

Научная статья
УДК 620.197.3

ИНГИБИРОВАНИЕ КОРРОЗИИ МОДИФИКАЦИЕЙ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛИ ОРГАНОФОСФОНАТАМИ

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. В работе рассматривается способ ингибирования коррозии стали путем образования защитного покрытия на поверхности металла. Данный способ существенно снижает расход реагентов, а также позволяет заменить цинковый реагент на его более экологичный аналог.

Ключевые слова: ингибитор, коррозия, органофосфонаты, защитное покрытие

Original article

CORROSION INHIBITION BY MODIFICATION OF THE STEEL SURFACE WITH ORGANOPHOSPHONATES

Nikolay N. Styagov¹, Afanasy 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

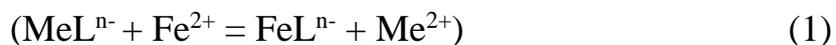
Abstract. This paper discusses a method for inhibiting steel corrosion by forming a protective coating on the metal surface. This method significantly reduces the consumption of reagents, and allows you to replace the zinc reagent with its more environmentally friendly analogue.

Keywords: inhibitor, corrosion, organophosphonates, protective coating

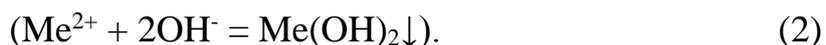
Коррозия является актуальной проблемой промышленности и топливно-энергетического комплекса. При наличии на стенках трубопровода диаметром 300 мм коррозионного слоя толщиной 20 мм внутреннее

поперечное сечение сужается на 24,9 %, что ведет к дополнительным затратам электроэнергии на подачу расчетного количества воды [1]. Несмотря на имеющийся относительный запас прочности, который может быть оценен в 5–10 лет, такие трубопроводы подлежат замене или санации с восстановлением прочностных и гидравлических характеристик. Для решения проблемы коррозии водопроводных систем наибольшую популярность получили ингибиторы коррозии различного состава. Часто в качестве ингибитора коррозии используются комплексоны органо-фосфонатов. Доказанной эффективностью обладают распространенные цинковые комплексоны [2]. Такого рода ингибиторы в концентрациях от 10 до 50 мг/дм³ в зависимости от условий позволяют практически полностью ингибировать коррозию, однако такие ингибиторы из-за низкого значения ПДК по цинку, равного 1 мг/дм³, а в воде рыбохозяйственного назначения 0,01 мг/дм³, применяются в ограниченных объемах.

С целью снижения доз ингибитора до величин, необходимых для ингибирования солеотложений (1–5 мг/дм³), и, следовательно, расширения возможности применения, предлагается модифицировать поверхность стали, образуя на ней защитное покрытие при помощи комплексонов органофосфонатов, которые ингибируют процессы коррозии. По мнению Ю. И. Кузнецова в [3], при длительной обработке металла комплексоном происходит образование защитной пленки на поверхности металла в результате реакции электрофильного замещения



и последующим связыванием катиона металла в гидроксид



В данной работе изучены условия образования и физико-химические свойства защитных пленок. Защитные покрытия наносили на электроды, изготовленные из стали марки Ст3. Электроды представляют «таблетки» диаметром 6 мм и высотой 5 мм. Исследования проводили при температуре 20 °С и перемешивании ($Re_{ц} = 12500$) на растворе, содержащем 250 мг/дм³ CaCl₂. В качестве ингибиторов коррозии были выбраны комплексоны Mg-НТФ и Zn-НТФ. Доза ингибитора составляла 200 мг/дм³. Время экспозиции составляло от 2 до 24 ч. На рис. 1 в качестве примера представлены микрофотографии стали после 6-часовой обработки в растворе Mg-НТФ. Микрофотографии были сделаны на сканирующем электронном микроскопе Hitachi S34000n.

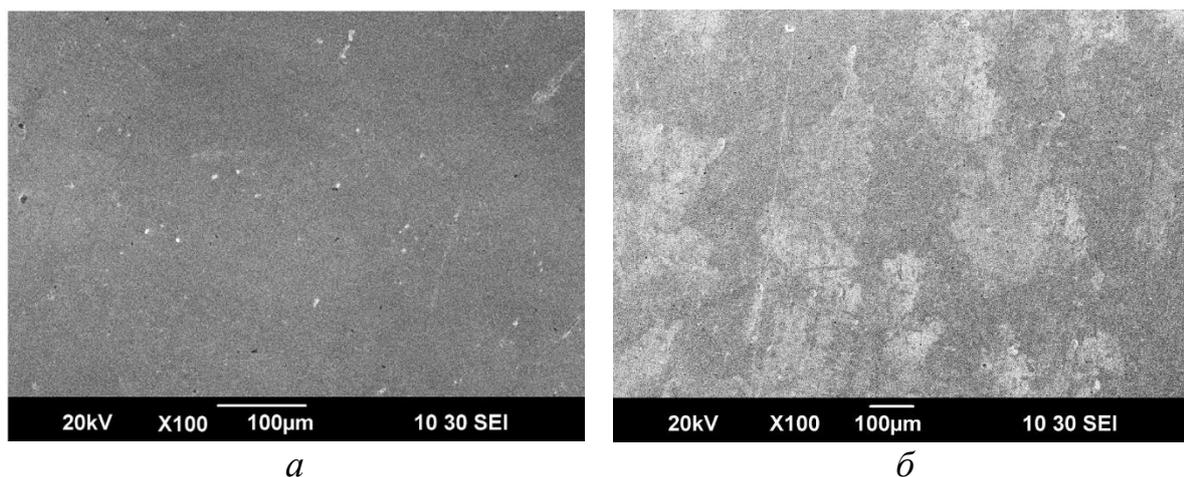


Рис. 1. Поверхность электрода:
a – до обработки реагентом; *б* – после обработки реагентом

На поверхности металла (*б*) обнаружена защитная пленка неоднородной структуры. Поверхность приобретает светлый оттенок. Можно предположить, что это вызвано образованием защитного покрытия, состоящего из комплексонатов. Величину защитного покрытия определяли методом эллипсометрии (спектральный светодиодный эллипсометр SPEL-7LED). Абсолютная погрешность составляла 1 нм. Взаимосвязь между временем обработки металла и величиной образовавшегося защитного слоя представлена на рис. 2.

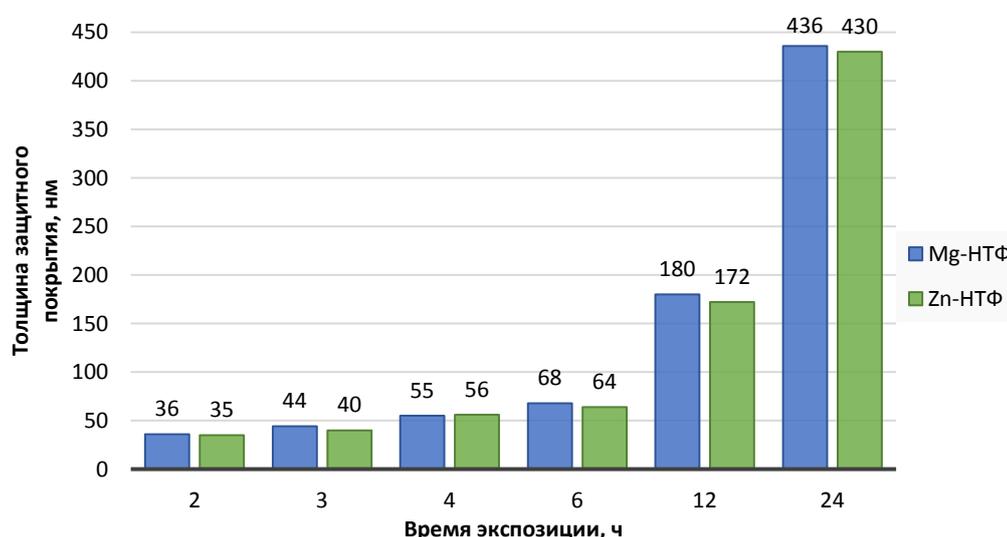


Рис. 2. Влияние времени обработки на толщину образующегося слоя

Из представленных данных видно, что величина образующегося покрытия в зависимости от адденда (цинк, магний) практически не меняется, магниевый комплексонат НТФ не уступает своему цинковому аналогу [4]. Продолжительность защитного действия покрытия, полученного обработ-

кой реагентом Mg-НТФ, сопоставима с цинковым аналогом, а толщина защитного покрытия в 420–427 нм позволяет ингибировать коррозию металла более 160 ч [5, 6].

Таким образом, ингибирование коррозии стали путем нанесения защитных покрытий при помощи комплексонов органофосфонатов значительно снижает расход реагентов. Более того, магниевый аналог, который по своим потребительским свойствам не уступает композиции содержащей цинк, позволяет снизить экологическую нагрузку на водоемы, поскольку магний является частью естественной жесткости воды, а его ПДК составляет 400 мг/дм³.

Список источников

1. Коррозия трубопроводов и мероприятия по ее локализации / А. П. Андрианов, В. А. Орлов, В. А. Чухин [и др.] // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 8 (91). С. 74–78.
2. Kurmaiah N. Corrosion and scale inhibition in recirculating cooling water system by low concentration of inorganic and organic inhibitors / N. Kurmaiah, G. Saha // Trans. SAEST. 1984. Vol. 19, № 2. P. 173–176.
3. Кузнецов Ю. И. Роль комплексообразования в ингибировании коррозии // Защита металлов. 1990. Т. 26, № 6. С. 954–964.
4. Стягов Н. Н., Протазанов А. А., Дриккер Б. Н. Защитные пленки пролонгирующего действия на основе органофосфонатов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : матер. XIX Всеросс. (национальной) науч.-техн. конф. студентов и аспирантов (Екатеринбург, 03–13 апреля 2023 г.). Екатеринбург : УГЛТУ, 2023. С. 861–864.
5. Патент № 2775595 С1 Российская Федерация, МПК С23F 15/00. Способ предотвращения коррозии металла в водных растворах : № 2021132389 : заявл. 09.11.2021 : опубл. 05.07.2022 / Б. Н. Дриккер, Н. В. Цирульникова, А. А. Протазанов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Уральский государственный лесотехнический университет.
6. Патент № 2784714 С1 Российская Федерация, МПК С23F 15/00, С23F 11/167. Способ предотвращения коррозии металла в водных растворах : № 2021132390 : заявл. 09.11.2021 : опубл. 29.11.2022 / Б. Н. Дриккер, Н. В. Цирульникова, А. А. Протазанов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Уральский государственный лесотехнический университет.