

«УТВЕРЖДАЮ»



И. о. ректора РХТУ им. Д. И. Менделеева,  
д.т.н., проф. И. В. Воротынец

*Ih*

« *15* » *октября* 20*22* г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация на тему: «Разработка процессов активации поверхности титана и химического нанесения никеля» по научным специальностям 2.6.9.Технология электрохимических процессов и защита от коррозии (технические науки) и 2.6.17. Материаловедение(технические науки) выполнена в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева на кафедре инновационных материалов и защиты от коррозии.

В процессе подготовки диссертации Жирухин Денис Александрович «21» июня 1992года рождения, был аспирантом Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии с 1.09.2015 по 31.08.2019.

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в РХТУ имени Д.И. Менделеева в 2022 году.

В настоящее время является соискателем на защиту своей диссертационной работы на кафедре ИМиЗК Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева

Научный руководитель доктор технических наук по научной специальности 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии (технические науки) и 2.6.17. Материаловедение (технические науки), профессор, заведующий кафедрой ИМиЗК в РХТУ им. Д.И. Менделеева Ваграмян Тигран Ашотович.

*И.В. Воротынец*

*4*

По результатам рассмотрения диссертации на тему: «Разработка процессов активации поверхности титана и химического нанесения никеля» принято следующее заключение.

Актуальность темы исследования в диссертационной работе обусловлена тем, что, титан и его сплавы применяются в качестве конструкционного материала в различных отраслях промышленности, что обусловлено совокупностью его механических и физико-химических свойств. По сравнению со сталью, алюминием, медью и их сплавами, титан обладает большей коррозионной устойчивостью за счет образования на поверхности плотной пленки оксидов. Титан обладает высоким удельным электрическим сопротивлением ( $\rho = 0,58 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$ ), что в ряде случаев приводит к необходимости гальванического или химического нанесения металлических покрытий с более высокой электропроводностью (медь, серебро). Нанесение гальванических покрытий позволяет значительно расширить сферу использования изделий из титана. Высокая склонность титана к пассивации осложняет процесс предварительной подготовки его поверхности к нанесению покрытий и приводит к необходимости применения большого количества промежуточных операций для обеспечения надежного сцепления покрытия с основой.

Из технической литературы известно, что обычно подготовка титана и его сплавов перед нанесением покрытий заключается в активации (травлении) концентрированными растворами кислот, способствующей модификации оксидных пленок на поверхности титана.

В зависимости от типа сплава титана подбирается соответствующий вариант подготовки поверхности. Как правило, используются смеси азотной, соляной, плавиковой и серной кислот. Применение кислотных растворов приводит к растравлению поверхности и образованию шлама, а накопление водорода в кристаллической структуре титана - к существенному ухудшению его механических свойств. Другим способом подготовки поверхности является цементация (контактное осаждение цинка и никеля) на предварительно обработанном титане, но из-за сложности используемых составов такой вид подготовки применяют значительно реже.

Применяемые в настоящее время процессы обработки поверхности титана не позволяют обеспечить высокую адгезию химически осаждаемых на нём никелевых покрытий.

Поэтому разработка технологии обработки поверхности титана VT1-0 и широко используемого в промышленности сплава OT4-1 перед последующим химическим нанесением никель-фосфорных покрытий с высокой адгезией является актуальной задачей.

Настоящая работа выполнялась в рамках научного направления РХТУ им. Д.И. Менделеева «Новые технологии и материалы для обработки поверхности изделий и защиты от коррозии».

Целью данной работы являлась разработка процессов активации поверхности титана и последующего химического никелирования, обеспечивающих высокую адгезию покрытия.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Установление взаимосвязи между элементным составом поверхностной пленки на титане и величиной адгезии химически осажденного никелевого покрытия.

2. Разработка раствора активации поверхности титана перед нанесением химических никелевых покрытий.

3. Разработка раствора химического осаждения никель-фосфорного покрытия на титан, обеспечивающего высокую адгезию к активированной поверхности титана.

4. Исследование физико-механических и эксплуатационных свойств полученных никелевых покрытий и определение параметров процессов активации поверхности титана и химического осаждения никель-фосфорного покрытия.

Научная новизна заключается в следующем:

1. Впервые установлена связь между величиной адгезии никель-фосфорного покрытия к титановой основе и составом поверхностной пленки оксида титана. Показано, что образование на поверхности нестехиометрических оксидов титана ( $TiO_x$ ,  $x < 2$ ) способствует наилучшему сцеплению осаждаемого никелевого покрытия с титановой основой.

2. Впервые показано, что предложенный способ модификации поверхностной пленки на титане способствует химическому осаждению никеля при более низких температурах.

Теоретическая и практическая значимость заключается в следующем: предложен новый состав раствора, позволяющий проводить процесс активации поверхности титана ВТ1-0 и его сплава ОТ4-1 для нанесения гальванических или химических покрытий с высокой адгезией. Разработан раствор для химического никелирования титана, обеспечивающий высокую адгезию (патент № RU 2762733 С1). Данные процессы внедрены на ООО ПК “НПП СЭМ.М”, г. Москва; ООО “Специальные покрытия”, г. Королев.

На защиту выносятся следующие положения:

– экспериментальные данные о влиянии компонентов активирующего раствора на строение и элементный состав поверхностной пленки на титане и последующую адгезию химически осажденных никелевых покрытий;

– экспериментальные данные о влиянии компонентов активирующего состава на процесс химического никелирования, а также структуру и свойства полученных никелевых покрытий на титановой основе.

Автором лично проведены все эксперименты по разработке процесса активации титана перед нанесением химических покрытий, самостоятельно подготовлены образцы для коррозионных испытаний, физических и физико-химических исследований, осуществлена интерпретация полученных результатов. Принимал непосредственное участие в подготовке публикаций.

Степень достоверности полученных результатов подтверждается проведением исследований на современном оборудовании, а также хорошей воспроизводимостью экспериментальных данных.

Основные положения и результаты научно-квалификационной работы обсуждались на конференциях: Фундаментальные и прикладные вопросы электрохимического и химико-каталитического осаждения металлов и сплавов, посвященная 90-летию со дня рождения чл.-корр. РАН Ю.М. Полукарова (Москва, 2017); Всероссийская научно-техническая конференция “Современные достижения в области металловедения, технологий литья, деформации, термической обработки и антикоррозионной защиты легких сплавов” (ВИАМ,

2017); XIV Международный конгресс по химии и химической технологии (МКХТ-2018, Москва); International Conference on Metallurgy and Materials (Чехия, Острава, 2019); Международная конференция «Обработка поверхности и защита от коррозии», посвящённая году науки и технологий в РФ и 100-летию высшего образования в РХТУ им. Д.И. Менделеева (Москва, 2021); XVII Международный конгресс по химии и химической технологии (МКХТ-2021, Москва).

По результатам диссертации опубликовано 10 работ, в том числе 2 печатные работы в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК Минобрнауки, 1 печатная работа в рецензируемом журнале, цитируемом в SCOPUS и Web of Science, 7 тезисных докладов на международных конференциях. Получен 1 патент РФ.

Список работ, опубликованных автором.

В изданиях, индексируемых в международных базах цитирования Web of Science и Scopus:

1. **Zhiruhin D.** Method of treating OT4-1 titanium alloy used in severe climate conditions before applying chemical coatings / **Zhiruhin D.**, Kapustin Yu, Vagramyan T., Smirnov K., Odinkova I. // Transportation Research Procedia. 2021. Vol. 57, P.777-786. DOI: 10.1016/j.trpro.2021.09.113

В периодических изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

2. **Жирухин Д.А.** Применение композиции ЦКН-60Ti для никелирования титановых сплавов / **Жирухин Д.А.**, Смирнов К.Н., Одиноква И.В. и др. // Гальванотехника и обработка поверхности. – 2017. – Т. 25. – № 3. – С. 22-26. – DOI 10.47188/0869-5326\_2017\_25\_3\_22. – EDN ZGUJLN.

3. **Жирухин Д.А.** Эксплуатация раствора химического никелирования ЦКН-111 при высоких плотностях загрузки / Смирнов К.Н., Архипов Е.А., **Жирухин Д.А.** и др. // Гальванотехника и обработка поверхности. – 2018. – Т. 26. – № 3. – С. 18-22. – DOI 10.47188/0869-5326\_2018\_26\_3\_18. – EDN UZKIQZ.

В материалах тезисов докладов:

1. **Жирухин Д.А.** Раствор для автокаталитического осаждения композиционных покрытий Ni-P-C / **Жирухин Д.А.**, Абрашов А.А., Архипов Е.А., Ваграмян Т.А. и др. // Фундаментальные и прикладные вопросы

электрохимического и химико-каталитического осаждения металлов и сплавов : Тезисов докладов конференции, Москва, 28–29 ноября 2017 года / ФГБУН Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук. – Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук, 2017. – С. 50. – EDN XZYSFF.

2. **Жирухин Д.А.** Низкотемпературный раствор химического никелирования / **Жирухин Д.А.**, Абрашов А.А., Архипов Е.А., Ваграмян Т.А. и др. // Фундаментальные и прикладные вопросы электрохимического и химико-каталитического осаждения металлов и сплавов : Тезисов докладов конференции, Москва, 28–29 ноября 2017 года / ФГБУН Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук. – Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук, 2017. – С. 49. – EDN UZYWKG.

3. **Жирухин Д.А.** Подготовка поверхности алюминиевых сплавов перед химическим никелированием / **Жирухин Д.А.**, Архипов Е.А., Ваграмян Т.А. и др. // Современные достижения в области металловедения, технологии литья, деформации, термической обработки и антикоррозионной защиты легких металлов : Программа всероссийской научно-технической конференции, Москва, 2017, ФГУП ГНЦ РФ ВИАМ.

4. **Жирухин Д.А.** Низкотемпературный электролит для нанесения покрытий сплавом никель-фосфор / **Жирухин Д.А.**, Архипов Е.А., Москвин В.И., Смирнов К.Н., Ваграмян Т.А. // Успехи в химии и химической технологии : сб. науч. тр. Том XXXII, No 13 (209). – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2018. – 143 с.

5. **Zhiruhin Denis** Influence of the Nature of Organic Additives on the Rate of Chemical Deposition of Nickel / Averina Julia, Kapustin Yuri, **Zhiruhin Denis**, Zhukov Dmitriy, Vagramyan Tigran // 28th International Conference on Metallurgy and

Materials, May 22nd - 24th , proceedings. OstravaTANGERLtd., Ostrava, 2019, P. 979 - 984.

6. **Жирухин Д.А.** Влияние состава активирующего раствора на структуру титанового электрода / **Жирухин Д.А.**, Капустин Ю.И., Ваграмян Т.А. // Успехи в химии и химической технологии. – 2021. – Т. 35. – № 8(243). – С. 108-110. – EDN PMGJAQ.

7. **Жирухин Д.А.** Подготовка поверхности титана перед нанесением покрытия сплавом никель-фосфор / **Жирухин Д.А.**, Капустин Ю.И., Графушин Р.В., Ваграмян Т.А. // Успехи в химии и химической технологии. – 2021. – Т. 35. – № 5(240). – С. 29-30. – EDN WYUSLN.

Патент:

1. Пат. RU 2762733 C1 Российская Федерация, МПК C23C18/34 C23C18/36. Раствор для химического никелирования металлических изделий / **Жирухин Д.А.**, Ваграмян Т.А., Капустин Ю.И., Архипов Е. А., Арзамасов А. В., Алешина В.Х., Графушин Р.В., заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО “РХТУ им Д.И. Менделеева” - №2021104077; заявл. 2021-02-18, опубл. 22.12.2021. Бюл. № 36 – 8 С.

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту научной специальности 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии (технические науки) п. № 2 Электрохимические, химические, физические, биологические и комбинированные методы защиты конструкционных материалов от коррозии и п. № 3 Электрохимические, химические, физические и комбинированные методы обработки поверхности материалов и нанесения покрытий. Гальванопластика и гальваностегия, а также 2.6.17. Материаловедение(технические науки) п. № 6. Разработка и совершенствование методов исследования и контроля структуры, испытание и определение физико-механических и эксплуатационных свойств металлических, неметаллических и композиционных материалов и функциональных покрытий и п. №11. Разработка

функциональных покрытий различного назначения и методов управления их свойствами и качеством.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Диссертация Жирухина Дениса Александровича 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 Жирухину Денису Александровичу, они оригинальны, достоверны и отличаются новизной и практической значимостью.

С учетом научной зрелости автора, актуальности, научной новизны и практической значимости работы, а также его 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 процессов активации поверхности титана и химического нанесения никеля» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.9. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии (технические науки) и 2.6.17. Материаловедение (технические науки).

Диссертация рассмотрена на заседании кафедры инновационных материалов и защиты от коррозии, состоявшемся «13» октября 2022 года, протокол № 4. В обсуждении приняли участие: д.т.н. Ваграмян Т.А. (зав. кафедрой), д.х.н. Кузнецов В.В. (профессор), д.х.н. Гамбург Ю.Д. (профессор), к.т.н. Калинкина А.А. (доцент), к.т.н. Мазурова Д.В. (доцент), к.х.н. Григорян Н.С. (профессор), 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» - 0  
человек, воздержались - 0 человек, протокол № 4 от «13» октября 2022 г.

Председатель заседания



В.В. Кузнецов, профессор

Секретарь заседания



Д. В. Мазурова, доцент