, металловедения, физической химии

Электрохимические системы и их термодинамическая особенность. Равновесные и неравновесные электродные потенциалы. Электроды сравнения, ряд стандартных потенциалов. Термодинамическая оценка возможности электрохимических реакций, включая анодное растворение и катодное осаждение металлов.

Электрохимическая термодинамика расплавленных солевых сред. Химические цепи с индивидуальными солями и солевыми смесями. Концентрационные цепи. Электроды сравнения.

Электрохимическая кинетика. Скорость реакции. Ток обмена. Замедленная стадия электродного процесса, различные виды замедленных стадий. Перенапряжение переноса заряда. Кинетика процессов с замедленной стадией переноса заряда. Уравнение Таффеля. Перенапряжение диффузии. Влияние массопереноса на кинетику электродных процессов.

Особенности электрохимической кинетики в расплавленных солях. 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.

2. Электрохимическое и химическое осаждение различных материалов

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. Условия совместного электроосаждения металлов.

Особенности электрокристаллизации в солевых расплавах. Стадии процесса электроосаждения металлов. Перенапряжение. Теория устойчивости плоского фронта роста А.Н. Барабошкина. Факторы, влияющие на перенапряжение, кристаллизацию, структуру и качество осадков. Катодные и анодные процессы при электроосаждении металлов в солевых расплавах. Растворимые и нерастворимые аноды.

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.

Электрохимическое покрытие сплавами. Основы теории процесса осаждения сплавов. Влияние различных факторов на совместный разряд ионов металлов, состав, структуру и свойства сплавов. Анодный процесс при электроосаждении сплавов.

Гальванопластика. Стадии процесса получения металлических копий. Механизм осаждения каталитических и автокаталитических покрытий. Требования к гальванопластическим осадкам и отличительные особенности технологического процесса. Металлизация диэлектриков. Электролитическое наращивание металла и отделение осадков.

3. Электрохимический синтез неорганических веществ, электролиз

Электрохимические способы извлечения металлов из растворов. Особенности катодных и анодных процессов при получении металлов рафинированием и электролитической экстракцией. Гидрометаллургическая технология получения меди.

Электролиз расплавленных солей. Строение расплавленных смесей. Особенности катодных и анодных процессов. Материал и характеристика электродов. Законы Фарадея. Выход по току и удельных расход энергии при электролизе расплавов.

Современная технология получения алюминия. Состав и строение криолит-глиноземного электролита. Катодные и анодные процессы. Конструкция электролизеров. Типы анодов. Низкотемпературный способ получения алюминия. Особенности анодных и катодных процессов.

4. Химические источники электрической энергии

Основные типы и принцип работы гальванических элементов. Сухие гальванические элементы. Наливные и резервные гальванические элементы.

Свинцовые аккумуляторы. Щелочные аккумуляторы. Кадмий-никелевые и железоникелевые аккумуляторы. Цинк-никелевые и цинк-серебряные аккумуляторы. Реакции токообразования. Электрические характеристики. Устройство.

Химические источники тока с расплавленными электролитами. Характеристики. Преимущества и недостатки.

Топливные элементы. Классификация топливных элементов. Устройство и принцип действия. Перспективы их применения.

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.

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). 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. Теории пассивности. Перепассивация. Анионы-активаторы, локальная анодная активизация и питтинговая коррозия металлов. 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).

Особенности коррозии металлов в расплавленных солях. Электродные потенциалы в расплавленных электролитах. Механизм и защитные особенности коррозии металлов в расплавленных электролитах. Защита металлов от коррозии в расплавленных электролитах.

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. Стационарный и нестационарный режимы растворения. Пассивация сплавов и ее обусловленность пассивируемостью компонентов.

Коррозия металлов с водородной деполяризацией. Характерные особенности коррозии металлов с водородной деполяризацией. Методы защиты металлов в растворах кислот. Коррозия металлов с кислородной деполяризацией. Особенности коррозионных процессов с диффузионным контролем. Защита металлов от коррозии в нейтральных электролитах.

Питтинговая коррозия. Электрохимические закономерности и механизм. Методы определения склонности металлов к питтинговой коррозии. Методы защиты. Межкристаллитная коррозия. Закономерности и механизм. Влияние состава сплава и примесей.

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. Вывод параболического закона окисления металлов. 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. Защита металлов от газовой коррозии.

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.

Гальванический способ получения покрытий. 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 получения 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.

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. Анодная защита, ее принципы и применение для металлов, склонных к пассивированию. Регуляторы потенциала и электроды сравнения. Коррозия блуждающими токами.

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.

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. Метод 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.

3. Учебно-методическое и информационное обеспечение для подготовки к кандидатскому экзамену

3.1. Перечень учебной литературы

3.1.1. Основная литература:

1. Андреев Ю.Я. Электрохимия металлов и сплавов: Учебное пособие. М.: Издательский Дом «Высшее образование и наука», 2016. – 320 с.
2. Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия. М.: Высш. шк., 1984. – 509 с.
3. Багоцкий В.С., Скундин А.М. Химические источники тока. М.: Энергоатомиздат, 1981. – 360 с.
4. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия: Учебник для вузов. М.: Химия, 2010. – 624 с.

5. Дасоян М. А., Пальмская И. Я., Сахарова Е. В. Технология электрохимических покрытий: Учеб. для сред. спец. учеб. завед. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. – 391 с.
6. Зайков Ю.П., Шуров Н.И., Суздальцев А.В. Высокотемпературная электрохимия кальция. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. – 200 с.
7. Морачевский А.Г., Фирсова Е.Г. Электрохимия расплавленных солей: Учебное пособие. СПб.: Издательство «Лань», 2017. – 176с.
8. Прикладная электрохимия / Под ред. А.П. Томилова. М.: Химия, 1984. –520 с.
9. Томашов Н.Д., Чернова Г.П. Теория коррозии и коррозионно-стойкие конструкционные материалы. М.: Metallurgia, 1986. – 360 с.
10. Электроаналитические методы. Теория и практика /Под ред. Ф.Щольца; Пер. с англ. под ред. В.Н. Майстренко. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 326 с.

3.1.2. Дополнительная литература

1. Ангал Р. Коррозия и защита от коррозии. Изд-во «Интеллект», 2013. – 344 с.
2. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. М.: Metallurgia, 1976. – 472 с.
3. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов. М.: Metallurgia, 1976. – 448 с.
4. Розенфельд И.Л., Жигалова К.А. Ускоренные методы коррозионных испытаний. М.: Metallurgia, 1966. – 350 с.
5. Фетисов Г.П., Карпман М.Г., Матюнин и др. Материаловедение и технология металлов. М.: Высш. Шк. 2006. – 861 с.

3.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Центральная научная библиотека УрО РАН <http://cnb.uran.ru/>
2. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>
3. Высшая аттестационная комиссия при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации <https://vak.minobrnauki.gov.ru/main>
4. MEDLINE: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi> MEDLINE plus <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus>
5. EBSCO Publishing: <http://www.ebscohost.com/>
6. SAGE Journals Online: <http://online.sagepub.com/>
7. Научные журналы издательства Taylor&Francis (UK) на электронной Платформе Informaworld: <http://www.informaworld.com/>
8. Рефераты и полные тексты статей из журналов, книги, книжных серий, электронных ссылок научных издательств:
 - Springer Nature Group <http://springerlink.com/>
 - The Royal Society Of Chemistry <http://www.rsc.org>
 - American Chemical Society <http://pubs.acs.org>
 - The Electrochemical Society <http://www.electrochem.org>
 - Wiley Online Library <https://onlinelibrary.wiley.com>
 - Издательство MDPI <https://www.mdpi.com>
 - IOP Publishing <https://iopublishing.org>
9. Базы ВИНИТИ (периодические издания, книги, фирменные издания, материалы конференций, тезисы, патенты, нормативные документы, депонированные научные работы) <http://www.viniti.ru/bnd.html>
10. Диссертации и авторефераты диссертаций: <http://diss.rsl.ru/>

4. Порядок оценки уровня знаний соискателя ученой степени кандидата химических наук (аспиранта/прикрепленного лица).

4.1. Оценка уровня знаний соискателя ученой степени кандидата наук определяется экзаменационными комиссиями по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

4.2. При оценке знаний и уровня подготовки соискателя ученой степени кандидата наук определяется:

- уровень освоения материала, предусмотренного программой кандидатского экзамена;
- умение использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

4.3. Общими критериями, определяющими оценку уровня знаний соискателя ученой степени кандидата наук, являются:

– для оценки **«отлично»**: наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объеме пройденного программного материала, правильные и уверенные действия по применению полученных знаний на практике, грамотное и логически стройное изложение материала при ответе, знание дополнительно рекомендованной литературы;

– для оценки **«хорошо»**: наличие твердых и достаточно полных знаний программного материала, незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильные действия по применению знаний на практике, четкое изложение материала;

– для оценки **«удовлетворительно»**: наличие твердых знаний пройденного материала, изложение ответов с ошибками, уверенно исправляемыми после дополнительных вопросов, необходимость наводящих вопросов, правильные действия по применению знаний на практике;

– для оценки **«неудовлетворительно»**: наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неуверенность и неточность ответов на дополнительные и наводящие вопросы.

5. Методические указания по подготовке к сдаче кандидатского экзамена

При подготовке к кандидатскому экзамену рекомендуется:

Внимательно прочесть источники в списке рекомендуемой литературы и проанализировать информацию.

Сделать выписки (конспект) необходимой информации в соответствии с темами и экзаменационными вопросами.

Систематизировать и классифицировать полученные данные по тематическим разделам и экзаменационным вопросам.

Составить рабочие записи – ключевые опорные пункты в соответствии с логикой ответа на экзаменационные вопросы.

Подобрать необходимую иллюстративную информацию по содержанию ответа на экзаменационные вопросы.