

УДК 669.141.24:620.197.3

**ПРИМЕНЕНИЕ ИНГИБИТОРОВ С НАНОЧАСТИЦАМИ ОКСИДА ЦИНКА
ДЛЯ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ В КОРРОЗИОННЫХ СРЕДАХ**Х. Ли

Научный руководитель: доцент, О.В. Дубинина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: lh0871@foxmail.com**APPLICATION OF ZINC OXIDE NANOPARTICLES INHIBITORS FOR HIGH-CARBON STEEL
PROTECTION IN CORROSION MEDIA**H. Li

Scientific Supervisor: Assoc. Prof., O.V. Dubinina

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenina str., 30, 634050

E-mail: lh0871@foxmail.com

Abstract. *This work aims to evaluate the corrosion protection effect of zinc oxide nanoparticles, pectin and thiourea on high carbon steel in different corrosion media. And under the action of pectin and thiourea, the change of the corrosion inhibition performance of zinc oxide nanoparticles. The study was carried out by two methods, gravimetric method and voltammetric method. The research results show that the three types of corrosion inhibitors have slowing effect on the corrosion process of the steel in the mixture of hydrochloric acid and nitric acid, 1M HCl and 1M NaCl. Existence of pectin component can strengthen the performance of zinc oxide nanoparticles in neutral medium, and the thiourea component can strengthen its performance in acidic medium. It is worth noting that in a high-concentration corrosive environment (such as hydrochloric acid: nitric acid: water = 2:3:5), the presence of pectin and thiourea will reduce the corrosion inhibition performance of zinc oxide nanoparticles.*

Введение. Согласно мировой оценке, затраты на коррозию в 2022 году составили 2505 миллиардов долларов США – 3,4 % мирового ВВП [1]. Поэтому исследования по защите металлов от коррозии чрезвычайно важны. Одним из эффективных методов защиты металлов от коррозии является применение ингибиторов.

Наночастицы металлов и их оксиды эффективно контролируют процесс коррозии за счет адсорбции на поверхности металла. В работе [2] в качестве ингибиторов коррозии выступают наночастицы оксида цинка для углеродистой стали. Тиомочевина является высокоэффективным ингибитором коррозии, который в настоящее время привлекает большое внимание [3], а пектин – экологически безопасным природным соединением [4], и эти два вещества обладают большим потенциалом, как ингибиторы коррозии.

Целью данной работы является оценка защитного действия ингибиторов коррозии, содержащих наночастицы оксида цинка, на сталь У8А в различных коррозионных средах.

Экспериментальная часть. Защитное действие ингибиторов коррозии на основе наночастиц оксида цинка в коррозионных средах оценивали методами гравиметрии и вольтамперометрии. Состав ингибиторов коррозии: 1. Массовая доля 0,15 % наночастиц ZnO; 2. Массовая доля 0,15 % наночастиц ZnO + 0,5 % пектина; 3. Массовая доля 0,15 % наночастиц ZnO + 0,5 % тиомочевины. Образец У8А для метода гравиметрии представляет собой металлическую пластинку размером 2×2 см². Площадь поверхности электрода исследуемой стали для метода вольтамперометрии – 0,25 см².

Метод гравиметрии. Ускоренные коррозионные испытания проводились в среде: $\text{HNO}_3\text{:HCl:H}_2\text{O}$ (3:2:5). Исследуемые образцы стали помещали в коррозионную среду и фиксировали изменение ее веса каждые пять минут. Полученные данные были обработаны с помощью программы для численного анализа данных и построения графиков «Origin».

Метод вольтамперометрии. Регистрацию вольтамперных кривых осуществляли в трехэлектродной ячейкой на потенциостате CorrTest CS310. В качестве фоновых электролитов использовали 0,1 М HCl и 0,1 М NaCl. В качестве вспомогательного электрода и электрода сравнения – насыщенные хлоридсеребряные электроды. Регистрацию кривых осуществляли в диапазоне от -0.3 до +0.3 В, скорость развертки потенциала 10 мВ/с. Ингибиторы коррозии наносили методом втирки.

Результаты.

Гравиметрические испытания.

На рисунке 1 представлены результаты ускоренных коррозионных испытаний образцов стали У8А с обработкой ингибитором и без нее. Наибольшей эффективностью ингибирования коррозии обладают наночастицы оксида цинка. Более того, показано, что все три типа ингибитора замедляют процесс коррозии.

Потенциодинамические испытания.

Результаты потенциодинамических испытаний представлены на рисунке 2. Все ингибиторы способны замедлять процесс коррозии. Для среды 0,1 М HCl ингибитор наночастицы ZnO с тиомочевинной снижает скорость коррозии в наибольшей степени. Согласно диаграмме Тафеля, только катодная плотность тока для ZnO с тиомочевинной существенно снижается, а коррозионный потенциал сдвигается в отрицательную сторону. Это показывает, что ZnO с тиомочевинной может достигать эффекта ингибирования коррозии, контролируя катодную реакцию в среде 0,1 М HCl.

Для среды 0,1 М NaCl ингибитор наночастицы ZnO с пектином снижает скорость коррозии в наибольшей степени. Диаграмма Тафеля показывает, что только ZnO с тиомочевинной могут снизить катодную плотность тока, но в очень незначительной степени. Что касается анодной плотности тока, то все три ингибитора коррозии могут значительно ее снизить, причем ZnO с пектином имеет наибольшее снижение. Это показывает, что в среде 0,1 М NaCl все три ингибитора коррозии достигают подавления коррозии, контролируя процесс анодной реакции. Кроме того, наблюдается положительный сдвиг

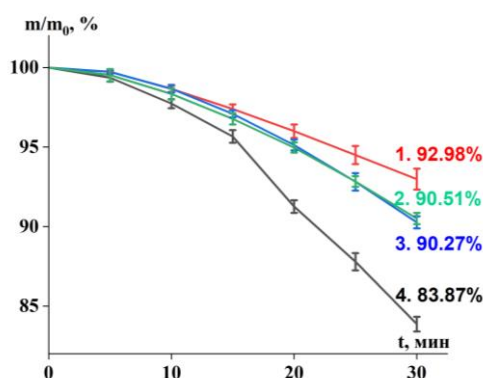


Рис. 1. Кривые потери массы стали У8А в смеси $\text{HNO}_3\text{:HCl:H}_2\text{O}$ (3:2:5): 1 – наночастицы ZnO; 2 – ZnO с пектином; 3 – ZnO с тиомочевинной; 4 – без ингибитора

коррозионного потенциала. Можно предположить, что эффект ингибирования коррозии наночастицами ZnO обусловлен образованием тонкой пленки на поверхности металла.

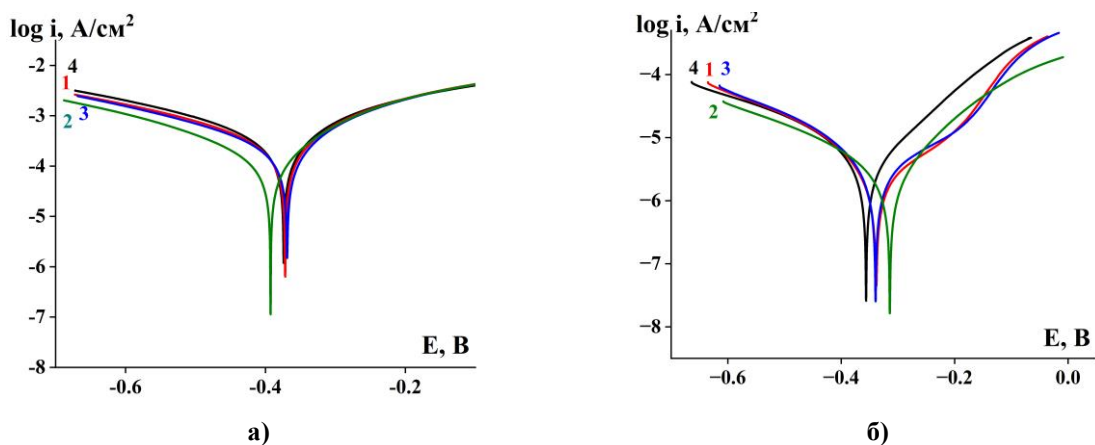


Рис. 2. Потенциодинамические кривые стали У8А (а – 0,1 М НСl, б – 0,1 М NaCl).

1 – наночастицы ZnO; 2 – ZnO с тиомочевинной 3 – ZnO спектином; 4 – без ингибитора

Заключение. Защитное действие ингибиторов коррозии на основе наночастиц оксида цинка для высокоуглеродистой стали У8А в агрессивных средах оценивали методами гравиметрии и вольтамперометрии. Согласно полученным данным, можно предположить, что:

1. Наночастицы ZnO подавляют коррозию, образуя защитную пленку.
2. Механизм ингибирования коррозии ZnO с пектином аналогичен таковому у ZnO, но наличие пектина может сделать структуру защитной пленки более плотной, замедляя процесс растворения металла.
3. В 0,1М НСl тиомочевина, вероятно, контролирует катодный процесс путем взаимодействия с НСl. В 0,1М NaCl защитный механизм основан на взаимодействии наночастиц ZnO с поверхностью металла.

Работа выполнена при частичной поддержке Госзадания «Наука» номер 075-03-2023-105 на оборудовании ЦКП НОИЦ НМНТ ТПУ, поддержанного проектом Минобрнауки России № 075-15-2021-710.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. NACE. Assessment of Global Cost of Corrosion. – 2013. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://impact.nace.org/economic-impact.aspx>.
2. Hasnidawani J., Hassan N., Norita H., Samat N., Bonnia N., Surip S. ZnO Nanoparticles for Anti-Corrosion Nanocoating of Carbon Steel // Materials Science Forum. – 2017. – Vol. 894. – P. 76–80.
3. Quy Huong, Dinh and Duong, Tran and Nam, Pham Cam. Effect of the Structure and Temperature on Corrosion Inhibition of Thiourea Derivatives in 1.0 M HCl Solution // ACS Omega. – 2019. – Vol. 4. – P. 14478-14489.
4. Saviour A., Umoren, Ime B., Obot A., Madhankumar, Zuhair M. Performance evaluation of pectin as ecofriendly corrosion inhibitor for X60 pipeline steel in acid medium: Experimental and theoretical approaches // Carbohydrate Polymers. – 2015. – Vol. 124. – P. 280-291.