

Научная статья

УДК 621.7

doi: 10.34987/2712-9233.2024.65.74.006

Нанесение защитных покрытий на основе никеля как способ защиты деталей пожарной аварийно-спасательной техники и оборудования от коррозии

*Татьяна Алексеевна Говор
Ольга Владимировна Рева*

Университет гражданской защиты, Минск, Беларусь

Автор ответственный за переписку: Ольга Владимировна Рева, revva@Gmail.com

Аннотация. В данной статье рассматривается актуальная проблема повышенного износа и выхода из строя деталей пожарной аварийно-спасательной техники и оборудования, что в значительной мере связано с воздействием коррозионных процессов. Анализируются причины, способствующие коррозии, и предлагаются возможные пути ее решения. В рамках исследования проведен анализ закономерностей электрохимического синтеза никелевых покрытий, получаемых из кислых кремнефтористых электролитов. Рассматриваются параметры, такие как температура, плотность тока и состав электролита, которые были варьированы для определения их влияния на свойства покрытий. Результаты исследования могут способствовать разработке эффективных методов защиты техники от коррозии и увеличению срока службы оборудования.

Ключевые слова: защитные никелевые покрытия, кремнефтористые электролиты, электрохимическое осаждение, коррозионностойкость, синтез защитных покрытий

Для цитирования: Говор Т.А., Рева О.В. Нанесение защитных покрытий на основе никеля как способ защиты деталей пожарной аварийно-спасательной техники и оборудования от коррозии // Актуальные проблемы безопасности в техносфере 2024. № 3 (15). С.36-40. URL:<https://doi.org/10.34987/2712-9233.2024.65.74.006>

Application of nickel-based protective coatings as a way to protect parts of fire rescue vehicles and equipment from corrosion

*Tatyana A. Govor
Olga V. Reva*

University of Civil Protection, Minsk, Belarus

Corresponding author: Olga V. Reva, revva@gmail.com

Abstract. This article addresses the current issue of increased wear and failure of components in fire and rescue equipment, which is largely attributed to the effects of corrosion. The causes contributing to corrosion are analyzed, and potential solutions are proposed. The study includes an analysis of the patterns of electrochemical synthesis of nickel coatings obtained from acidic fluorosilicic electrolytes. Parameters such as temperature, current density, and electrolyte composition were varied to determine their influence on the

properties of the coatings. The results of the research may contribute to the development of effective methods for protecting equipment from corrosion and extending its service life.

Keywords: protective nickel coatings, fluorosilico electrolytes, electrochemical deposition, corrosion resistance, synthesis of protective coatings

For citation: Govor, T.A., & Reva, O.V. Application of nickel-based protective coatings as a method for protecting components of fire emergency and rescue equipment from corrosion // Actual problems of safety In the technosphere 2024. No. 3 (15). P. 36-40. URL:<https://doi.org/10.34987/2712-9233.2024.65.74.006>

В современном мире металлы и их сплавы являются одними из наиболее распространенных и важных типов конструкционных материалов. Они обладают высокой прочностью, износостойкостью, устойчивостью к деформации, а также хорошей электро- и теплопроводностью. Вместе с тем, везде, где эксплуатируются металлические конструкции, есть вещества, которые при взаимодействии с металлами постепенно их разрушают.

Поверхностная ржавчина является лишь одним из признаков коррозии. При воздействии неблагоприятных условий окружающей среды структура металла постепенно разрушается, с образованием глубоких язв, трещин и разломов. Это приводит к утрате металлическими конструкциями своих свойств и постепенному выходу изделий из строя.

По причине интенсивной коррозии происходит преждевременный износ техники и оборудования различного назначения, что, в конечном счете, приводит к увеличению затрат на ремонт и переоснащение. В связи с этим поиск эффективных средств защиты металлов от коррозии является одной из важнейших задач во всех отраслях промышленности.

Скорость процесса коррозии зависит от множества факторов. Так, наиболее подвержены коррозии детали механизмов, которые работают на открытом воздухе, контактирующие с агрессивными веществами, а также вращающиеся и трущиеся механизмы [1]. Условия эксплуатации современных узлов трения сочетают высокие контактные давления в зонах трения со значительными скоростями взаимного перемещения трущихся поверхностей и совмещение общего и локального разогрева. Высокие контактные давления в зонах трения и постоянное воздействие на пожарные стволы, водопенные коммуникации, узлы стационарного пеносмесителя, вакуумный газоструйный аппарат, детали тормозного механизма, трубопроводы системы дополнительного охлаждения и прочие механизмы аварийно-спасательной техники агрессивных растворов и суспензий огнетушащих средств, а также резкие перепады температур являются причиной быстрого разрушения деталей оборудования, в большинстве своем изготовленных из низкосортных сталей и сплавов алюминия.

Традиционными методами (покраска, анодирование) не удается решить проблему повышенного износа, коррозии и преждевременного выхода из строя деталей аварийно-спасательной техники, особенно, когда детали испытывают влияние специфических факторов агрессивных сред при эксплуатации, а также воздействие окружающей среды. Именно поэтому для упрочнения деталей пожарной аварийно-спасательной техники и оборудования требуются новые материалы, способные выдерживать длительные механические и тепловые нагрузки, успешно противостоять коррозии в агрессивных средах и износу.

На сегодняшний день успешно развиваются технологии нанесения защитных композиционных покрытий на основе сплавов металлов. Включение дисперсных материалов в металлическую матрицу значительно изменяет свойства покрытий, во много раз улучшает коррозионностойкость, пластичность, твердость и износостойкость конечного изделия. Проблему повышенного износа и выхода из строя деталей пожарной аварийно-спасательной техники и оборудования можно решить путем электрохимического нанесения на уязвимые детали техники и оборудования защитных покрытий на основе никеля, его сплавов и композитов.

Метод электрохимического осаждения металлов и сплавов обладает рядом серьезных преимуществ по сравнению с другими технологиями создания защитных покрытий (наплавка, вакуумно-плазменное напыление и др.): простота, экономичность, надежность и доступность для широкого применения. При этом обеспечивается высокая скорость осаждения, равномерность толщин на деталях сложной формы, прочное сцепление покрытия с основой.

В литературе описывается значительное количество электролитов никелирования (сернокислые, сульфатные и др.), однако большинство из них характеризуются существенными недостатками

(быстрая пассивация поверхности электродов, резко замедляющая процесс никелирования; накопление внутренних напряжений; протекание множества конкурирующих и побочных процессов, например наводороживание) [2-5]. Весьма перспективным представляется использование высокоскоростного раствора кремнефтористого никелирования. Несмотря на то, что кремнефтористый электролит известен достаточно давно, закономерности происходящих в нем процессов и влияние на них комплекса различных факторов изучены слабо.

Нами исследованы закономерности электрохимического синтеза никелевых покрытий из кислых кремнефтористых электролитов при варьировании ряда факторов (концентрация кремнефторида никеля, плотность катодного тока, температура раствора).

Несмотря на то, что на закономерности синтеза никелевых покрытий оказывают влияние и другие дополнительные факторы, их варьирование в данном эксперименте представляется неоправданным: pH электролита возможно варьировать в очень узком диапазоне, как и концентрацию буферных добавок (хлорида никеля и борной кислоты); изменение природы добавок (например замена борной кислоты на дикарбоновые или введение блескообразователей), что не только однозначно замедляет кристаллизацию никеля, но и влияет на параметры кристаллической решетки и напряжения в слое металла.

Полученные экспериментальные данные, Рис. 1, показывают, что с повышением температуры раствора электролита и увеличением плотности катодного тока происходит устойчивое увеличение скорости осаждения никеля, достигающее 270–280 мкм/ч при температуре 50 °С и плотности катодного тока 14 А/дм². Дальнейшее повышение плотности тока, несмотря на отсутствие перегиба на кривых, соответствующего превалированию конкурирующих процессов, представляется нецелесообразным, в связи с резким увеличением выделения водорода на катоде.

Установлено, что наибольшая толщина никеля при фиксированном времени синтеза наблюдается при концентрации гексафторсилката никеля в растворе ~1–1,5 моль/л, тогда как увеличение концентрации кремнефторида никеля в растворе до 2 моль/л снижает толщину никелевых покрытий при любой температуре и плотности тока, вероятно, за счет нарастания диффузионных ограничений.

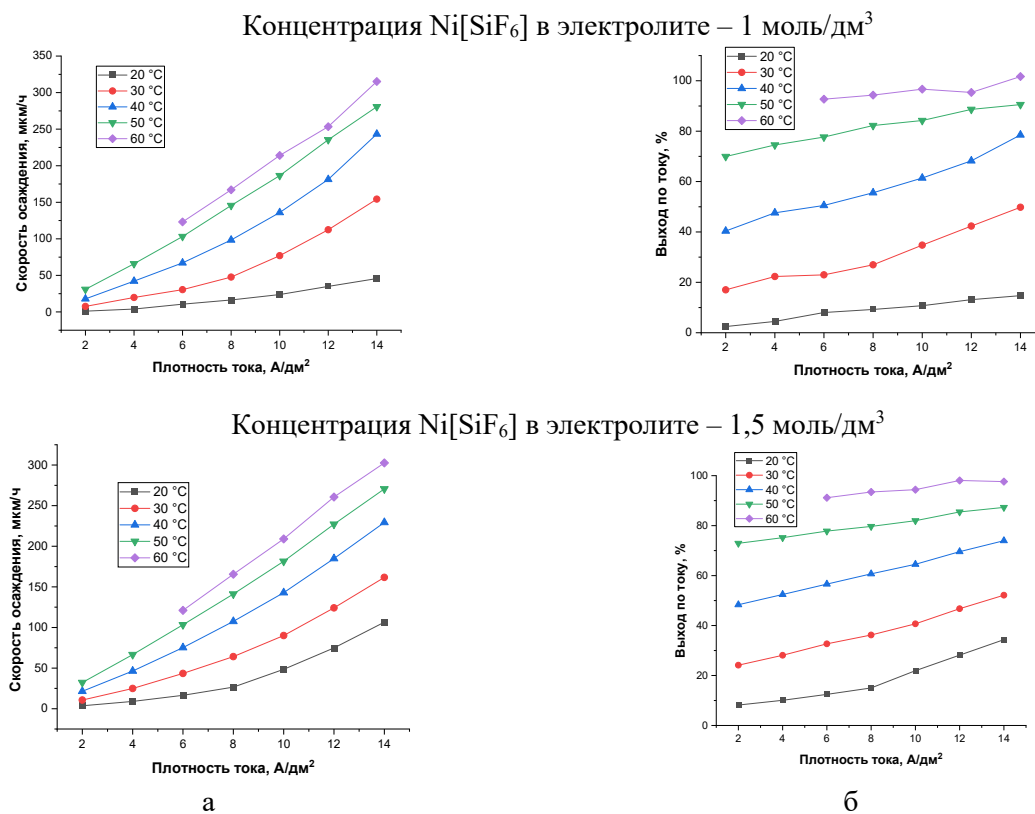


Рис. 1 – Зависимости скорости осаждения никелевых покрытий (а) и выхода никеля по току (б) от плотности катодного тока при разных значениях температур электролита (концентрации Ni[SiF₆] в электролите – 1 и 1,5 моль/дм³)

Выход никеля по току во всех случаях растет с повышением температуры электролита и плотности катодного тока, Рис. 1, причем влияние температуры выражено значительно сильнее; однако оптимальных значений (не ниже 65–70 %) ВТ достигает при температуре не ниже 40 °С и плотности тока от 10 А/дм²; или при 50 °С во всем диапазоне допустимых плотностей тока.

Исследование методом сканирующей электронной микроскопии показало, что при прочих оптимальных параметрах повышение плотности тока в допустимом диапазоне приводит к выравниванию микроструктуры поверхности никелевых покрытий и уменьшению размеров кристаллитов, Рис. 2, с 5–6 до 0,5–1 мкм, что является общей закономерностью для электрохимически кристаллизованных металлов. Все покрытия плотные, беспористые; зерна, из которых сложены кристаллиты, практически неразличимы и очень плотно упакованы, что обеспечивает высокую коррозионную стойкость изучаемых слоев.

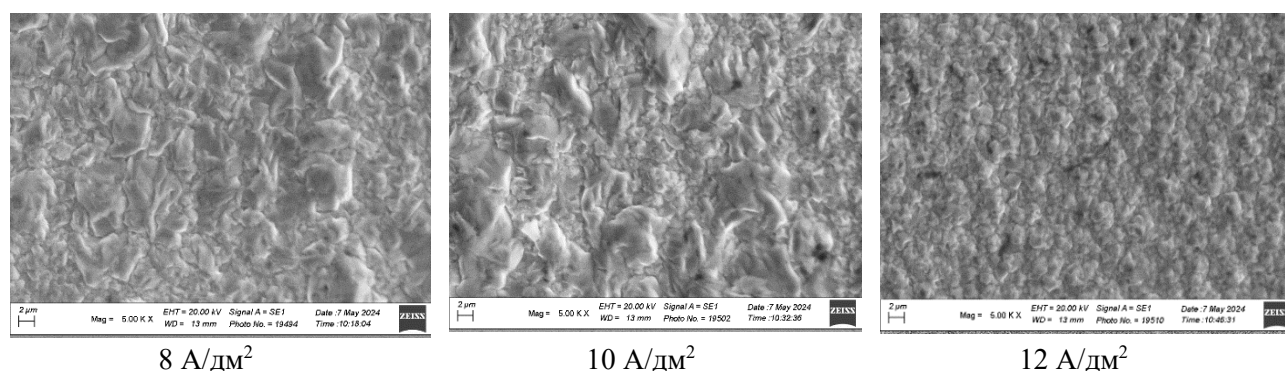


Рис. 2. – СЭМ-фотографии поверхности покрытий, синтезированных при концентрации Ni[SiF₆] в электролите 1,5 моль/дм³ и 50 °С при разных плотностях тока

Таким образом, можно сделать вывод, что использование кремнефтористых электролитов при электрохимическом синтезе никелевых покрытий позволит избежать таких распространенных проблем, как низкая скорость осаждения покрытий; постепенное отравление раствора электролита продуктами гидролиза соединений никеля, что, несомненно, положительно влияет на качество получаемых покрытий.

В результате проведенных исследований установлены оптимальные параметры скоростного электрохимического синтеза защитных никелевых покрытий из кремнефтористого электролита, позволяющие получать защитные покрытия с плотной бездефектной структурой и высоким выходом по току.

Надежность и долговечность полученных покрытий при эксплуатации их в самых неблагоприятных условиях позволит продлить срок службы механизмов и сократить расходы на текущий и внеплановый ремонт.

Список использованных источников

1. Упрочнение зубчатых и кулачковых передач аварийно-спасательной техники автокаталитическими твердыми покрытиями Ni-P / О.В. Рева [и др.] // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. 2014. № 2(20). С. 13–22
2. Гамбург Ю. Д. Электрохимическая кристаллизация металлов и сплавов. М.: РАН ИФХ, Янус-К, 1997. - 384 с.
3. Гамбург Ю. Д. Гальванические покрытия: Справочник по применению. М.: Техносфера, 2008. - 359 с.
4. Recent developments in the electrodeposition of nickel and some nickel-based alloys / R. Orinakova [et al.] // Journal of Applied Electrochemistry. 2006. V. 36. P. 957–972. DOI: 10.1007/s10800-006-9162-7.
5. Characterization of electroplated nickel / T. Fritz [et al.] // Microsystem Technologies. 2002. V. 9. P. 87–91. DOI: 10.1007/s00542-002-0199-1.

Информация об авторах

О.В. Рева - кандидат химических наук, доцент

Information about the author

O.V. Reva - PhD in Chemical Sciences, docent

Статья поступила в редакцию 29.07.2024, одобрена после рецензирования 27.08.2024, принята к публикации 25.09.2024.

The article was submitted 29.07.2024, approved after reviewing 27.08.2024, accepted for publication 25.09.2024