

Поэтому разные режимы АСМ подходят для разных типов образцов и исследовательских целей, и результаты измерений будут разными. Необходимо выбрать соответствующий метод в соответствии с конкретными экспериментальными требованиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shingubara, S., Okini, O., Sayama, Y. Ordered two-dimensional nanowire array formation using self-organized nanoholes of anodically oxidized aluminum // *Jpn. J. Appl. Phys.* 1997. V. 36. P. 7791-7795.
2. Li, A.P., Muller, F., Birner, A. et al. Hexagonal pore arrays with a 50-420 nm interpore distance formed by self-organization in anodic alumina // *Jpn. of Appl. Phys.* 1998. V. 84 (1). P. 6023-6027.
3. Routkevitch, D., Bigioni, T., Moskovits, M. et al. Electrochemical fabrication of CdS nano-wire arrays in porous anodic aluminum oxide templates // *J. Phys. Chem.* 1996. V. 100. P. 14037-14047.
4. Martin, Ch.R. Nanomaterials: A membrane-based synthetic approach // *Science*. 1994. V. 266. P. 1961-1966.
5. Т. Тилеуберди, С. Цзи, М. Пань, А. Люй, Ц. Хуан, Г.А. Воронова // *Вестник Томского государственного университета. Химия*. 2020.

Чэнь Сюань (Китай),

Шевченко Иван Николаевич (Россия)

Томский политехнический университет, г. Томск

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

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНГИБИТОРА КОРРОЗИИ НА ОСНОВЕ МАСЛА ПИХТЫ И НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦИНКА, ПОЛУЧЕННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ

Введение

Сталь используется во многих отраслях промышленности из-за ее механической прочности и относительно низкой стоимости, но ее коррозия является неизбежной проблемой. В ряде случаев замедлить процесс разрушения металлов можно с помощью ингибиторов, при этом введение в их состав наночастиц оксидов металлов может значительно увеличить антикоррозионный эффект [1, 2].

Цель данной работы – сравнить антикоррозионный эффект масла пихты с добавками наночастиц оксида цинка, полученных разными способами на примере стали У8А.

Экспериментальные методики

Для подготовки прекурсоров готовили 1 М растворы нитрата цинка. Из полученного раствора осаждали гидроксид цинка добавлением NaOH. Полученные частицы отделяли от растворителя методами фильтрации (ZnO1), нанораспылительной сушки (Nanospray Drying B-90) (ZnO2) и СВЧ-сушки (ZnO3).

Ингибитор готовили, смешивая масло пихты с НЧ ZnO (0,15 %, масс.) при помощи вихревой мешалки в течение 30 секунд (Вортекс Daihan VM-10).

Образцы стали У8А шлифовали до визуально гладкой поверхности с помощью наждачной бумаги (P320). Перед испытанием образцы протирали тканью, смоченной в растворе ингибитора, и сушили при комнатной температуре.

Для оценки коррозионной устойчивости использовали метод гравиметрии в смеси концентрированных азотной и соляной кислот и потенциодинамические испытания (CorrTest CS310). В качестве фоновых электролитов использовали 0,1 М HCl и 3,5% NaCl; вспомогательных электродов и электродов сравнения – насыщенные хлорсеребряные электроды.

Результаты и обсуждение

Из графика (рис. 1), видно, что ингибитор, содержащего оксид цинка, полученный с помощью СВЧ-сушки, теряет массу в смеси кислот быстрее, чем сталь без ингибитора. Из трех образцов данные частицы самые крупные и, видимо, по этой причине быстро растворяются с поверхности.

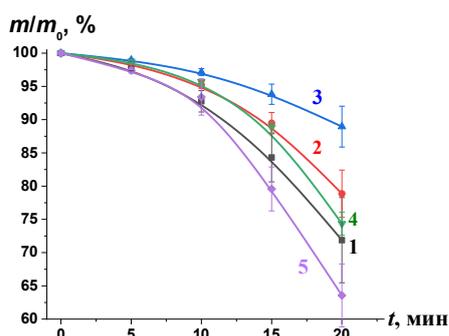


Рис. 1. Потеря массы стали У8А в смеси HCl–HNO₃:
1 – У8А, 2 – У8А-МП, 3 – У8А-МП-ZnO1, 4 – У8А-МП-ZnO2,
5 – У8А-МП-ZnO3

Оксид цинка, полученный распылительной сушкой, демонстрирует большую эффективность по сравнению с чистым металлом. Однако, если сравнивать с маслом пихты, то его вклад в антикоррозионную защиту негативный.

Частицы ZnO , выделенные фильтрацией демонстрируют в составе ингибитора самый лучший результат. Потеря массы значительно ниже и в сравнении с чистой сталью, и с металлом, обработанным маслом пихты. У этих частиц малый размер и непрочно скрепленные агломераты, поэтому частицы легче заполняют поверхностные дефекты, сглаживают поверхность и, как следствие, лучше предотвращают атаку агрессивных компонентов на металл.

Поведение стали, обработанной ингибитором, изучали в разбавленных электролитах: кислой и нейтральной средах (рис. 2).

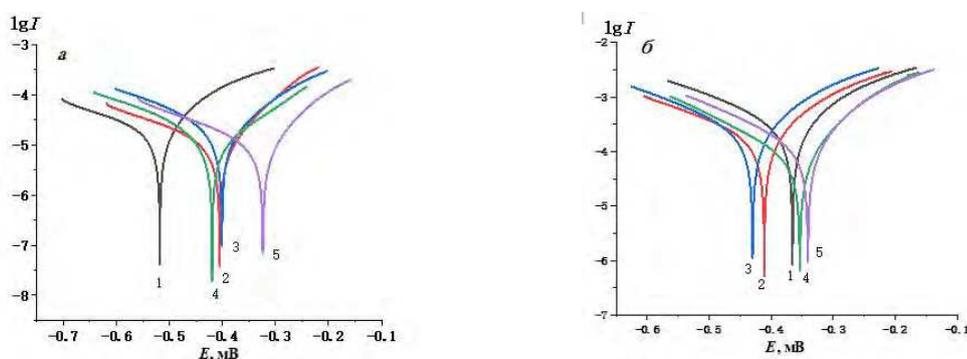


Рис. 2. Потенциодинамические кривые стали У8А, обработанной ингибиторами на основе пихтового масла в 3.5% NaCl (а) и 0.1 М HCl (б):
1 – У8А, 2 – У8А-МП, 3 – У8А-МП-ZnO1, 4 – У8А-МП-ZnO2,
5 – У8А-МП-ZnO3

В нейтральной среде обработка ингибитором позволяет значительно сдвинуть потенциал коррозии в область положительных значений. В данном случае, образец, полученный СВЧ-сушкой, показывает лучший результат. Другие частицы демонстрируют результат соизмеримый с маслом пихты.

В кислой среде тенденция сохраняется, однако частицы, выделенные с помощью аппарата нанораспылительной сушки и фильтрации, имеют потенциал меньше, чем у чистой стали.

Наиболее значимым параметром коррозии является ток (таблица 1). Средние значения токов коррозии показывают, что все составы ингибиторов повышают защиту стали и в кислой и в нейтральной среде. В данном случае, частицы, выделенные методом фильтрации, снижают эффективность ингибирования масла пихты. Наибольший вклад в снижение

значений тока коррозии в обеих средах показали наночастицы оксида цинка полученные методом нанораспылительной сушки.

Таблица 1

Параметры коррозии стали У8А

Образец	0.1 М НСl		3.5 % NaCl	
	$I_{корр.}$, мкА	$E_{корр.}$, В	$I_{корр.}$, мкА	$E_{корр.}$, В
У8А	403	-0.36	24.17	-0.44
У8А-МП	262	-0.42	11.19	-0.39
У8А-МП-ZnO1	331	-0.42	22.62	-0.38
У8А-МП-ZnO2	110	-0.35	3.45	-0.31
У8А-МП-ZnO3	195	-0.35	12.16	-0.34

Выводы

1. По данным гравиметрического анализа показано, что использование ингибитора коррозии на основе масла пихты с наночастицами оксида цинка, полученным методом фильтрации, эффективно для стали У8А в агрессивных кислых средах.

2. По значениям токов, рассчитанным из коррозионных диаграмм, наибольший ингибирующий эффект показал состав с наночастицами, полученными методом распылительной сушки. Он повышает защиту на 86% в нейтральной среде и на 73% в кислой среде.

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. 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.
2. 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.