

Научная статья
УДК 620.197.3

ЗАЩИТНЫЕ ПЛЕНКИ ПРОЛОНГИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ НА ОСНОВЕ ОРГАНОФОСФОНАТОВ

Николай Николаевич Стягов¹, Афанасий Андреевич Протазанов²,
Борис Нутович Дрикер³

^{1, 2, 3} Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

¹ nstyagov@gmail.com

² protazanov.a@yandex.ru

³ boris.Driker@yandex.ru

Аннотация. Работа посвящена исследованию защитной пленки, образующейся при использовании Mg-НТФ в качестве ингибитора коррозии, изучению толщины пленки в зависимости от времени экспозиции и продолжительности защитного эффекта пленки.

Ключевые слова: коррозия, ингибитор, органофосфонат

Scientific article

PROTECTIVE COATINGS OF PROLONGED ACTION BASED ON ORGANOPHOSPHONATES

Nikolai N. Styagov¹, Afanasii A. Protazanov², Boris N. Driker³

^{1, 2, 3} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ nstyagov@gmail.com

² protazanov.a@yandex.ru

³ boris.Driker@yandex.ru

Abstract. The work is devoted to the study of the protective coating formed when using Mg-NTP as a corrosion inhibitor, the study of the thickness of the coating depending on the exposure time and the duration of the protective effect of the film.

Keywords: corrosion, inhibitor, organophosphonate

С проблемой внутренней коррозии трубопроводов сталкиваются многие предприятия. Последствия коррозионных процессов приводят к снижению срока службы и потери эффективности трубопроводной системы. В решении этой задачи получили большую популярность

химические реагенты, ингибирующие коррозию посредством образования защитной пленки на поверхности металла. Защитными свойствами обладают длинноцепочные алифатические амины. Они образуют на поверхности металла гидрофобные пленки, которые вследствие своих физико-химических свойств не способствуют коррозионным процессам [1]. Однако их долговечность и механическая прочность являются во многих случаях лимитирующим фактором для применения в системах водоснабжения и энергетики. С этой точки зрения большой интерес представляют органические фосфонаты и их комплексоны, для которых эффект ингибирования коррозии при длительной эксплуатации обусловлен образованием защитной пленки на поверхности металла в результате реакции электрофильного замещения [2] ($\text{MeL}^{n-} + \text{Fe}^{2+} = \text{FeL}^{n-} + \text{Me}^{2+}$) и последующим связыванием катиона металла в гидроксид ($\text{Me}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Me}(\text{OH})_2 \downarrow$).

Процесс, при котором образуется защитная пленка, длителен и требует высокого расхода реагента, как правило, 30–100 мг/л. Это не всегда экономически и экологически оправданно.

Целью данной работы являлось создание защитных пленок на поверхности металла, изучение их состава и толщины для получения покрытий, ингибирующих коррозию в процессе длительной эксплуатации. Это позволяет снизить затраты при водоподготовке и одновременно ингибировать коррозию конструкционных сталей.

Исследования проводились в 2 этапа, на 1-м образовывали «защитную пленку» на поверхности металла с последующим измерением толщины слоя, на 2-м этапе изучали длительность защитного эффекта этого слоя. Опыты проводили на воде с общей жесткостью 6,4–6,6 мг-экв/л, карбонатной жесткостью 4–4,5 мг-экв/л, что соответствует средним показателям воды для систем теплоснабжения. В качестве ингибитора коррозии использовался комплексонат Mg-НТФ [3]. Защитную пленку наращивали на круглых пластинках, изготовленных из стальных электродов (Ст.3), предварительно отшлифованных и обезжиренных этиловым спиртом. Испытания проводились при концентрации ингибитора 200 мг/л в модельном растворе при постоянном перемешивании и комнатной температуре. Время экспозиции составляло 6, 12, 24 часа. Образование «защитной пленки» на поверхности металла определяли методом эллипсометрии (спектральный светодиодный эллипсометр SPEL-7LED). Результаты, полученные в ходе испытаний, представлены в виде графика на рис. 1.

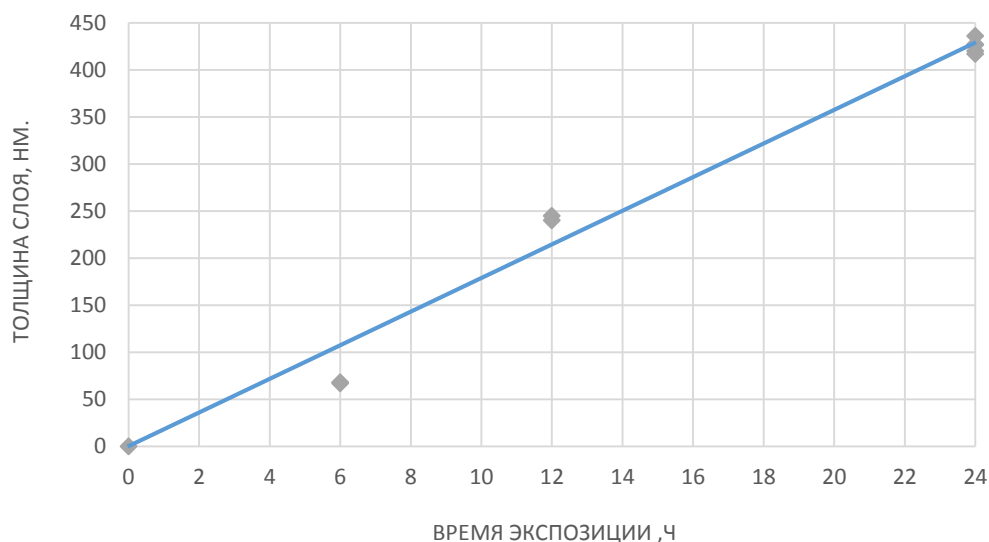


Рис. 1. Зависимость толщины слоя от времени наращивания «защитной пленки»

На полученном графике видна линейная зависимость толщины пленки от времени ее наращивания, это позволяет делать выводы о скорости ее образования.

Также была изучена продолжительность защитного действия. Для этого на стальных электродах (Ст.3), предварительно отшлифованных до шероховатости 8-го класса обработки и обезжиренных этиловым спиртом, проводили образование защитной пленки на поверхности металла. В модельный раствор с концентрацией ингибитора 200 мг/л помещались электроды при постоянном перемешивании и комнатной температуре, время экспозиции составляло 2, 3, 4 и 6 часов, далее электроды вынимались из раствора и высушивались при комнатной температуре на воздухе. После электроды с образованной защитной пленкой помещались в воду того же состава, при постоянном перемешивании и комнатной температуре, с добавлением 5 мг/л Mg-НТФ; данная концентрация достаточна для ингибирования солеотложений, однако крайне мала для защиты от коррозии необработанного металла. Скорость коррозии определяли периодически при помощи коррозиметра «Эксперт-004» с интервалом 30 минут [4]. Потерей защитных свойств пленки считалось повышение скорости коррозии выше нормативной величины 100 мкм/год. Результаты, полученные в ходе исследования, представлены в виде гистограммы на рис. 2.

Из полученных данных видно, что защитный эффект сильно возрастает при времени экспозиции более 3 часов, а 6-часовое наращивание пленки позволяет ингибировать коррозию более 8 суток. Учитывая ранее полученные результаты, толщина «защитной пленки» 68 нм позволяет ингибировать коррозию в течение 198 часов, тогда образованный слой в 410–450 нм, при линейной зависимости времени защитного действия от толщины пленки, позволяет продлить ингибирующий эффект в 6–6,5 раза.



Рис. 2. Зависимость защитного эффекта от времени наращивания «защитной пленки»

Применение Mg-НТФ в качестве ингибитора коррозии, по нашему мнению, позволит снизить расход реагентов для ингибирования коррозии. Наращивание защитной пленки в течение 24 часов позволяет образовать 410–440 нм слоя, который, опираясь на полученные данные, позволит ингибировать коррозию более чем на месяц и применять реагент в дозировках, достаточных лишь для ингибирования солеотложений.

Список источников

1. Highly effective scale inhibition performance of amino trimethylenephosphonic acid on calcium carbonate / Y. Ji, Y. Chen, J. Le, [et al.]. // *Desalination and Water Treatment*. – 2017. – V. 422. – P. 165–173. – DOI 10.1016/j.desal.2017.08.027.

2. Дриккер, Б. Н. Ингибиторы солеотложений и коррозии на основе органофосфонатов / Б. Н. Дриккер, Н. В. Цирульникова, А. А. Протазанов, Н. Н. Стягов // *Практика противокоррозионной защиты*. – 2022. – Т. 27, № 4. – С. 26–35. – DOI 10.31615/j.corros. prot. 2022.106.4-3.

3. Стягов, Н. Н. Сравнение ингибиторов коррозии с магниевым комплексоном, уменьшающим экологическую нагрузку на водоемы / Н. Н. Стягов, Б. Н. Дриккер, А. А. Протазанов // *Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы XVIII Всероссийской (национальной) научно-технической конференции ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет*. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2022. – С. 697–700.

4. Ануфриев, Н. Г. Универсальный коррозиметр для научных исследований и производственного контроля коррозии металлов и покрытий / Н. Г. Ануфриев, Е. Е. Комарова, Н. Е. Смирнова // *Коррозия: материалы, защита*. – 2004. – № 1. – С. 42–47.