

УДК 620.197.3

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ БЕНЗИМИДАЗОЛА НА КОРРОЗИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ СТАЛИ В СОЛЯНОЙ КИСЛОТЕ

А. А.-Б. И. Аль-Маишхадан, В. И. Мишууров

Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Некоторые производные бензимидазола рассмотрены как ингибиторы коррозии низкоуглеродистой стали в соляной кислоте. Ингибирующее действие добавок, исследованных гравиметрическим методом, показало, что все они демонстрируют слабые защитные эффекты. Потенциодинамическим поляризационным методом определено влияние добавок на частные реакции коррозионного процесса. Одни добавки являются ингибиторами чисто катодного типа, другие — анодного.

Ключевые слова: коррозия, низкоуглеродистая сталь, ингибитор, производные бензимидазола.

INFLUENCE OF SOME BENZIMIDAZOLE DERIVATIVES ON THE CORROSION BEHAVIOR OF STEEL IN HYDROCHLORIC ACID

A. A.-B. I. Al-Mashhadan, V. I. Mishurov

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

Several benzimidazole derivatives were studied as inhibitors of corrosion of low-carbon steel in hydrochloric acid. The gravimetric method was used to determine the inhibiting effect of additives. All these additives show low protective effects. The potentiodynamic polarization method was used to determine the influence exerted by the additives on partial reactions of the corrosion process. Some additives are purely cathodic type inhibitors, others are anodic.

Keywords: corrosion, low-carbon steel, inhibitor, benzimidazole derivatives.

Введение. В нефтегазодобывающей промышленности значимой проблемой остается коррозия оборудования. Она провоцирует неисправности, которые приводят к финансовым потерям и загрязнению окружающей среды. Наиболее простым и дешевым методом защиты от коррозии является применение ингибиторов [1]. Важнейшая задача в области противокоррозионной защиты — поиск новых эффективных, экономичных и экологических ингибирующих веществ.

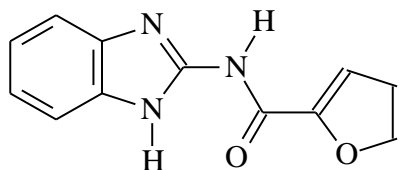
В современной практике ингибиторной защиты в качестве добавок используются в основном сложные многокомпонентные составы комплексного действия [2]. Чистые вещества также могут обладать значительными защитными свойствами [3], однако их применяют реже. Тем не менее такие реактивы могут входить в состав промышленных композиций и создавать синергетический эффект с другими компонентами. Подбор синергетиков представляет известную сложность, в первую очередь из-за невозможности теоретически предсказать результат, но обнаружение новых высокоэффективных ингибирующих веществ является важной задачей. Широко известная группа ингибиторов — азосоединения, а именно производные бензимидазола [4].

В представленной работе приведены результаты исследования процесса кислотной коррозии стали в присутствии некоторых производных бензимидазола.

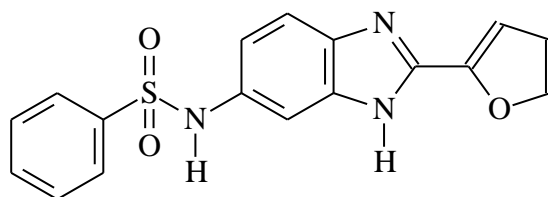
Основная часть

Методика эксперимента. Объектами исследования являются низкоуглеродистая сталь (Ст-3) и указанные ниже разветвленные производные бензимидазола.

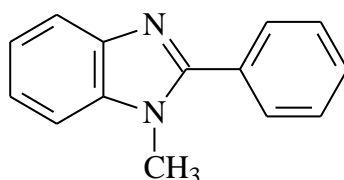
Вещество 1: 2-(2'-фуран)-бензимидазол (C₁₂H₉N₃O₂)



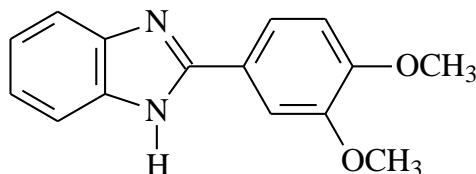
Вещество 2: 2-(2'-фуран)-7-бензолсульфонамид-бензимидазол (C₁₇H₁₃N₃O₃S)



Вещество 3: 1-метил-2-фенил-бензимидазол (C₁₄H₁₂N₂)



Вещество 4: 2-(4'-1',2'-диметоксибензол)-бензимидазол (C₁₅H₁₄N₂O₂)



Методика приготовления рабочих растворов, проведения гравиметрических и электрохимических коррозионных испытаний подробно описана в работе [5]. Концентрация добавок составляла от 0,05 до 0,5 ммоль/л. Потенциалы для электрохимических испытаний приведены относительно хлор-серебряного электрода.

Результаты и обсуждение. Эффективность рассматриваемых добавок в качестве ингибиторов кислотной коррозии оценивалась в ходе гравиметрических испытаний, результаты которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Эффективность ингибиторных добавок при нормальной температуре

С, ммоль/л	1 —		2 — C ₂₀ H ₁₇ N ₃ O		3 —		4 — C ₁₄ H ₁₄ N ₄	
	γ	Z, %	γ	Z, %	γ	Z, %	γ	Z, %
0,5	1,22	18,03	11,87	91,58	2,09	52,15	1,31	23,66
0,25	1,43	30,07	4,03	75,19	1,41	29,08	1,70	41,18
0,1	1,23	18,7	1,44	30,56	1,29	22,48	1,84	45,65
0,05	1,26	20,63	1,20	16,67	1,25	20,00	2,14	53,27

Влияние предложенных веществ на скорость коррозии весьма разнообразно и существенным образом зависит от их концентрации и строения молекулы. Наибольшую адсорбционную активность во всех указанных случаях демонстрируют замещенные атомы азота, но расположение их относительно прочих структурных элементов различно.

Вещество 1 структурно располагается в одной плоскости, однако атомы азота находятся в самом ее центре. Это затрудняет эффективное приближение молекулы к поверхности металла и, вероятно, объясняет малое влияние роста концентрации на защитные свойства. Подход к поверхности металла вещества 3 затруднен по тем же причинам, однако наличие двух плоскостей расположения бензольных фрагментов несколько увеличивает эффективность добавки.

Вещества 2 и 4 растворяются труднее в сравнении с другими двумя добавками, тем не менее проявляют заметные и в отдельных случаях весьма высокие степени защиты. Вещество 2 структурно наиболее развито, однако с ростом концентрации удачное расположение адсорбционных центров делает добавку весьма эффективной за счет лучшего перекрывания поверхности металла. Структура вещества 4 несколько проще, однако наличие оксиметильных заместителей затрудняет подход атома азота к поверхности металла во всех доступных плоскостях. Это, вероятно, является причиной более эффективной работы малых концентраций компонента, так как при более высоких ее значениях должны наблюдаться заметные стерические ограничения и эффекты экранирования молекул друг другом.

Снижение скорости коррозии стали в кислой среде при добавлении ингибиторов в основном связано с эффектом блокировки поверхности, изменением эффективной энергии активации процесса и строения двойного электрического слоя. Зависимость коэффициентов торможения от концентрации линеаризуется в координатах $lg\gamma - lgC$ лишь в некоторых случаях. В соответствии с указанным критерием оценки значительным блокирующим эффектом обладают вещества 2 и 4.

Рост температуры экспозиции образцов оказывает различное влияние на эффективность ингибиторной защиты. Добавки 1–3 при повышенных температурах малоэффективны, что, по всей видимости, связано со структурными особенностями. Расположение атомов азота в центрах молекул осложняет концентрацию вещества у поверхности. Концентрация, вероятнее всего, протекает по физическим механизмам, однако при температурах более 60 °С облегчается адсорбция по химическим механизмам, что приводит к росту или к стабилизации величины степени защиты. Большая линейность зависимостей $lg\gamma - lgC$ с ростом температуры в целом сохраняется только при добавлении вещества 4, что указывает на достаточно эффективную адсорбцию ее молекул и сохранение блокировочных механизмов действия.

Для установления действия добавок на частные электродные реакции были сняты поляризационные кривые (рис. 1).

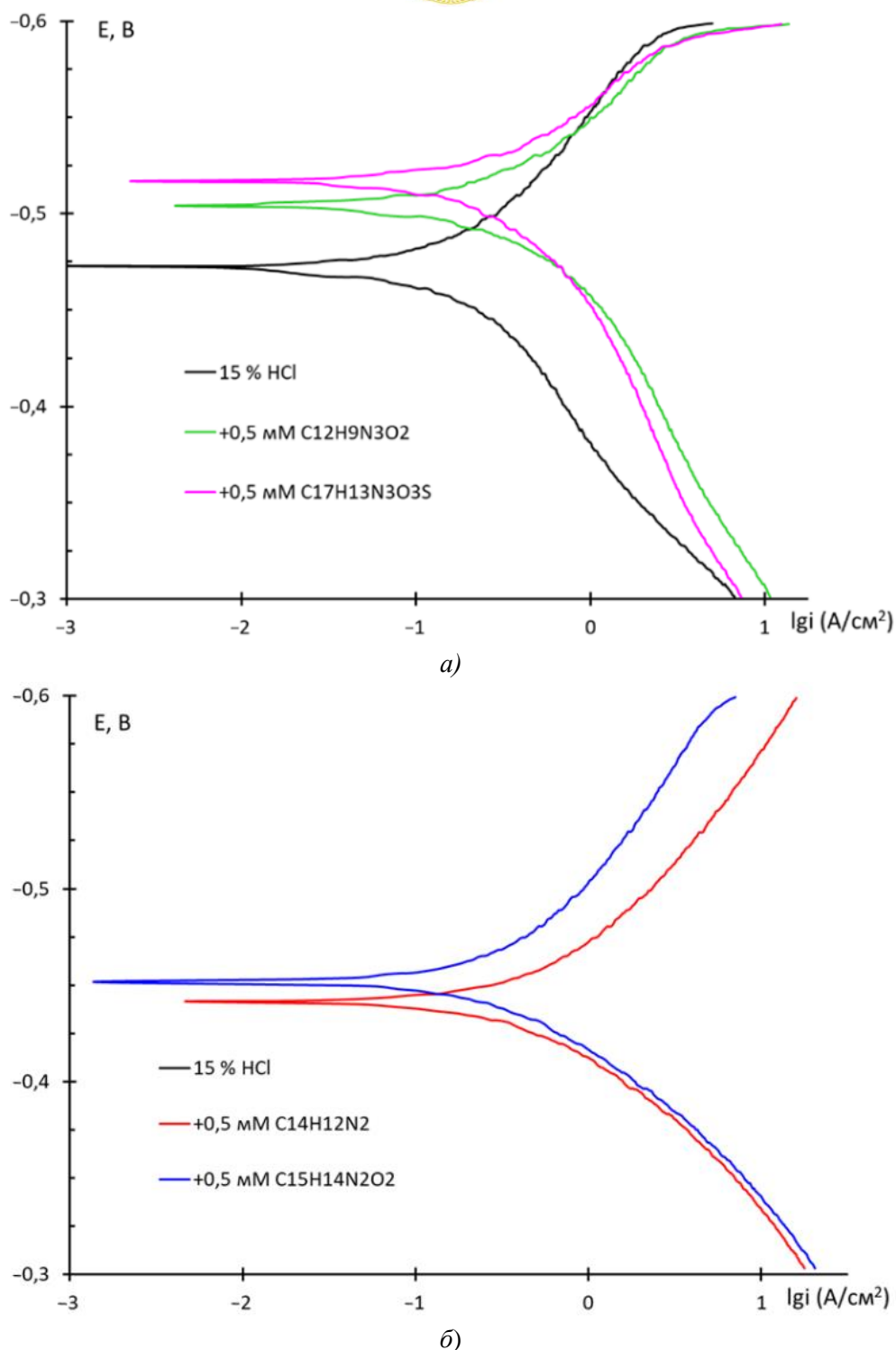


Рис. 1. Поляризационные кривые без и в присутствии добавок: веществ 1 и 2 (а); 3 и 4 (б)

Добавки 1 и 2 оказывают существенное влияние на вид катодных поляризационных кривых, снижая скорость процесса при заданных потенциалах, заметно смещая потенциал коррозии в область больших отрицательных потенциалов. С ростом анодной поляризации тормозящее влияние сменяется стимулирующим. Добавки 3 и 4 действуют строго наоборот — они оказывают ингибирующее действие в анодной области потенциалов, смещая потенциал коррозии в том же направлении.

Заключение. Защитные свойства всех добавок возрастают с увеличением температуры. 2-изоциан (2`-фуран)-бензимидазол и 2-(2`-фуран)-7-бензолсульфонамид-бензимидазол являются

катодными ингибиторами; 1-метил-2-фенил-бензимидазол и 2(4'-1',2'-диметоксибензол)-бензимидазол — анодными. Низкая эффективность добавок как ингибиторов, по всей видимости, определяется стерическим фактором.

Библиографический список

1. Кузнецов, Ю. И. Физико-химические аспекты ингибирования коррозии металлов в водных растворах / Ю. И. Кузнецов // Успехи химии. — 2004. — Т. 73, № 1. — С. 79–93.
2. Ингибиторы коррозии (обзор) / Л. С. Козлова, С. В. Сибилева, Д. В. Чесноков, А. Е. Кутырев // Авиационные материалы и технологии. — 2015. — № 2. — С. 67–75.
3. Finšgar, M. Application of corrosion inhibitors for steels in acidic media for the oil and gas industry: A review / M. Finšgar, J. Jackson // Corrosion Science. — 2014. — № 86. — P. 17–41.
4. Кузнецов, Ю. И. Физико-химические аспекты защиты металлов ингибиторами коррозии класса азолов / Ю. И. Кузнецов, Л. П. Казанский // Успехи химии. — 2008. — Т. 77, № 3. — С. 227–241.
5. Мишуров, В. И. Продукты конверсии биомассы как ингибиторы коррозии стали / В. И. Мишуров, К. Р. Фоменко, К. Р. Раджабов // Журнал прикладной химии. — 2019. — Т. 92, вып. 5. — С. 585–589.

Об авторах:

Мишуров Владимир Игоревич, доцент кафедры «Химические технологии нефтегазового комплекса» Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат химических наук, vimishurov@gmail.com

Аль-Машхадан Ахмед Абдал-Басит Исмаил, магистрант кафедры «Химические технологии нефтегазового комплекса» Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), goodbe10@yahoo.com

Authors:

Mishurov, Vladimir I., associate professor of the Department of Chemical Technologies of Oil and Gas Complex, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344000, RF), Cand.Sci., vimishurov@gmail.com

Al-Mashhadan Ahmed Abdal-Basit Ismail, master's degree student of the Department of Chemical Technologies of Oil and Gas Complex, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344000, RF), goodbe10@yahoo.com