

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ В КАЧЕСТВЕ ИНГИБИТОРА  
КОРРОЗИИ**М.Е. Егамкулов<sup>1</sup>, Е.Ю. Головина<sup>1</sup>, И.Н. Шевченко<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

<sup>2</sup>Сибирский государственный индустриальный университет,

Россия г. Новокузнецк, пр. Бардина, 25, 654041

E-mail: Yegamkulov@mail.ru**USE OF ZIRCONIUM DIOXIDE NANOPARTICLES AS A CORROSION INHIBITOR**M.Ye. Yegamkulov<sup>1</sup>, E.Yu. Golovina<sup>1</sup>, I.N. Shevchenko<sup>2</sup>

Scientific Supervisor: PhD G.V. Lyamina,

<sup>1</sup>Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin Ave., 30, 634050<sup>2</sup>Siberian State Industrial University, Russia, Novokuznetsk, Bardin Ave. 654041E-mail: Yegamkulov@mail.ru

**Abstract.** *The research is devoted to the effect of zirconium oxide nanoparticles on the protective effect of organic inhibitors (thiourea) when steel is corroded in various environments. The object of the study were steel brands U8A and 440S. A mixture of acid solutions (HNO<sub>3</sub> and HCl) and 1M HCl were chosen as corrosive media. Based on the analysis of gravimetric method, it was found that nanoparticles increase the corrosion resistance of steel labels in 1M HCl, as well as in a mixture of acid solutions, while the inhibitor works more effectively for low-alloy steel. The preliminary heat treatment of samples with a protective layer deposited on their surface significantly increases the corrosion resistance.*

**Введение.** В последние годы наночастицы металлов и их оксидов активно используются в качестве ингибиторов, так как они преимущественно заполняют трещины [1]. Добавление наночастиц оксидов металлов в органических ингибиторах повышает коррозионную стойкость сталей различных марок. В данной работе для этих целей были использованы наночастицы ZrO<sub>2</sub>, полученные обратным химическим осаждением. В качестве традиционного ингибитора была выбрана тиомочевина. У оксида циркония есть ряд свойств, которые делают его перспективным при использовании в качестве антикоррозионной добавки: коррозионная устойчивость [2] и одна из лучших величин адгезии ко многим поверхностям.

**Экспериментальная часть.** Для проведения эксперимента были использованы следующие образцы: высоколегированная сталь - 440С и низколегированная сталь – у8А (табл. 1).

Оценку коррозионной устойчивости проводили методом гравиметрии, выдерживая образцы в агрессивных средах. В качестве таковых были выбраны смесь растворов кислот (HNO<sub>3</sub>:HCl = 20:30, об. %), 1М HCl. Перед испытанием образцы сталей выдерживали в 0,5% растворе тиомочевины (тиомочевины с наночастицами ZrO<sub>2</sub> (C =0,33 мкг/мл)) в течение 5 минут.

Таблица 1

Химический состав стали марки 440С и у8А

Сталь	C, %	Cr, %	Mn, %	Mo, %	P, %	S, %	Si, %
440С	0.95-1.20	16-18	1.0	0.75	0.04	0.03	1.0
Сталь	C, %	Cr, %	Mn, %	Ni, %	P, %	S, %	Si, %
У8А	0.75-0.84	До 0.2%	0.17-0.28	До 0.25	0.025	До 0.018	0.17-0.33

**Результаты и их обсуждение** На рис.1 представлено влияние времени выдержки в различных средах на потерю массы металлов до и после обработки в растворе ингибиторов.

Ранее нами был опробован ингибитор данного состава [3] была установлена эффективность его применения. Однако коррозионную устойчивость сталей данных марок удалось повысить не более чем на 3 % по сравнению с тиомочевинной. Для уточнения полученных данных нами был проведен подобный

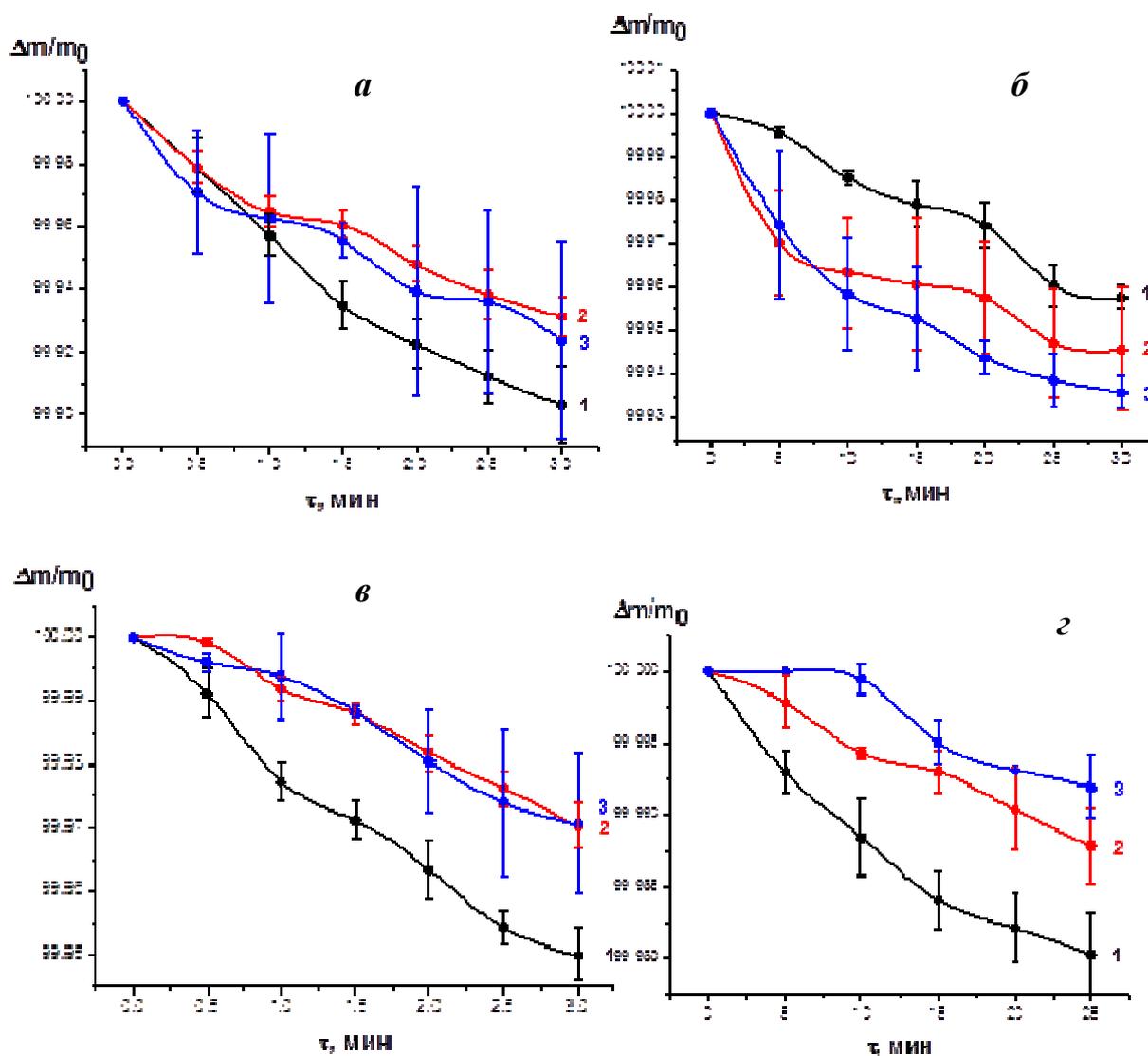


Рис. 1. Кривые изменения массы сталей марки 440С (а, б) и у8А (в, г) в смеси  $\text{HNO}_3:\text{HCl}$  (а, в);  $1\text{M HCl}$  (б, г):

1 – образец до обработки; 2 – образец после выдержки в тиомочевине, 3 – образец после выдержки в тиомочевине с  $\text{HCl ZrO}_2$

эксперимент при меньших временах контакта металла с агрессивной средой.

Эффективность работы ингибитора явно проявляется для низколегированной стали у8А (рис. 1, в, г). Из рисунка видно, что металл без обработки теряет массу значительно быстрее. Влияние частиц оксида циркония неоднозначно. В агрессивной среде их добавка к раствору тиомочевины не дает видимого результата. В растворе соляной кислоты наночастицы позволяют ингибитору работать более эффективно.

В случае высоколегированной стали применение как органического ингибитора, так и смеси его с суспензией наночастиц неэффективно при проведении процесса в соляной кислоте. В агрессивной среде применение ингибитора положительно сказывается на коррозионной устойчивости.

Полученные результаты не совпадают с результатами, полученными при больших временах контакта для высоколегированных сталей и совпадает с данными, полученными для низколегированной стали.

Полученные для высоколегированной стали закономерности можно объяснить следующим образом. Во-первых, поверхность стали 440С более гладкая и ингибитор адсорбируется на ней хуже, чем на низколегированной стали. При малых временах контакта это становится более явным. Коридоры погрешностей полученные для чистого металла и металла после обработки в растворе ингибитора пересекаются и можно скорее говорить об отсутствии влияния ингибитора бна начальных временах выдержки сталей в агрессивных средах.

**Заключение.** Полученные нами растворы ингибитора на основе тиомочевины и наночастиц оксида циркония вполне удовлетворяю требованиям антикоррозионной защиты низколегированных сталей. Для высоколегированных сталей состав требует доработки. В частности можно предложить использование суспензии приготавливаемой из готового порошка.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fatimah S., Kamil M.P., Know J.H., Kaseem M., Ko Y.G. Dual incorporation of SiO<sub>2</sub> and ZrO<sub>2</sub> nanoparticles into the oxide layer on 6061 Al alloy via plasma electrolytic oxidation: Coating structure and corrosion properties // Journal of Alloys and Compounds. – 2017. – Vol. 707. – P. 358-364.
2. Kumar K.A., Mohan P., Kalaighan G.P., Muralidharan V.S. Electrodeposition and characterization of Ni-ZrO<sub>2</sub> nanocomposites by direct and pulse current methods // Journal of Nanoscience and Nanotechnology. – 2012. – Vol. 12(11). – P. 8364-71.
3. Головина Е.Ю. Разработка ингибитора коррозии на основе тиомочевины и наночастиц оксидов металлов / Перспективные материалы конструкционного и медицинского назначения. Сборник трудов Международной научно-технической молодежной конференции. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – 2018. – С. 44-45.