

РАЗРАБОТКА АНТИКОРРОЗИОННОГО ПОЛИМЕРНОГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ПОЛИАКРИЛАМИДА И НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦИНКА

*Чжун Х., магистрант группы 4БМ32,
Шевченко И.Н., аспирант группы А1-48,
Лямина Г.В., к.х.н., доцент ОМ ИШНПТ
НИ ТПУ, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел. +79234031074
e-mail: ch02@tpu.ru*

Введение. Коррозия стали является серьезной проблемой промышленности. Коррозия значительно снижает прочность, пластичность, вязкость и другие механические свойства стали, сокращает срок службы оборудования и приводит к техногенным авариям [1].

Нанесение защитного полимерного покрытия является одним из эффективных и простых способов защиты стали от коррозии. В качестве наиболее используемых, можно выделить эпоксидные и акриловые покрытия, причем последние не требуют сложного оборудования и высокой квалификации сотрудников при синтезе и формировании защитного слоя на металле [2].

Эффективность таких покрытий снижается в агрессивных средах из-за набухания и отслаивания полимера. Нивелировать данный эффект можно посредством включения в матрицу полимера наночастиц (НЧ) металлов и их соединений [3]. В частности, добавка наночастиц оксида цинка приводит к увеличению барьерных свойств полимерного покрытия и усилению его сцепления с металлом [3–5].

Цель работы – получение антикоррозионного покрытия для стали на основе полиакриламида (ПАА) и НЧ ZnO и оценка его эффективности потенциодинамическим методом.

Экспериментальные методики. Синтез ПАА производили в растворе акриламида (5 масс. %), используя персульфат аммония в качестве инициатора (0,05 масс. %), в УЗ-ванне (ODA-LG40) при температуре 70 °С в течение 30 мин. НЧ получали на установке Nanospray Drying B-90 из суспензий гидроксида цинка.

После синтеза полимера в раствор добавляли НЧ ZnO варьируя массовую концентрацию от 0,05 до 0,5 %. Диспергировали НЧ в растворе полимера в течение 1 мин на вихревой мешалке (Вортекс Daihan VM-10) и 5 мин в УЗ-ванне.

Образцы стали Ст3, используемой в качестве защищаемого металла, шлифовали наждачной бумагой (Р640) и очищали этиловым спиртом. Полимерные покрытия наносили на металл методом погружения и высушивали образцы 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. В качестве электролитов использовали 0,1 М раствор HCl и 3,5 % раствор NaCl. Площадь рабочего электрода (Ст3) составляла 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.

Результаты и обсуждение. На рисунке 1 представлены потенциодинамические поляризационные кривые стали Ст3 с покрытиями, содержащими НЧ ZnO различных концентраций, построенные в координатах Тафеля, в кислой и нейтральной средах. Для сравнения на рисунках приведены коррозионные диаграммы для чистой стали.

В кислой среде потенциал коррозии увеличиваются для всех используемых составов. Увеличение концентрации НЧ ZnO приводит к монотонному смещению коррозионных кривых в сторону больших значений потенциала (рис. 1, а). Это свидетельствует о кумулятивном влиянии концентрации НЧ на барьерные свойства полимерного покрытия в данной среде.

Концентрация НЧ 0,5 масс. % для данного полимерного состава является предельной – при ее увеличении в растворе полимера наблюдается фазовое расслоение.

В нейтральной среде тенденция смещения значений потенциала коррозии в положительную область при увеличении концентрации НЧ сохраняется (рис. 1, б). Однако при нанесении покрытия без частиц наблюдается снижение потенциала коррозии, что может быть связано с набуханием полимерной матрицы.

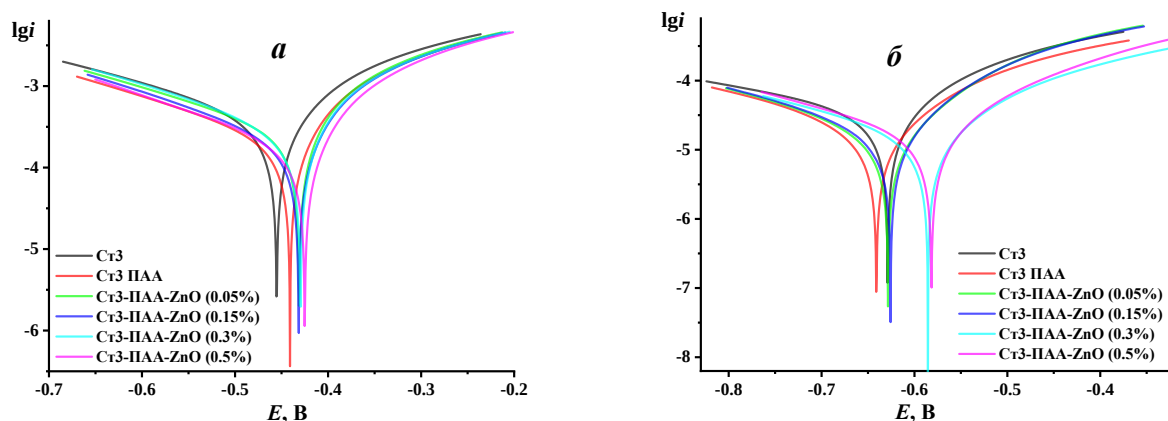


Рис. 1. Коррозионные диаграммы стали Ст3 в 0,1 М НСl (а), в 3,5 % NaCl (б)

В табл.1 представлены рассчитанные из тафелевских кривых значения потенциалов коррозии, токов коррозии и эффективности ингибирования. Видно, что в данном случае четких закономерностей нет, хотя при использовании покрытий ток коррозии для всех составов ниже, чем для металла без покрытия.

Таблица 1

Коррозионные параметры образцов Ст3-ПАА-ZnO в 0,1 М НСl и в 3,5 % NaCl

Образец	0,1 М НСl			3,5 % NaCl		
	$E_{\text{корр}}$, мВ	$I_{\text{корр}}$, мкА	η , %	$E_{\text{корр}}$, мВ	$I_{\text{корр}}$, мкА	η , %
Ст3	-474,7	654,7		-629,0	123,7	
Ст3 ПАА	-448,9	426,5	34,9	-664,5	65,5	47,1
Ст3-ПАА+ZnO (0,05 %)	-437,9	518,4	20,8	-626,6	60,8	50,9
Ст3-ПАА+ZnO (0,15 %)	-436,0	393,7	39,9	-618,4	74,2	40,0
Ст3-ПАА+ZnO (0,3 %)	-432,0	442,2	32,5	-607,3	78,0	37,0
Ст3-ПАА+ZnO (0,5 %)	-430,1	389,5	40,5	-601,9	90,9	26,5

Скорее всего, основной вклад в значения токов дают окислительно-восстановительные процессы ионов цинка. В полимерной матрице цинк может находиться в виде основного оксида цинка, аморфной фазы смешанного состава, например гидроксида и оксида, и ионов цинка, которые могут образовываться как при формировании покрытия, так и в процессе поляризации электрода.

Выводы

1. Синтезированы и протестированы полимерные антикоррозионные покрытия на основе полиакриламида и НЧ ZnO, полученных на установке нанораспылительной сушки.
2. Показано, что в 0,1 М HCl покрытие на основе ПАА приводит к снижению плотности тока коррозии на 34,9 %, ПАА-ZnO ($C = 0,5$ %) – на 40,5 %.
3. Показано, что в 3,5 % NaCl покрытие на основе ПАА приводит к снижению плотности тока коррозии на 47,1 %, ПАА-ZnO ($C = 0,05$ %) – на 50,9 %.

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

Список литературы

1. Potdar S.B., Praveen B.V.S., Sonawane S.H. Sonochemical approach for synthesis of zinc oxide-poly methyl methacrylate hybrid nanoparticles and its application in corrosion inhibition // Ultrasonics Sonochemistry. – 2020. – Vol. 68. – 105200.
2. 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.
3. Zhao S.-R., Yuan X.-Y., Chen Y.-X., Lu Y., Zhang M., Liu J.-K. Enhancing corrosion inhibition performance of ZnO solid solution by doping variable-valence rare-earth element cerium // Industrial & Engineering Chemistry Research. – 2021. – Vol. 61, Is. 1. – P. 421–432.
4. Quadri T.W., Olasunkanmi L.O., Fayemi O.E., Solomon M.M., Ebenso E.E. Zinc oxide nanocomposites of selected polymers: synthesis, characterization, and corrosion inhibition studies on mild steel in HCl solution // ACS Omega. – 2017. – Vol. 2, Is. 11. – P. 8421–8437.
5. Al-Dahiri R.H., Turkustani A.M., Salam M.A. The application of zinc oxide nanoparticles as an eco-friendly inhibitor for steel in acidic solution // International Journal of Electrochemical Science. – 2020. – Vol. 15, Is. 1. – P. 442–457.