



«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. ректора РХТУ им. Д. И.  
Менделеева,

доктор технических наук, профессор

В. Воротынцев

01 » сентября 2022 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация на тему: «Разработка технологического процесса электролитического бронзирования» по научной специальности 05.17.03 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии (технические науки) выполнена в Российском химико-технологическом университете им. Д.И. Менделеева на кафедре инновационных материалов и защиты от коррозии.

В процессе подготовки диссертации Махина Вера Сергеевна, «16» марта 1995 года рождения, была аспирантом Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии с 1.09.2018 по 31.08.2022.

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов (справка об обучении (сроках обучения)) выдано в РХТУ имени Д.И. Менделеева в 2022 году.

Научный руководитель доктор технических наук по научной специальности 05.17.03 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии, профессор, заведующий кафедрой ИМиЗК в РХТУ им. Д.И. Менделеева Ваграмян Тигран Ашотович.

По результатам рассмотрения диссертации на тему: «Разработка технологического процесса электролитического бронзирования» принято следующее заключение.

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена тем, что, несмотря на, большое количество простых и комплексных электролитов разработанных для электроосаждения бронзовых покрытий, существует ряд причин, препятствующих

Ч

4

их широкому промышленному применению, среди которых невысокая стабильность растворов при эксплуатации или высокая токсичность компонентов.

Интерес представляет разработка щелочных электролитов на основе фосфорорганических веществ, которые являются эффективными хелатирующими агентами и, как было установлено, связываются в устойчивые комплексы со многими ионами металлов. За счет своих хелатных свойств они могут быть эффективной заменой цианидных комплексов.

Научная новизна заключается в следующем:

– установлено, что при электроосаждении бронзы из нитрилотриметилфосфонового (НТФ) электролита на поверхности стали и осаждаемого сплава образуется наноразмерная пленка, которая препятствует контактному выделению меди на углеродистой стали;

– показано, что формирующаяся пленка изменяет кинетику разряда ионов меди и олова таким образом, что процесс включения меди в сплав деполяризуется в значительно меньшей степени, чем процесс включения олова;

– выявлено, что образующаяся наноразмерная пленка включает в себя соединения одновалентной меди.

Практическая ценность работы состоит в том, что разработан стабильный щелочной бесцианидный электролит, позволяющий осаждать бронзовые покрытия равномерного состава с содержанием олова 8...14% в диапазоне плотностей тока 1...5 А/дм<sup>2</sup>. Осаждение бронзовых покрытий из разработанного электролита можно проводить непосредственно на углеродистую сталь.

Работа характеризуется логичностью построения, аргументированностью основных научных положений и выводов, а также четкостью изложения.

Основные положения диссертации получили полное отражение в 10 печатных работах, из них 2 статьи в журналах, включенных в базы данных Web of Science (Core Collection), и 1 – в журналах, входящих в перечень ВАК, 7 тезисов докладов на конференциях различного уровня. Часть результатов диссертации защищена патентом на изобретение «Щелочной электролит для электролитического осаждения желтой оловянной бронзы» № 2762501 от 17.05.2021, и патентом на изобретение «Способ электролитического осаждения



желтой оловянной бронзы» заявка № 2775069 от 07.12.2021.

Результаты диссертации представлены на международных и всероссийских конференциях, в том числе на: международной научно-технической конференции молодых ученых «Инновационные материалы и технологии – 2021», Республика Беларусь, г. Минск, 2021 год; международной научно-технической конференции молодых ученых «Инновационные материалы и технологии – 2022», Республика Беларусь, г. Минск, 2022 год; всероссийской конференции «Обработка поверхности и защита от коррозии», посвященной году науки и технологий в РФ и 100-летию высшего образования РХТУ им. Д.И. Менделеева, Российская Федерация, г. Москва, 2021 год; II-я международной конференции «Актуальные вопросы электрохимии, экологии и защиты от коррозии», посвященной памяти профессора, заслуженного деятеля науки и техники РФ В.И. Вигдоровича, Российская Федерация, г. Тамбов, 2021 год; XIV международной научно-практической конференции «Образование и наука для устойчивого развития», посвященной 95-летию со дня рождения профессора Г.А. Ягодина, Российская Федерация, г. Москва, 2022 год; VII международной конференции «INDUSTRY 4.0», Болгария, г. Варна, 2022 год.

Публикации по теме диссертации:

Статьи в журналах, включенные в базы данных Web of Science:

1. Serov A.N., Grigoryan N.S., Makhina V.S., Vagramyan T.A., Abrashov A.A., Kasatkin V.E., Arkhipushkin I.A., A study of sorption phenomena on steel surface in solution of aminotris(methylenephosphonic acid). International journal of corrosion and scale inhibition, 2021, 10, no.3, P.932-942

2. Serov A.N., Makhina V.S., Vagramyan T.A., Kasatkin V.E., Asnis N.A., The possible use of tin ion discharge inhibition in bronze electroplating from an electrolyte based on nitrilotrimethylphosphonic acid. International journal of corrosion and scale inhibition, 2022, 11, no.2, P.594-605

Статьи в журналах, входящих в перечень ВАК:

3. Махина В.С., Серов А.Н., Аснис Н.А., Ваграмян Т.А., Кузнецов В.В. Закономерности осаждения сплава медь-олово из щелочных электролитов. Химическая промышленность сегодня, 2022, №1, с.36-43

Тезисы докладов:

1. Махина В.С., Серов А.Н., Ваграмян Т.А. Электроосаждение сплава медь-олово из электролитов на основе фосфоновых кислот // Инновационные материалы и технологии: материалы международной научно-технической конференции молодых ученых. – Минск, 2021. с.482-485

2. Махина В.С., Серов А.Н., Ваграмян Т.А., Французова Т.П. Щелочные бесцианидные электролиты бронзирования на основе фосфоновых кислот // Успехи в химии и химической технологии, Том XXXV. – Москва, 2021. с.70-71

3. Махина В.С., Серов А.Н., Григорян Н.С., Ваграмян Т.А. Сорбционные явления на поверхности стали в растворах нитрилотриметилфосфоновой кислоты // II Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы электрохимии, экологии и защиты от коррозии» - Томбов, 2021. с.113-117

4. Махина В.С., Серов А.Н., Французова Т.П., Ваграмян Т.А. Совершенствование щелочного бесцианидного электролита бронзирования // Инновационные материалы и технологии: материалы международной научно-технической конференции молодых ученых. – Минск, 2022. с.347-350

5. Махина В.С., Серов А.Н., Ваграмян Т.А. Поведение стали в щелочных растворах нитрилотриметилфосфоновой кислоты // Инновационные материалы и технологии: материалы международной научно-технической конференции молодых ученых. – Минск, 2022. с.359-362

6. Махина В.С., Серов А.Н., Французова Т.П., Ваграмян Т.А. Бесцианидный электрролит для осаждения покрытий сплавом медь-олово на основе нитрилотриметилфосфоновой кислоты // Образование и наука для устойчивого развития: материалы XIV международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию со дня рождения профессора Г.А. Ягодина. – Москва, 2022. с.106-109



7. Makhina V.S., Serov A.N., Vagramyan T.A. Sorbption phenomena on the surface of steel in solutions of nitrilotrimethylphosphonic acid // VII International scientific conference INDUSTRY 4.0 – Varna, 2022. p.93-97

Патенты:

1. RU 2 762 501 C1 Махина В.С., Серов А.Н., Французова Т.П., Ильина А.К., Ветрова О.Б., Абрашов А.А., Григорян Н.С., Ваграмян Т.А. Щелочной электролит для электролитического осаждения оловянной желтой бронзы. Номер заявки: 2021113837/05(029319); дата заявки: 17.05.2021

2. RU 2 775 069 Махина В.С., Серов А.Н., Мазурова Д.В., Абрашов А.А., Григорян Н.С., Ваграмян Т.А. Способ электролитического осаждения желтой оловянной бронзы. Номер заявки: 2021135943/05(075742); дата заявки: 07.12.2021

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту научной специальности 05.17.03 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии в части электрохимического и химического осаждения различных материалов в области исследований п. № 2 Электрохимические, химические, физические, биологические и комбинированные методы защиты конструкционных материалов от коррозии и п. № 3 Электрохимические, химические и физические методы нанесения металлических, неметаллических и комбинированных покрытий, гальванопластика.

Электрохимические, химические, физические и комбинированные методы обработки поверхности материалов. специальности электрохимическое и химическое осаждение различных материалов, в области исследований электрохимические, химические и физические методы нанесения металлических, неметаллических и комбинированных покрытий, гальванопластика.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Диссертация Махиной Веры Сергеевны является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей результаты, полученные на основании исследований, проведенных на высоком научном и техническом уровне с применением современных методов исследования. Научные положения, выводы

и рекомендации, сформулированные автором, теоретически обоснованы и не вызывают сомнений. Представленные в работе результаты принадлежат Махиной Вере Сергеевне, они оригинальны, достоверны и отличаются новизной и практической значимостью.

С учетом научной зрелости автора, актуальности, научной новизны и практической значимости работы, а также ее соответствия требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», предъявляемым к подобным работам, диссертация на тему: «Разработка технологического процесса электролитического бронзирования» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 05.17.03 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

Диссертация рассмотрена на заседании кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии, состоявшемся «29» августа 2022 года, протокол № 1. В обсуждении приняли участие: д.т.н. Ваграмян Т.А. (зав. кафедрой), д.х.н. Кузнецов В.В. (профессор), к.х.н. Серов А.Н. (доцент), к.т.н. Мазурова Д.В. (доцент), к.х.н. Григорян Н.С. (профессор), к.т.н. Абрашов А.А. (доцент), д.п.н. Капустин Ю.И. (профессор), к.т.н. Аснис Н.А. (ведущий научный сотрудник УНЦ химической и электрохимической обработки материалов РХТУ им. Д.И. Менделеева). Принимало участие в голосовании 8 человек. Результаты голосования: «За» - 8 человек, «Против» - нет человек, воздержались - нет человек, протокол № 1 от «29» августа 2022 г.

Председатель заседания



В.В. Кузнецов, профессор

Секретарь заседания



Д. В. Мазурова, доцент