

РАЗРАБОТКА АНТИКОРРОЗИОННОГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕТАКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦИНКА

*Афум Э.Т., магистрант группы 4БМ42,
Шевченко И.Н., аспирант группы А1-48,
Лямина Г.В., к.х.н., доцент ОМ ИШНПТ
НИ ТПУ, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
e-mail: afum15@tpu.ru*

Введение. Использование защитных полимерных покрытий в качестве средства по борьбе с коррозией сталей, является одним из наиболее экономичных и эффективных методов [1]. Для улучшения антикоррозионных и механических свойств полимерных покрытий всё чаще используют добавки наночастиц (НЧ) металлов и их соединений [2]. НЧ ZnO считаются одной из перспективных антикоррозионных добавок [3], они обеспечивают увеличение адгезии полимеров к поверхности металла и улучшают механические свойства антикоррозионных покрытий [4]. Например, в сочетании с акрилатами, можно создавать покрытия, которые обеспечивают долговременную защиту металлов [5].

Данная работа посвящена разработке антикоррозионного покрытия на основе полиметакриловой кислоты (ПМАК) с добавкой НЧ оксида цинка, полученного различными способами.

Экспериментальные методики. Раствор полиметакриловой кислоты, получали в смеси воды и 5 масс. % метакриловой кислоты. К смеси добавляли 1 масс. % (по отношению к массе мономера) персульфата аммония ($\text{NH}_4\text{S}_2\text{O}_8$) и выдерживали в УЗ-ванне при температуре 70 °С в течение 30 минут, затем при температуре 80 °С в течение 6 часов в термошкафу.

Наночастицы оксида цинка добавляли в раствор полимера следующим образом. В первом случае, предварительно синтезированные на установке распылительной сушки Nanospray Drying B-90 из суспензий гидроксида цинка, частицы добавляли в раствор полимера (ZnO –1). Во втором случае на этапе синтеза в раствор мономера добавляли 0,5 М $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ (ZnO –2). В третьем случае в раствор помимо нитрата цинка добавляли 0,5 М NaOH в эквимольном отношении к нитрату цинка (ZnO –3). Концентрация ZnO во всех случаях составляла 0,15 масс. %.

Образцы стали У8А, используемой в качестве защищаемого металла, шлифовали наждачной бумагой (Р320 – для гравиметрических испытаний, Р640 – для потенциодинамических испытаний) и очищали этанолом. Полимерные покрытия наносили механически с помощью кисти в случае гравиметрических испытаний и методом погружения в случае потенциодинамических испытаний, после чего образцы высушивались в термошкафу при 40 °С, в течение 15 мин.

Регистрацию потенциодинамических кривых проводили на потенциостате CorrTest CS310 с трехэлектродной ячейкой со скоростью развертки 10 мВ/с, в диапазоне $\pm 0,3$ В относительно равновесного потенциала (потенциала разомкнутой цепи). В качестве электролита использовали 0,1 М раствор HCl. Рабочий электрод представлял собой пластину стали (У8А) с площадью 0,3 см²; в качестве вспомогательного электрода и электрода сравнения использовали насыщенные хлоридсеребряные электроды. Основные параметры коррозионных процессов (потенциал, ток коррозии) были рассчитаны с помощью программного обеспечения потенциостата CorrTest CS310. Методом гравиметрии свойства покрытий оценивали в смеси концентрированных азотной и соляной кислот ($\text{HCl} : \text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{O} = 2 : 3 : 5$ об. %).

Результаты и обсуждение. На рис. 1 представлены потенциодинамические поляризационные кривые стали У8А с покрытиями, содержащими НЧ ZnO полученными разными методами, построенные в координатах Тафеля, в среде 0.1 М HCl и кривые потери массы в смеси азотной и соляной кислот. Для сравнения на рисунках приведены кривые для чистой стали.

Видно, что потенциал коррозии для состава ПМАК без ZnO увеличивается. Добавка НЧ, полученных разными методами, приводила к его снижению до значений сопоставимых с потенциалом образца без покрытия (рис. 1, а). Из кривых потери массы (рис. 1, б) было отмечено снижение скорости стравливания металла для всех образцов с покрытием. Однако только в случае использования состава с добавкой ZnO–1, отмечалось увеличение антикоррозионных свойств полимерного покрытия.

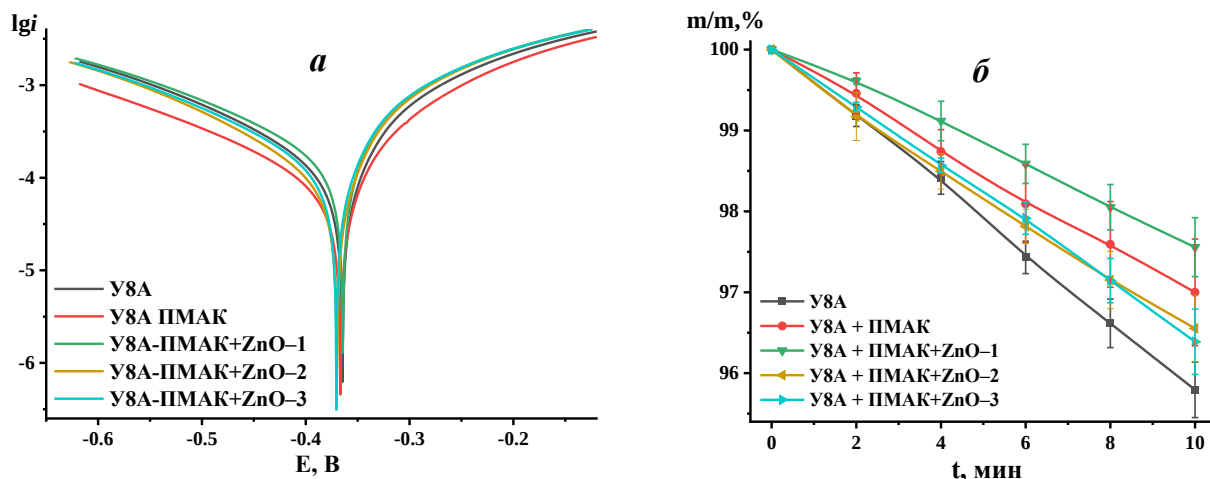


Рис. 1. Коррозионные диаграммы в 0,1 М НСl (а), кривые потери массы в смеси азотной и соляной кислот (б) стали У8А

В табл. 1 представлены рассчитанные из тафелевских кривых значения потенциалов коррозии, токов коррозии, так же показаны значения остаточных масс образцов после гравиметрических испытаний в процентном эквиваленте и эффективности ингибирования, рассчитанные для обоих методов.

Таблица 1

Значения потенциала, тока коррозии и остаточных масс стали У8А

Образец	0.1 М НСl			HNO ₃ -HCl-H ₂ O	
	$E_{\text{корр}}$, мВ	$i_{\text{корр}}$, мкА	η , %	$m(t=10\text{мин})/m_0$, %	η , %
У8А	-326,4	318,5		95,79	
У8А-ПМАК	-296,3	277,0	13,0	96,99	28,6
У8А-ПМАК+ZnO–1	-319,2	309,3	2,9	97,55	41,9
У8А-ПМАК+ZnO–2	-328,	238,8	25,0	96,55	18,0
У8А-ПМАК+ZnO–3	-330,9	158,3	50,3	96,38	14,1

Вероятно, увеличение плотности тока коррозии в случае использования ZnO–1 происходит из-за окислительно-восстановительных процессов ионов цинка. При добавке ZnO–2 и ZnO–3, нитрат цинка в процессе полимеризации активно встраивается в матрицу полимера, что снижает общий вклад в плотность тока коррозии.

Выводы

1. Показано, что в 0,1 М НСl покрытие на основе ПМАК приводит к снижению плотности тока коррозии на 13 %, У8А-ПМАК+ZnO–3 – на 50,3 %.
2. Показано, что в HNO₃-HCl-H₂O покрытие на основе ПМАК приводит к снижению плотности тока коррозии на 28,6 %, У8А-ПМАК+ZnO–1– на 41,9 %.

Работа выполнена при поддержке Госзадания «Наука» номер 075-03-2023-105 на оборудовании ЦКП НОИЦ НМНТ ТПУ.

Список литературы

1. Bairagi H., Vashishth P., Ji G., Shukla S.K., Ebenso E.E., Mangla B. Polymers and their composites for corrosion inhibition application: Development, advancement, and future scope – A critical review // *Corrosion Communications*. – 2024. – Vol. 15. – P. 79–94.
2. Шипигузов И.А., Колесова О.В., Вахрушев В.В., Казанцев А.Л., Пойлов В.З., Лановецкий С.В., Черезова Л.А. Современные ингибиторы коррозии // *Химическая технология и биотехнология*. – 2016. – № 1. – С. 114–129.
3. 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. – Vol. 27. – P. 919–926.
4. Kamburova K., Boshkova N., Boshkov N., Radeva Ts. Composite coatings with polymeric modified ZnO nanoparticles and nanocontainers with inhibitor for corrosion protection of low carbon steel // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. – 2021. – Vol. 609 – 125741.
5. Лямина Г.В., Шевченко И.Н., Данилова Т.В. Разработка ингибитора коррозии на основе суспензий наночастиц оксида цинка для сталей в кислых средах // *Бутлеровские сообщения*. – 2022. – Т. 71, № 7. – С. 20–28.