

Список литературы

1. *Early failure of hemispheric hydroxyapatite-coated acetabular cups* / S.Y. Kim, D.H. Kim, Y.G. Kim [et al.] // *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 2006.– V.446.– P.233–238.
2. *Perdew J.P. Generalized gradient approximation made simple* / J.P. Perdew, K. Burke, M. Ernzerhof // *Physical Review Letters*, 1996.– V.77.– №18.– P.3865–3868.
3. *A consistent and accurate ab initio parametrization of density functional dispersion correction (DFT-D) for the 94 elements H-Pu* / S. Grimme, J. Antony, S. Ehrlich, H. Krieg // *The Journal of Chemical Physics*, 2010.– V.132.– №15.– Art.– №154104 [19 p.].

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНГИБИТОРА КОРРОЗИИ НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦИРКОНИЯ МЕТОДОМ ПОТЕНЦИОМЕТРИИ

М.Е. Егамкулов, И.Н. Шевченко, Цзя Лицзе
Научный руководитель – к.х.н., доцент Г.В. Лямина

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, Yegamkulov@mail.ru*

В последнее время использование наночастиц (НЧ) в качестве ингибиторов коррозии привлекло особое внимание. Обширные исследования были проведены для улучшения коррозионной стойкости металлов с использованием в качестве ингибиторов наночастиц TiO_2 , ZnO , SiO_2 , Al_2O_3 и др. [1, 2]. Положительный эффект усиления коррозионной защиты таких ингибиторов обусловлен малым размером и большим, по сравнению с макрочастицами, содержанием поверхностных атомов и молекул. Благодаря этому, при использовании НЧ наблюдается эффективное заполнение пор и дефектов на поверхности, что препятствует проникновению молекул агрессивных сред.

В нашей работе мы предлагаем использовать для коррозионной защиты стали комбинированные растворы традиционных ингибиторов (полиэтиленгликоль (ПЭГ), тиомочевина (Тио)) с наночастицами ZrO_2 , который хорошо известен своими адгезионными свойствами. Оценку эффективности ингибитора проводили методом

потенциометрии. Исследования проводили в трех средах: кислой щелочной и нейтральной. В качестве рабочего электрода использовали исследуемый металл – низколегированную сталь У8А.

На рис. 1 представлено влияние ингибиторов на изменение равновесного потенциала в

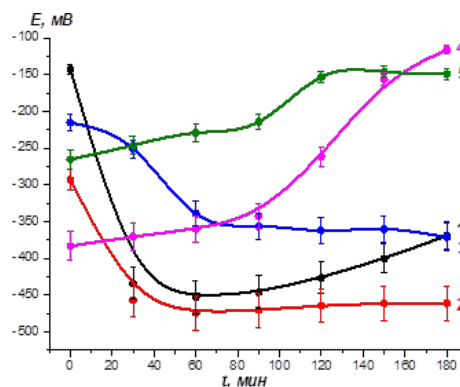


Рис. 1. Потенциал стали У8А в 0,1 М NaOH:
1 – У8А; 2 – У8А + Тио; 3 – У8А + ПЭГ-400; 4 – У8А + Тио + НЧ ZrO_2 ; 5 – У8А + ПЭГ-400 + НЧ ZrO_2 .

Таблица 1. Равновесные потенциалы, $E_{\text{равн}}$, мВ

Образцы \ среда	0,1 М HCl (pH=1)	0,1 М NaCl (pH=7)	0,1 М NaOH (pH=13)
У8А	-430	-500	-385
У8А+Тио	-450	-490	-475
У8А+ПЭГ-400	-425	-440	-385
У8А+Тио+НЧ ZrO_2	-275	-410	-125
У8А+ПЭГ-400+НЧ ZrO_2	-150	-445	-150

щелочной среде. Перед измерением электрод выдерживали в средах различных ингибиторов. По характеру изменения кривые можно разделить на две группы. В первом случае наблюдается увеличение электродного потенциала от времени, во втором – уменьшение. Прослеживается четкая закономерность: к первой группе относятся образцы, выдержанные в растворах, содержащих частицы оксида циркония (кривые 4 и 5 на рис. 1). Увеличение потенциала, прямо коррелирующее в большинстве случаев, с коррозионной устойчивостью металла, свидетельствует о другом механизме формирования ДЭС и значительном изменении свойств поверхности. Применение традиционных ингибиторов не приводит к существенному изменению

электродного потенциала стали (кривые 2, 3 на рис. 1).

В таблице 1 приведены конечные электродные потенциалы стали, установившиеся после 3 часов выдержки электродов в модельных агрессивных средах.

Из таблицы видно, что в наиболее агрессивных средах, кислой и щелочной, наблюдается схожая тенденция. Обработка металла в растворе традиционного ингибитора не приводит к значительному эффекту. В данном случае это может быть связано и с тем фактом, что часть ингибитора смывается с поверхности в раствор электролита.

В свою очередь добавление наночастиц позволяет увеличить значение электродного потенциала в 2–3 раза.

Список литературы

1. Živković Lj.S., Jegdić B.V., Andrić V., Rhee K.Y. // *Progress in Organic Coatings*, 2019.– V.136.
2. Sherif E., Mohamed G., Mahmoud Z., Ahmed M., Ibrahim N. // *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 2019.– V.12.– P.220–242.

ВЛИЯНИЕ УЗ-ОБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА ИНГИБИТОРА КОРРОЗИИ НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ ZrO_2

М.Е. Егамкулов, И.Н. Шевченко

Научный руководитель – к.х.н., доцент Г.В. Лямина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, Yegamkulov@mail.ru

Низкая коррозионная стойкость часто ограничивает продолжительное использование изделий из стали. Хроматные покрытия использовались для защиты сплавов от коррозии на протяжении десятилетий. Тем не менее, последние законодательные акты ограничивают использование хромированных покрытий из-за их канцерогенного эффекта и уже был разработан ряд экологически чистых ингибиторов для защиты стали от коррозии. Среди возможных кандидатов на получение экологически чистых ингибиторов металлических сплавов можно назвать ZrO_2 [1, 2]. Слой оксида циркония, нанесенный на поверхность стальных покрытий в связке с традиционными органическими ингибиторами, такими как тиомочевина и полиэтиленгликоль (ПЭГ-400), может препятствовать протеканию коррозионных процессов.

Снижение эффективности работы ингибиторов на основе наночастиц может происходить

из-за агломерации последних в рабочих суспензиях. Для устранения этой проблемы мы предлагаем использовать предварительную обработку ультразвуком суспензии, содержащие комбинацию частиц и органических ингибиторов.

В качестве метода оценки коррозионной устойчивости низколегированной стали в данной работе использовали гравиметрию, потерю массы металла в смеси сильных кислот. Помимо простого погружения образцов в раствор ингибитора перед испытанием, мы наносили защитный слой на образцы посредством механической втирки с помощью ткани.

Зависимости влияния агрессивной коррозионной среды от времени ее воздействия на образцы с поверхностью, обработанной и необработанной ингибитором на основе тиомочевины и ПЭГ-400 представлена на рисунке 1. Видно, что обработка в растворе ингибиторов снижает скорость потери массы металла. Введение нано-