



## ОТЗЫВ

**к.т.н. Кисиленко Павла Николаевича на диссертационную работу Жирухина Дениса Александровича «Разработка процессов активации поверхности титана и химического нанесения никеля», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение, 2.6.9 – Технология электрохимических процессов и защита от коррозии**

### **Актуальность работы**

Разработка технологий обработки поверхности титана с целью расширения сфер его применения является актуальной задачей современного материаловедения, учитывая сложности обеспечения надежного сцепления покрытия с титановой основой.

Автором впервые изучена связь между составом поверхностных слоев оксида титана и величиной адгезии никель-фосфорного покрытия к титановой основе. Автором разработан раствор активации поверхности титана на основе молочной кислоты и гидрофторида калия, имеющий значительные преимущества перед существующими аналогами.

На практике, как правило, используются смеси сильных минеральных кислот, применение которых приводит к растравлению поверхности и существенному ухудшению его механических свойств вследствие наводороживания титановой основы. Побочным отрицательным эффектом также является значительное образование шлама, подлежащего утилизации.

Автором разработан электролит химического никелирования титана, позволяющий проводить процесс осаждения качественных покрытий с высокой адгезией при более низкой температуре.

### **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа изложена на 116 страницах, содержит 32 рисунка, 24 таблицы и состоит из введения, обзора литературы, методик эксперимента, экспериментальной части, заключения, списка литературы из 159 наименований и 3-х приложений.



## **Анализ работы по главам**

Во Введении обоснованы актуальность и практическая значимость диссертации и определены основные цели работы. В главе 1 представлен достаточно полный обзор литературы, связанной с темой диссертации. В выбранном направлении исследований ранее были проведены работы по изучению влияния фторид-ионов на целостность оксидной пленки титановой основы. Однако исследования проводились в растворах минеральных кислот, приводящих к значительному растравливанию поверхности и водородному охрупчиванию основы. Автор провел анализ недостатков существующих электролитов химического никелирования. Анализ литературных сведений определил направление исследования: совершенствование растворов обработки поверхности титана и его сплавов на основе органических кислот в присутствии фторид-ионов и разработка низкотемпературных растворов химического никелирования с высокой адгезией к основе.

В главе 2 описаны методики проведения экспериментов: приготовления и анализа растворов, подготовки поверхности, анализа морфологии покрытия, электрохимические и другие измерения.

По количеству и значимости полученных в диссертации новых научных и прикладных результатов глава 3 является основной.

Автором предположено, что для улучшения адгезии покрытия на титановой основе следует снизить шламообразование на его поверхности, а для этого необходимо снизить скорость растворения титановой основы и обеспечить высокую растворимость продуктов реакции. В работе сделан вывод, что разработку раствора активации поверхности титана следует приводить во фторид-содержащих растворах органических кислот.

Автором проанализировано влияние компонентов электролитов химического никелирования на качество получаемого покрытия, предложен оптимальный состав электролита.

## **Научная новизна**

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



### **Практическая значимость**

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 и запатентован раствор для химического никелирования титана, обеспечивающий высокую адгезию. Данные процессы внедрены на двух промышленных предприятиях.

### **Вопросы и замечания по работе**

1. В диссертации не приведены данные о стабильности во времени разработанного электролита активации поверхности титана.
2. Отсутствуют рекомендации по обезвреживанию отработанных электролитов, в которых может накапливаться большое количество фоновых примесей.

### **Общее заключение и оценка представленной диссертационной работы**

Диссертационная работа Жирухина Дениса Александровича является законченной научно-квалификационной работой. Несомненно, что результаты данной работы имеют научную и практическую значимость, они достаточно полно представлены в периодической печати и апробированы на конференции международного уровня, достоверность их не вызывает сомнения.

Содержание автореферата отражает основное содержание работы и выводы, сделанные из нее.

В целом, работа оставляет очень хорошее впечатление и по своей актуальности, научной и практической значимости, достоверности результатов и соответствует требованиям Положения ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических по специальности 2.6.17 – Материаловедение, 2.6.9 – Технология электрохимических процессов и защита от коррозии.

Кисиленко Павел Николаевич, кандидат технических наук,  
директор ООО "НПП "Экологические технологии"

«30» ноября 2022 г.

141052, Московская обл., г. Мытищи, д. Сухарево, ул. Стародмитровская, д. 79А.  
ООО "НПП "Экологические технологии"

тел.: +7(495) 978-58-54

e-mail: ecoltech@mail.ru



/ Кисиленко П.Н.