

2. Akrami S. et al. High-entropy ceramics: Review of principles, production and applications //Materials Science and Engineering: R: Reports. – 2021. – Т. 146. – С. 100644.
3. Buyakov A. S. et al. Increasing fracture toughness of zirconia-based composites as a synergistic effect of the introducing different inclusions //Ceramics International. – 2021. – Т. 47. – №. 8. – С. 10582-10589.
4. Curtin W. A., Sheldon B. W. CNT-reinforced ceramics and metals //Materials today. – 2004. – Т. 7. – №. 11. – С. 44-49.
5. Siegel R W, Chang S K et al. Mechanical behavior of polymer and ceramic matrix nanocomposites // Scripta Materialia. -2001. 44(8-9). –P. 2061-2064
6. Sarkar S. K., Miller A. D., Mueller J. I.//Journal of the American Ceramic Society – 1972. – V.55. – No. 12 – С 628-630
7. Yu D., Yin J., Zhang B., Liu X., Reece M. J., Liu W., Huang Z. //Journal of the European Ceramic Society. – 2021. – V.41. – No. 6. – С. 3823-3831
8. Liu H. L., Man Z. Y., Liu J. X., Wang X. G., Zhang G. J.//Journal of Alloys and Compounds. – 2017. – No. 729. – С 492-497
9. Buyakova S. P. et al. Phase evolution during entropic stabilization of ZrC, NbC, HfC, and TiC //Ceramics International. – 2022.

Чэнь Сюань (Китай),

Шевченко Иван Николаевич (Россия)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Лямина Галина Владимировна,
канд. хим. наук, доцент

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛЕЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНГИБИТОРА КОРРОЗИИ НА ОСНОВЕ СУСПЕНЗИИ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦИНКА

Введение. Благодаря своей превосходной механической прочности и сравнительно низкой стоимости стальные сплавы используются во многих областях промышленности. Однако эти материалы подвержены коррозии, особенно в кислых средах. Добавление ингибиторов в различные агрессивные среды позволило разработать эффективный и популярный метод защиты металлических поверхностей от коррозии, поскольку он прост в применении и сравнительно недорог [1]. Современными авторами было отмечено, что при введении в состав ингибиторов наночастиц

оксидов металлов наблюдается увеличение антикоррозионного эффекта [2, 3]. Так же давно известно, что шероховатость поверхности является существенным фактором, влияющим на ряд функциональных свойств металлических изделий. Среди этих свойств особое место занимает коррозионная стойкость [4].

В связи с этим была поставлена цель данной работы – оценить влияние шероховатости поверхности сталей на эффективность ингибитора коррозии на основе суспензии наночастиц оксида цинка.

Экспериментальные методики. Нанопорошок ZnO, получали методом распылительной сушки на установке Nanospray Drying B-90 из суспензий гидроксида цинка, которые готовили методом прямого осаждения гидроксидом натрия из 1 М раствора $Zn(NO_3)_2$.

Ингибитор готовили, смешивая тиомочевину ($C = 0,5 \%$, масс.) с НЧ ZnO (0,15 %, масс.) в воде при перемешивании в течение 30 с (Вортекс Daihan VM-10).

Для подготовки поверхностей сталей У8А и Ст3 были использованы два вида шлифовальных губок с зернистостью $P 600-800$ и $P 280$, для получения образцов с разной морфологией поверхности.

Для оценки морфологии поверхности образцов была использована сканирующая зондовая микроскопия (НаноЛаборатория NTEGRA Aura).

Перед испытанием образцы протирали тканью, пропитанной раствором ингибитора, затем высушивали при комнатной температуре.

Измерение потери массы стальных образцов проводили в смеси концентрированных азотной и соляной кислот через равные промежутки времени.

Результаты и обсуждение. После подготовки поверхностей были получены АСМ изображения для каждого вида образцов (рис. 1, 2) для оценки морфологии поверхности сталей.

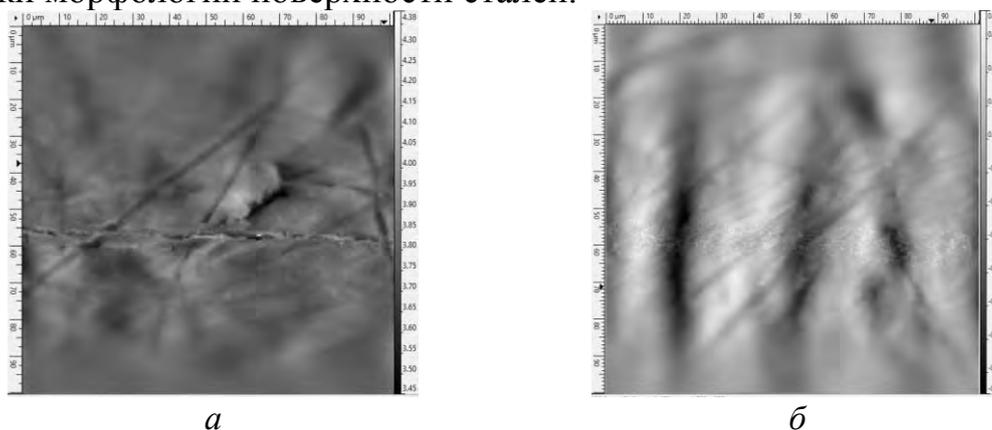


Рис. 1. АСМ изображения стали У8А: а – $P 280$, б – $P 600-800$

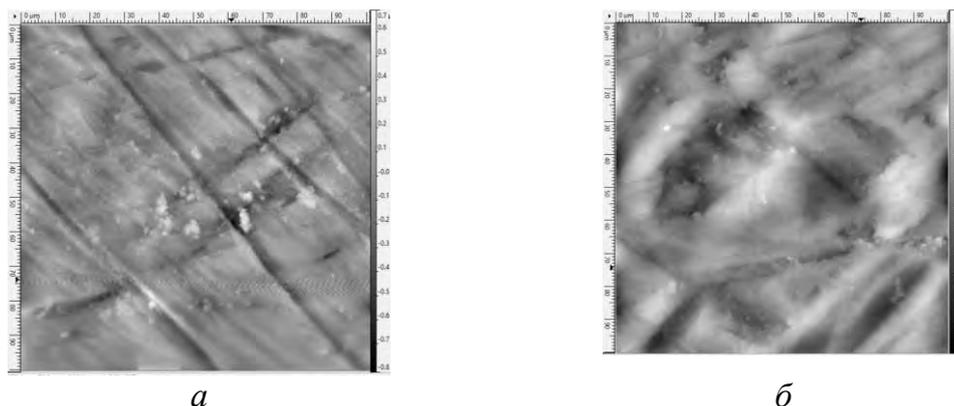


Рис. 2. АСМ изображения стали Ст3: а – Р 280, б – Р 600–800

Таблица 1

Расчетные значения шероховатости, R_a , нм

У8А (Р 280)	У8А (Р 600–800)	Ст3 (Р 280)	Ст3 (Р 600–800)
35,93	40,12	76,69	91,33

Исходя из полученных изображений и значений шероховатости (табл. 1), рассчитанных в программе Gwyddion более гладкая поверхность формируется при использовании шлифовальной губки с большей зернистостью.

Для быстрой оценки коррозионных свойств были проведены гравиметрические испытания в агрессивной среде смеси соляной и азотной кислот (рис. 3,4).

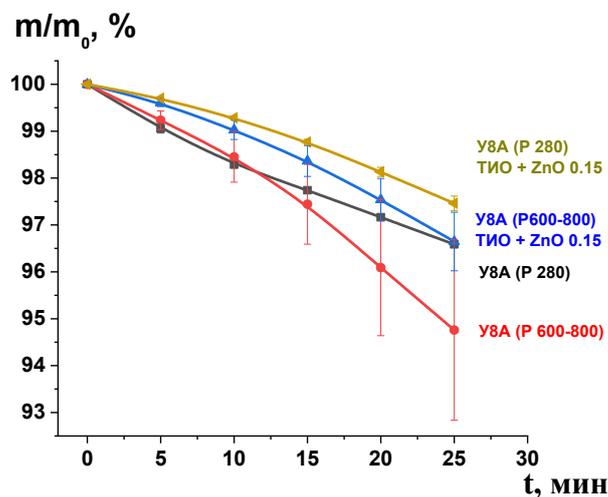


Рис. 3. Потеря массы стали У8А обработанной ингибитором на основе тиомочевины в смеси $HCl - HNO_3$

Из графика, представленного на рисунке 3 видно, что применение ингибитора увеличивает коррозионную стойкость образцов с разными значениями шероховатости.

Большие границы погрешности для У8А ($P 600-800$) вероятно связаны с наличием больших неоднородностей в морфологии поверхностей образцов из-за чего травливание металла проходит с разными скоростями. Использование ингибитора коррозии в данном случае позволяет не только увеличить коррозионную стойкость, но и выровнять поверхность посредством заполнения дефектов наночастицами оксида цинка, что отражено в меньших погрешностях измерения потери массы для ряда образцов.

Меньший эффект ингибирования для У8А ($P 280$) обусловлен двумя факторами: менее дефектной поверхностью, что позволяет закрепиться меньшей части наночастиц на поверхности, и изначально высокими значениями коррозионной стойкости в сравнении с У8А ($P 600-800$).

На рисунке 4 представлен график потери массы подготовленной аналогичным образом стали марки Ст3.

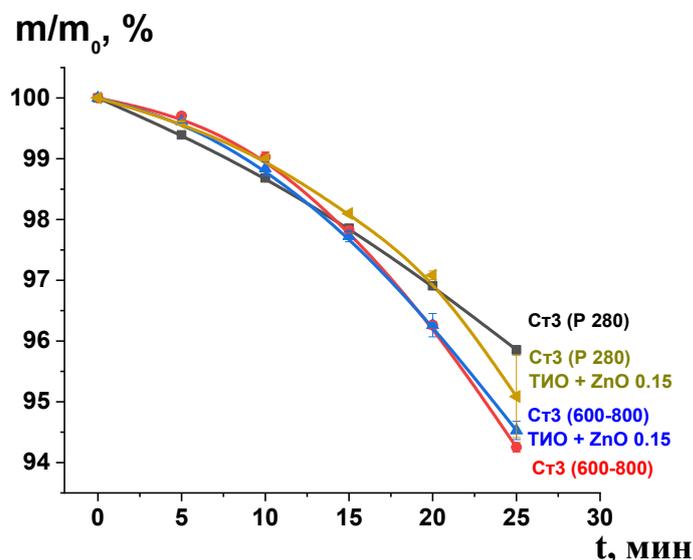


Рис. 4. Потеря массы стали Ст3 обработанной ингибитором на основе тиомочевины в смеси $HCl - HNO_3$

В данном случае ингибитор не показал эффективности сравнимой со сталью У8А, что отражено в практически идентичном ходе кривых травления, как обработанных, так и не обработанных образцов на большей части графика. Однако стоит отметить, что Ст3 ($P 280$), обладающая меньшей шероховатостью в сравнении с Ст3 ($P 600-800$), по аналогии со сталью У8А показала большую коррозионную стойкость, что говорит о значительном вкладе морфологии поверхности в свойства стали.

Выводы

1. Показано, что использование ингибитора коррозии на основе тиомочевины и наночастиц оксида цинка в случае У8А ($P 600-800$) позволяет увеличить коррозионную стойкость в 1,56 раз, а У8А ($P 280$) в 1,35 раз.

2. Установлено для обеих типов стали, что увеличение шероховатости приводит уменьшению коррозионной устойчивости, как для поверхности с ингибитором, так и без защиты.

В работе применялось оборудование ЦКП НОИЦ НМНТ ТПУ, поддержанного проектом Минобрнауки России № 075-15-2021-710

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hany Abd El-Lateef M., Gouda M. Novel nanocomposites of nickel and copper oxide nanoparticles embedded in a melamine framework containing cellulose nanocrystals: Material features and corrosion protection applications // Journal of Molecular Liquids. – 2021. – V. 342.
2. Eman A.K., Amal H., Rania E.M. Magnetite nanoparticles/polyvinyl pyrrolidone stabilized system for corrosion inhibition of carbon steel // Egyptian Journal of Petroleum. – 2018. – V. 27. – P. 919-926.
3. Abd-Elaal A. A., Elbasiony N.M., Shaban S. M., Zaki E.G. Studying the corrosion inhibition of some prepared nonionic surfactants based on 3-(4-hydroxyphenyl) propanoic acid and estimating the influence of silver nanoparticles on the surface parameters // Journal of Molecular Liquids. – 2018. – Vol. 249. – P. 304-317.
4. Рудзит Я.А. Микрогеометрия и контактное взаимодействие поверхностей. – Рига: Издательство РПИ, 1975. – 216 с.

Юй Сяолин (Китай)

Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет, г. Новосибирск

Научные руководители: Федин Владимир Петрович,
д-р хим. наук, зав. лаб.,
Потапов Андрей Сергеевич,
д-р хим. наук, в. н. с.

СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СВОЙСТВ КООРДИНАЦИОННЫХ ПОЛИМЕРОВ ЕВРОПИЯ(III) С ПОЛИКАРБОКСИЛАТНЫМИ ЛИГАНДАМИ

Металлоорганические каркасы (MOFs) или координационные полимеры – это современные пористые материалы, образованные путем координации ионов или кластеров металлов с лигандами [1]. Благодаря струк-