

УДК 544.642:544.6.018.4

Студ. Л.С. Грищенко

Науч. рук. доц., канд. хим. наук Н. П. Иванова; аспирант Н.Е. Акулич  
(кафедра химии, технологии электрохимических производств  
и материалов электронной техники, БГТУ)

## **ИНГИБИТОРНАЯ ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ ГОРЯЧЕОЦИНКОВАННОЙ СТАЛИ В НЕЙТРАЛЬНОЙ СРЕДЕ В ПРИСУТСТВИИ ХЛОРИД-ИОНОВ**

В современном мире коррозия металлов и защита их от коррозии являются одной из важнейших научных и экономических проблем. Достаточно дешевым и надежным способом защиты углеродистой и низколегированной стали является нанесение защитных цинковых покрытий, в том числе и методом горячего цинкования. Для горячеоцинкованных изделий при их использовании в замкнутых рабочих средах (водопроводные и канализационные трубы; различные контейнеры, бункеры, емкости), а также при операциях травления и кислотной очистки оборудования актуальной является их ингибиторная защита. Метод ингибирования, как правило, отличается высокой экономичностью, легкостью производственного внедрения без изменения ранее принятого технологического режима и обычно не предусматривает для своей реализации специального дополнительного оборудования [1].

Целью данных исследований является поиск экологически безопасных ингибиторов коррозии горячеоцинкованной стали в нейтральных и слабощелочных хлоридсодержащих средах и исследование эффективности ингибиторной защиты весовым и электрохимическим методами.

Материалом для исследований послужили образцы из горячеоцинкованной стали площадью  $8 \text{ см}^2$ . Для изучения стойкости горячеоцинкованной стали в 3% NaCl в качестве ингибиторов коррозии использовали следующие добавки:  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (0,0006; 0,001; 0,0015; 0,003 М);  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (0,0006; 0,001; 0,0015; 0,003 М);  $\text{NH}_4\text{VO}_3$  (0,00015; 0,0002; 0,001; 0,01 М);  $\text{CH}_4\text{N}_2\text{S}$  (0,0006; 0,001; 0,0015; 0,003 М);  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{NH}_4\text{VO}_3$  (0,00015; 0,0002; 0,001; 0,01 М);  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{CH}_4\text{N}_2\text{S}$  (0,0015 М).

Подготовка поверхности образцов из горячеоцинкованной стали перед проведением коррозионных испытаний заключалась в обезжиривании в тетрахлорметане или ацетоне и в удалении продуктов коррозии в растворе  $100 \text{ г/дм}^3 \text{ NH}_4\text{Cl}$  при температуре  $60\text{--}70^\circ\text{C}$  в течение 2–3 минут [2].

Для определения весового показателя коррозии использовали весовой метод, испытания проводили в нейтральной среде 3 % раствора NaCl и в присутствии ингибитора при температуре  $21 \pm 1^\circ\text{C}$ . Образцы оцинкованной стали, предварительно взвешенные на аналитических весах, погружали в химические стаканы с приготовленным раствором на 48 часов. После испытаний образцы промывали в дистиллированной воде и снимали продукты коррозии в растворе  $100 \text{ г/дм}^3 \text{ NH}_4\text{Cl}$  в течение 3 мин при температуре  $60\text{--}70^\circ\text{C}$ . Затем образцы снова промывали водой, сушили фильтровальной бумагой и на воздухе в течение 5–10 мин и взвешивали на аналитических весах. Далее по изменению массы образца рассчитывали весовой показатель коррозии  $K_m$ ,  $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ . Эффективность действия ингибиторов оценивали по величине защитного эффекта  $Z$  (%). Для каждого опыта использовали свежий раствор. Число параллельных опытов составляло 2–4.

Снятие катодных и анодных поляризационных кривых на образцах с площадью поверхности  $1 \text{ см}^2$  осуществляли с помощью потенциостата IPC-PRO MF, подключенного к персональному компьютеру с программным обеспечением «IPC2000».

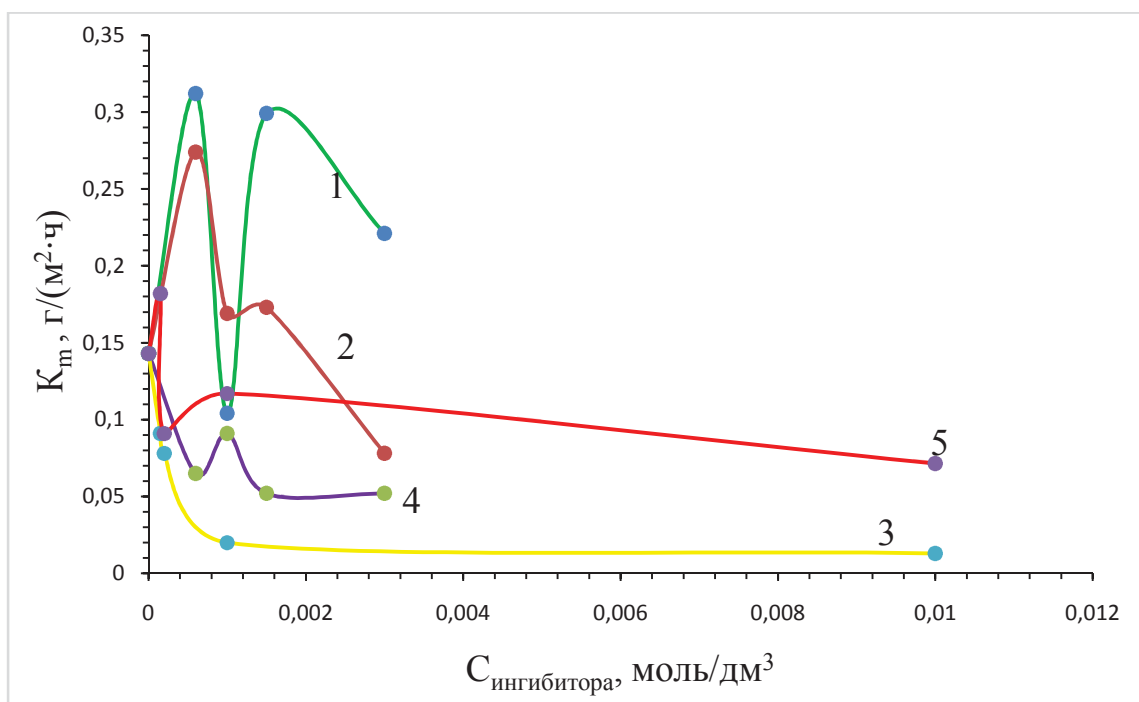
Катодные и анодные поляризационные кривые снимали в стандартной трехэлектродной электрохимической ячейке ЯСЭ-2 с платиновым вспомогательным электродом и хлорсеребряным электродом сравнения. После погружения образца в раствор, выдерживали его в течение 5–7 минут для определения величины бестокового потенциала. Затем снимали катодную поляризационную кривую в потенциодинамическом режиме со скоростью развертки потенциала  $1 \text{ мВ/с}$ . При этом потенциал смещали на  $-200 \pm 50 \text{ мВ}$  от бестокового потенциала в катодную сторону. Далее образец находился в растворе до установления значения бестокового потенциала, после чего снимали анодную кривую со смещением на  $+100 \text{ мВ}$  от бестокового потенциала в анодную сторону.

Все графические зависимости строили и обрабатывали с помощью программного пакета Excel-2013. Ток коррозии и потенциал определяли по пересечению прямолинейных участков Tafel-овских поляризационных кривых, которые при необходимости экстраполировали [3]. Определенные таким образом значения потенциала и тока коррозии усредняли по 2 параллельным опытам.

На рисунке 1 представлена зависимость среднего массового показателя коррозии цинка от концентрации ингибиторов в 3% растворе NaCl. Как видно из рисунка, добавка молибдата аммония в 3% растворе NaCl проявляет ингибирующие свойства при концентрации 0,001

М ( $K_m = 0,104 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ ), добавка молибдата натрия проявляет ингибирующие свойства при концентрации  $0,003 \text{ М}$

( $K_m = 0,078 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ ). Смесь молибдата натрия с метаванадатом аммония проявляет ингибирующие свойства во всем интервале исследованных концентраций  $0,00015\text{--}0,001 \text{ М}$ . Тиомочевина проявляет ингибирующие свойства во всем интервале исследованных концентраций  $0,0006\text{--}0,003 \text{ М}$ . Метаванадат аммония работает как ингибирующая добавка в интервале концентраций от  $0,0002\text{--}0,01 \text{ М}$ .



**Рисунок 1 – Зависимость среднего массового показателя коррозии от концентрации ингибиторов в 3% растворе NaCl:**  
 1 –  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ; 2 –  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ;  
 3 –  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{NH}_4\text{VO}_3$ ; 4 –  $\text{CH}_4\text{N}_2\text{S}$ ; 5 –  $\text{NH}_4\text{VO}_3$

В таблице 1 представлены экспериментальные данные по коррозионной стойкости горячеоцинкованной стали и оценка эффективности ингибиторной защиты.

Защитный эффект смеси ингибиторов  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{NH}_4\text{VO}_3$  при концентрациях  $0,00015\text{--}0,01 \text{ моль}/\text{дм}^3$  в 3% растворе NaCl находится в пределах  $36,36\text{--}90,91\%$ , что соответствует уменьшению скорости коррозии цинка в  $1,57\text{--}11$  раз.

При введении тиомочевины в 3% раствор NaCl в количестве  $0,0006\text{--}0,003 \text{ моль}/\text{дм}^3$  обеспечивается защитный эффект в интервале  $36,36\text{--}63,64 \%$ , что соответствует уменьшению скорости коррозии цинка в  $1,57\text{--}2,75$  раза.

**Таблица 1 – Коррозионная стойкость горячеоцинкованной стали в растворе 3% NaCl в присутствии исследуемых добавок**

Коррозионная среда	Концентрация, моль/дм <sup>3</sup>	Средний массовый показатель коррозии $K_{m(ср)}$ , г/(м <sup>2</sup> ·ч)	Средний ток коррозии, $i_{корр}$ , мкА/см <sup>2</sup>	Z, %	$\gamma$
3% NaCl	-	0,143	0,278	-	-
3% NaCl (NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> ·4H <sub>2</sub> O	0,0006	0,312	-	-	0,46
	0,001	0,104		27,27	1,38
	0,0015	0,299		-	0,48
	0,003	0,221		-	0,65
3% NaCl Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	0,0006	0,274	-	-	0,52
	0,001	0,169		-	0,85
	0,0015	0,173		-	0,83
	0,003	0,078		45,46	1,83
3% NaCl CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> S	0,0006	0,065	0,166	54,55	2,2
	0,001	0,091	0,0843	36,36	1,57
	0,0015	0,052	0,405	63,64	2,75
	0,003	0,052	0,196	63,64	2,75
3% NaCl NH <sub>4</sub> VO <sub>3</sub>	0,00015	0,182	0,532	-	0,79
	0,0002	0,091	0,932	36,36	1,57
	0,001	0,117	0,288	18,18	1,22
	0,01	0,072	0,073	50	2
3% NaCl Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> S	0,0015	0,182	-	27,27	0,79
3% NaCl Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O NH <sub>4</sub> VO <sub>3</sub>	0,00015	0,091	0,699	36,36	1,57
	0,0002	0,078	0,615	45,45	1,83
	0,001	0,020	0,413	86,01	7,15
	0,01	0,013	0,545	90,91	11

## ЛИТЕРАТУРА

1. Wang P., Dong X., Schaefer W. // Corros. Sci. 2010. Vol.52. P.943–949.
2. Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы, сплавы, покрытия металлические. Методы удаления продуктов коррозии после коррозионных испытаний: ГОСТ 9.907-2007. – Введ. 19.07.2007. - Москва: Фед. Агенство по техническому регулированию и метрологии, 2007. – 19 с.
3. Семенова, И.В., Хорошилов А.В., Флорианович Г.М. Коррозия и защита от коррозии / Под редакцией И.В. Семеновой. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 376 с.