

Я.А. Афанасенко, магистрант;
М.А. Осипенко, асп.; И.И. Курило, доц., канд. хим. наук;
Г.П. Дудчик, доц., канд. хим. наук (БГТУ, г. Минск)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ АНТИКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ МАРКИ СТАЛЬ 3 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНГИБИТОРОВ – ОРТОФОСФАТА НАТРИЯ И ТРИЭТАНОЛАМИНА

Несмотря на достаточно большое количество исследований в области, охватывающей совокупность научных и прикладных вопросов антикоррозионной защиты стали, проблемы защиты стальных поверхностей по-прежнему остаются весьма актуальными. Коррозия как разрушение – это один из примеров проявления второго начала термодинамики, согласно которому из всех возможных путей развития любой материальной объект выбирает тот путь, который ведет к максимальной неупорядоченности системы, то есть к ее деградации. Природа не оставляет нам надежды на окончательную победу в борьбе с увеличением энтропии и, следовательно, в борьбе с коррозией. Однако понимание основных принципов этого явления, механизма действия ингибиторов коррозии дает нам, по крайней мере, указания на то, как контролировать коррозию, уменьшать ее скорость. Таким образом, изучение процессов коррозии и антикоррозионной защиты всегда было и будет оставаться актуальной задачей.

В данном сообщении представлены некоторые результаты исследования процессов ингибиторной защиты стали марки Сталь 3, наиболее широко применяемой в Республике Беларусь для промышленного изготовления емкостей для хранения и транспортировки карбамидно-аммиачных смесей (КАС). КАС являются жидкими азотсодержащими водно-растворимыми удобрениями, что определяет выбор способов антикоррозионной ингибиторной защиты стальных емкостей – целесообразно использовать ингибиторы коррозии, также растворимые в воде. Кроме того, при выборе ингибиторов необходимым требованием является необходимость их экологической безопасности.

Подготовка образцов углеродистой стали и рабочих растворов КАС включала все требуемые операции согласно ГОСТ 9.402–2004. Состав КАС по компонентам составлял (в %): аммонийная селитра – 40,1; карбамид – 30,0; вода – 29,9. Ингибиторы коррозии вводились в рабочие растворы КАС перед проведением коррозионных испытаний. Ниже показаны результаты исследований антикоррозионной защиты двумя ингибиторами – 30 %-ным раствором ортофосфата натрия и

30 %-ным раствором триэтаноламина.

Исследования проводили на потенциостате/гальваностате Autolab PGNST 302N через 24 часа после погружения образца в исследуемый раствор в стандартной трехэлектродной ячейке с хлорсеребряным электродом сравнения. Поляризационные кривые снимались в диапазоне потенциалов от -300 мВ до $+300$ мВ относительно стационарного потенциала, скорость развертки потенциала составляла 5 мВ/с.

Для исследования механизмов электродных реакций, протекающих при электрохимической коррозии, снимались анодные и катодные поляризационные кривые, которые обрабатывались в полулогарифмических координатах. По значениям тангенсов углов наклона линейных участков определялись угловые коэффициенты уравнения Тафеля. Электрохимическая импедансная спектроскопия (ЭИС) позволила получить количественное и качественное описание всех факторов, обуславливающих кинетику данного электрохимического процесса, не повреждая и не изменяя характеристик поверхности образца.

Скорость коррозии определяли весовым методом после экспозиции образцов в коррозионных средах при температуре $25 \pm 1^\circ\text{C}$ в термостате ТС-80М-2. Взвешивание образцов производили периодически на аналитических весах OhausRV214 с точностью до $0,0001$ г. Для изучения микроструктуры поверхности до и после исследований коррозионной стойкости углеродистой стали в среде КАС без и с добавлением ингибиторов коррозии делали микрофотографии на оптическом микроскопе AFFRI – MVDM8 при увеличениях $\times 400$. Обработка исходных данных и статистическая обработка полученных результатов, построение графиков проводилось в рабочей среде программного обеспечения Microsoft Office Excel 2016 и OriginPro 9.1.

Потенциодинамические поляризационные кривые образцов углеродистой стали в растворе КАС, а также другие экспериментальные данные, в частности, микрофотографии поверхностей образцов, полученные в отсутствие ингибиторов, показали негативное воздействие рабочих растворов КАС на поверхность стальных образцов. После выдерживания в растворе КАС на поверхности образцов наблюдалось наличие большого количества пораженных участков в виде темных пятен, количество которых существенно возрастало при увеличении времени коррозионных испытаний. Средние значения весового и глубинного показателей коррозии при времени контакта углеродистой стали с раствором КАС в течение 120 ч составило соответственно $0,0203$ г/($\text{м}^2 \cdot \text{ч}$) и $0,0225$ мм/год.

При исследовании коррозионной стойкости углеродистой стали в растворе КАС в присутствии ингибитора – ортофосфата натрия установлено, что введение в раствор КАС ингибитора приводит к снижению плотности тока коррозии стали до $i_{корр} = 1,08 \cdot 10^{-6} \text{ А/см}^2$, при этом потенциал коррозии $E_{корр}$ смещается в электроположительную область и составляет 0,045 В. Защитный эффект ортофосфата натрия в этом растворе составляет 99,25 %.

На рисунке 1 представлены поляризационные кривые углеродистой стали в растворе КАС, содержащем в качестве ингибитора коррозии ортофосфат натрия.

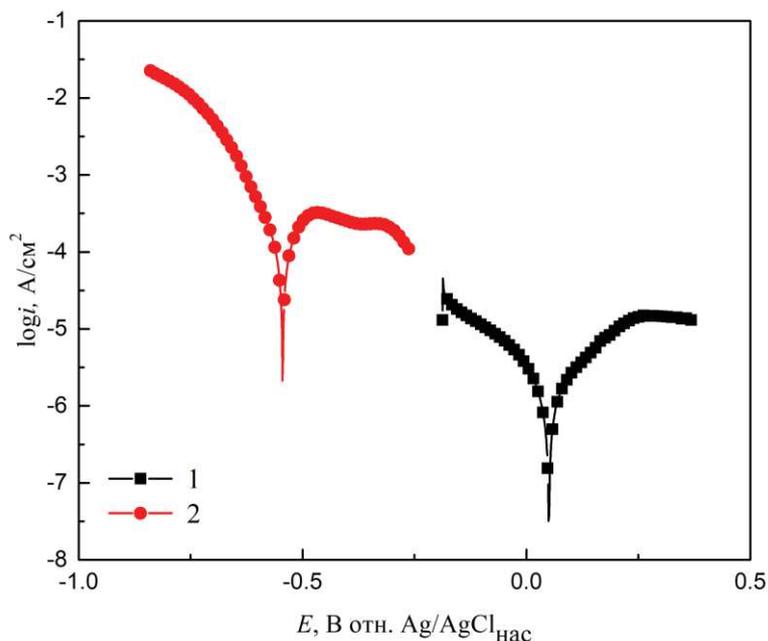


Рисунок 1 – Потенциодинамические поляризационные кривые образцов углеродистой стали в растворах КАС, содержащих ортофосфат натрия. 1 – в присутствии ингибитора; 2 – в отсутствии ингибитора

Данные, полученные для этих образцов с применением всех вышеупомянутых экспериментальных методов, позволили сделать следующие выводы: при времени экспозиции образца углеродистой стали в течение 120 ч средние значения весового и глубинного показателей коррозии составляют соответственно 0,0150 г/(м²·ч) и 0,017 мм/год. Среднее значение показателя защитного эффекта ингибитора составило 47 %, что соответствует уменьшению скорости коррозии стали в 2,52 раза. Балл коррозионной стойкости стали при этом равен 4. Это означает, что сталь в присутствии ингибитора – ортофосфата натрия можно отнести к группе стойких.

Микрофотографии поверхности образцов стали после коррозионных испытаний в течение 4, 24 и 72 часов показали, что даже после 72 часов экспозиции образцов в растворах КАС структура поверхно-

сти образцов практически не изменяется, и существенных дефектов, вызванных коррозионными поражениями, на ней не обнаружено.

Поляризационные кривые углеродистой стали в исследуемой среде в присутствии ингибитора коррозии триэтаноламина представлены на рисунке 2.

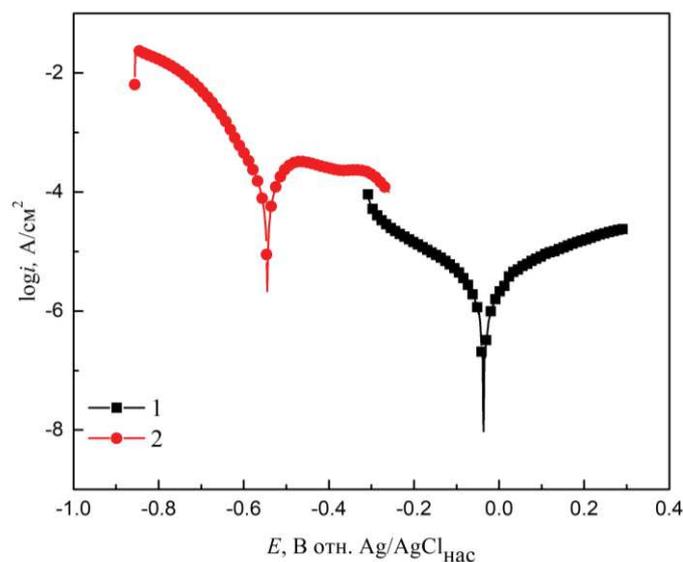


Рисунок 2 – Потенциодинамические поляризационные кривые образцов углеродистой стали в растворах КАС, содержащих триэтаноламин. 1 – в присутствии ингибитора; 2 – в отсутствии ингибитора

Установлено, что введение в систему триэтаноламина приводит к снижению плотности тока коррозии до $i_{корр} = 1,21 \cdot 10^{-6} A/cm^2$, потенциал коррозии $E_{корр}$ смещается в электроположительную область и составляет -0,027 В. Защитный эффект составляет 99,15 %. Средний весовой показатель коррозии при увеличении времени контакта с коррозионной средой от 4 до 120 ч снижается от 0,0406 до 0,0021 г/(м²·ч).

Согласно поляризационным исследованиям углеродистой стали в растворах КАС, ортофосфат натрия и триэтаноламин характеризуются высоким защитным эффектом (более 99 %). Высокие защитные свойства этих типов ингибиторов можно объяснить тем, что в результате взаимодействия фосфат-ионов и триэтаноламина с продуктами коррозии на поверхности стали образуются малорастворимые и комплексные соединения, которые со временем уплотняются, изолируя поверхность от воздействия КАС и существенно повышая коррозионную устойчивость углеродистой стали.