

УДК 620.197.3

Защита от коррозии черных и цветных металлов антиржавейной присадкой В-15/41 в хлоридных растворах

М.О. Агафонкина и Н.П. Андреева

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук, 119071, г. Москва, Ленинский проспект, д. 31, корп. 4, Россия

E-mail: agafonkina@inbox.ru

Аннотация

Изучены пассивирующие и защитные свойства антиржавейной присадки В-15/41 и её композиции с 2-меркаптобензотиазолом (2-МБТ) на низкоуглеродистой стали Ст3 и медном сплаве МНЖ5-1 в водном хлоридном и боратном буферном растворе. Индивидуально В-15/41 способен самопроизвольно пассивировать изученные металлы и облагораживать потенциал локальной депассивации в боратном буферном растворе с добавкой 0,01 моль/л NaCl. Наиболее высокими пассивирующими свойствами обладает композиция В-15/41+2-МБТ (9:1), у которой при 8,0 ммоль/л защитный эффект на Ст3 составляет 0,22 В, а на МНЖ5-1 при 4,0 ммоль/л защитный эффект 0,38 В. В 0,01 моль/л водном растворе NaCl при $C_{ин} = 7,0$ ммоль/л композиции В-15/41+2-МБТ (9:1) пластины МНЖ5-1 и Ст3 полностью защищены от коррозионного разрушения.

Ключевые слова: *медный сплав МНЖ5-1, низкоуглеродистая сталь, пассивация, защитный эффект, степень защиты, алкенилянтарная кислота, хлоридный раствор.*

Поступила в редакцию 07.02.2026 г.; После доработки 09.02.2026 г.; Принята к публикации 16.02.2026 г.

doi: [10.61852/2949-3412-2026-4-1-79-90](https://doi.org/10.61852/2949-3412-2026-4-1-79-90)

Введение

В настоящее время для замедления коррозионных процессов металлов наиболее эффективны для применения химические соединения – ингибиторы коррозии (ИК), доступные с экономической и практической сторон. К таким ИК относится антиржавейная присадка В-15/41: она внешне представляет собой прозрачную малоподвижную массу с цветом от светло-желтого до коричневого. Основу вещества

составляет кислый эфир этиленгликоля и алкенилянтарной кислоты. В промышленности В-15/41 используется для устранения процесса ржавления металлических поверхностей, работающих при постоянном контакте с водой или в условиях повышенной влажности. Эта присадка основным своим составляющим компонентом относится к классу дикарбоновых кислот. Вещества этого класса подробно изучались для защиты низкоуглеродистой стали и других металлов и сплавов [1–14].

А. Мерсер в своей работе [2] доказал, что дикарбоксилаты эффективнее монокарбоксилатов. Позже немецкие исследователи [3], изучая влияние моно- и дикарбоксилатов на процесс пассивации мягкой стали в 0,01 моль/л растворе нитрата калия при рН 7,5 заметили, что её самопроизвольная пассивация происходит через разное время. Адсорбционная способность дикарбоксилатов улучшается использованием их в смеси с монокарбоксилатами. Было отмечено, что процесс адсорбции очень длителен во времени и не ограничивается одним часом экспозиции. Для образования плотноупакованного адслоя требуется несколько часов, при этом толщина слоя постоянна на протяжении всего времени погружения. Смесь себацината/каприната натрия обеспечивает наилучшую защиту электрода среди других карбоксилатов, объясняемую взаимным влиянием анионов солей.

Так, в растворе себацината натрия или его смеси с каприном, пассивное состояние устанавливается через 10–15 мин после погружения в него электрода. В растворе азелаината натрия или его смеси с пеларгонатом, самопроизвольная пассивация мягкой стали достигается не ранее, чем 25 мин. По результатам измерений спектроскопии электрохимического импеданса, сопротивление адсорбционного слоя R_{ad} для дикарбоксилатов ниже, чем для монокарбоксилатов. Это связано с более низкой адсорбционной способностью дикарбоксилатов.

Алифатические монокарбоксилаты ($C_nH_{2n+1}COO^-$) с прямой и короткой цепью ($n \leq 5$) являются слабыми ИК мягкой стали в 3%-ном растворе хлорида натрия [8]. Однако при $n = 6$ (гексаноат) эффективность ИК резко возрастает и остается высокой до $n = 10$ (ундеканоат). При переходе к $n = 11$ (додеканоат, лаурат) эффективность ИК снижается вплоть до $n = 17$. Все монокарбоновые кислоты слабые и при рН 8,4 они находятся в своей анионной форме (>99,9%). Поскольку значения их pK_a незначительно меняются с длиной цепи, то усиление ингибирования в случае при $6 \leq n \leq 10$ не связаны со структурными изменениями. Наиболее вероятным объяснением, в данном случае, является усиление поверхностной адсорбции на поверхности гидратированного оксида/гидроксида металла из-за увеличения гидрофобности анионов монокарбоксилатов с увеличением длины цепи. А резкое снижение эффективности ИК при $n = 11$ вызвано снижением растворимости и увеличением мицеллообразования карбоксилат-ионов в испытываемых растворах.

Дикарбоксилаты на мягкой стали в 3%-ном растворе NaCl показывают плавное увеличение эффективности ингибирования до $n = 12$, а затем происходит снижение

ингибирующей способности. Здесь аналогично результатам работ [2, 10, 12–14] выявлена зависимость защитных свойств ИК от длины его цепи.

К. Арамаки [4] предположил, что α,ω -дикарбоксилаты с углеродными атомами в алкиле $n=7 \sim 8$, адсорбируются на поверхности оксида железа за счет двух атомов кислорода карбоксигрупп, образуя тем самым петлю. Такое их положение является невыгодным для образования плотноупакованного слоя. Тогда как монокарбоксилаты с их длинным алкилом могут создавать его, располагая при адсорбции свои алкилы почти перпендикулярно к поверхности. В результате, такой адсорбцией выступает барьером для агрессивных компонентов среды. Сравнивая результаты измерения СЭИ, можно прийти к выводу, что чем выше значение R_{ad} , тем плотнее упаковка адсорбционного слоя.

В работе [5] изучались ингибирующие свойства дикарбоксилатов и их смесей с 1,2,3-бензотриазолом (БТА) на мягкой стали в 0,02 моль/л NaCl водном растворе. Показано, что нетоксичные дикарбоксилаты с $n < 4$ самопроизвольно пассивируют мягкую сталь в хлоридном растворе. Эти ИК эффективно подавляют анодную реакцию, но практически не изменяют катодную реакцию. Эффективность дикарбоксилатов с $n > 4$ возрастает, если использовать их совместно с БТА, например, высокой степени ингибирования коррозии стали можно наблюдать для смеси себацината с БТА.

Пембертон и др. [11] в своей работе сообщили о синергетическом эффекте между себацинатом динатрия и БТА в качестве ИК мягкой стали в нейтральных растворах. Эта смесь успешно используется и в настоящее время в охлаждающих жидкостях двигателей.

В настоящей работе изучали пассивирующие и защитные свойства динатриевой соли дикарбоновой кислоты, содержащейся в продукте, известном под торговой маркой В-15/41 на медном сплаве МНЖ5-1 и низкоуглеродистой стали Ст3 в нейтральном хлоридном растворе. В процессе коррозионных исследований была изучена не только сама антиржавейная присадка, но и её композиция с 2-меркаптобензотиазолом (2-МБТ), добавка которого составляла 10% от общей концентрации смеси по молям.

Материалы и методы

В исследованиях использовали коммерческие соединения – присадка антиржавейная В-15/41 [15] и 2-МБТ. Работа проводилась на электродах из медного сплава МНЖ5-1 [16] и низкоуглеродистой стали Ст3 [17].

Хотя точный состав антиржавейной присадки В-15/41 неизвестен, но найдено его кислотное число, которое составляет 190 мг/г КОН. Значения рН рабочих водных растворов В-15/41 находятся в пределах 6,6–7,2. При коррозионных испытаниях в 0,01 моль/л водных растворах хлорида натрия рН при максимальных концентрациях В-15/41 и её композиции не превышал 8,45.

Электрохимические исследования заключались в записи анодных поляризационных кривых (АПК) на металлах в боратном буферном растворе pH 7,4 (ббр) с 0,01 моль/л NaCl и определенных концентраций ИК. АПК получали в электрохимической ячейке с разделенными электродными пространствами на потенциостате *IPC-PRO MF* (РФ). Рабочий электрод предварительно зачищали на наждачных бумагах разной зернистости 400–1000 и обезжиривали ацетоном.

После удаления воздушнообразованной плёнки на металлах (выдержкой электрода 15 мин в ббр+0,01 моль/л NaCl при $E=-0,65$ В – низкоуглеродистая сталь и $E=-0,60$ В – медный сплав) потенциостат отключали до установления потенциала свободной коррозии $E_{кор}$. После установления новой величины $E_{кор}$, формирующегося при адсорбции на электроде вводимых в ббр органических молекул ИК, снова подключали потенциостат и снимали АПК со скоростью развёртки потенциала 0,2 мВ/с. Потенциал локальной депассивации металла – $E_{пт}$ определяли по резкому росту тока на АПК с последующей визуальной идентификацией питтинга на поверхности электрода. Погрешность в измерении $E_{пт}$ составляет 0,01 В.

Способность ИК препятствовать локальной депассивации определяли как разность между $E_{пт}^{инн}$ в растворе с ИК и в исходном ббр – $E_{пт}^{фон}$, содержащем только 0,01 моль/л NaCl:

$$\Delta E = E_{пт}^{инн} - E_{пт}^{фон} \quad (1)$$

Коррозионные исследования пластин проводили в дистиллированной воде, содержащей 0,01 моль/л NaCl и разные $C_{инн}$. Пластины металла размерами 50×30×3 мм перед опытом зачищали на абразивной бумаге различной зернистости (от 180 до 1000), обезжиривали ацетоном и взвешивали. Погрешность при взвешивании составляла 0,0005 г. Затем образцы помещали в водный раствор хлорида натрия с добавками присадки или ее композиции различной $C_{инн}$ при комнатной температуре $22 \pm 2^\circ\text{C}$ и естественной аэрации раствора. По истечении 7 суток пластины извлекали, очищали от продуктов коррозии и снова взвешивали. По разнице масс пластины до и после испытаний рассчитывали скорости коррозии в фоновом (K_0) и ингибированном растворе ($K_{инн}$) и определяли степень защиты металла Z по формуле (2):

$$Z = \frac{K_0 - K_{инн}}{K_0} \cdot 100\% \quad (2)$$

Для проведения коррозионных испытаний металлов была приготовлена смесь В-15/41+2-МБТ (9 : 1) с концентрацией 0,016 моль/л.

Результаты и их обсуждение

Поляризационные измерения на цинке

Поляризационные измерения цинка в ббр, содержащем 0,01 моль/л NaCl, подробно описаны в работе [18]. Так, при $C_{\text{ин}} = 1,0$ и 2,0 ммоль/л В-15/41 наблюдается пик активного растворения цинка с плотностью тока, сопоставимой с фоновой поляризационной кривой. Но увеличение добавки до $C_{\text{ин}} = 6,0$ ммоль/л приводило к самопроизвольной пассивации цинка и сдвигу $E_{\text{пт}}$ на 0,04 В. При $C_{\text{ин}} = 8,0$ ммоль/л В-15/41 наблюдался защитный эффект $\Delta E = 0,14$ В.

Если к В-15/41 добавить 2-МБТ в соотношении (9 : 1), то уже самая низкая из изучаемых $C_{\text{ин}} = 1,0$ ммоль/л самопроизвольно пассивировала цинковый электрод. А дальнейшее возрастание $C_{\text{ин}}$ до 2,0 и 6,0 ммоль/л глубже облагораживало отрицательный потенциал цинка и при $E_{\text{пт}} = -0,48$ В происходил пробой защитного слоя.

Поляризационные измерения на низкоуглеродистой стали Ст3

Поляризационные измерения Ст3 в ббр, содержащем 0,01 моль/л NaCl, приведены на Рисунке 1. В этом случае, при $C_{\text{ин}} = 0,5$ ммоль/л происходит возрастание плотности тока активного растворения i_a до 110 мкА/см² и его снижение вдвое при $C_{\text{ин}} = 1,0$ ммоль/л. Дальнейшее возрастание $C_{\text{ин}}$ в растворе приводит к пассивации Ст3 и облагораживанию $E_{\text{пт}}$. При $C_{\text{ин}} = 4,0$ ммоль/л значение $E_{\text{пт}}$ сдвигается на 0,06 В, а при $C_{\text{ин}} = 8,0$ ммоль/л на 0,22 В.

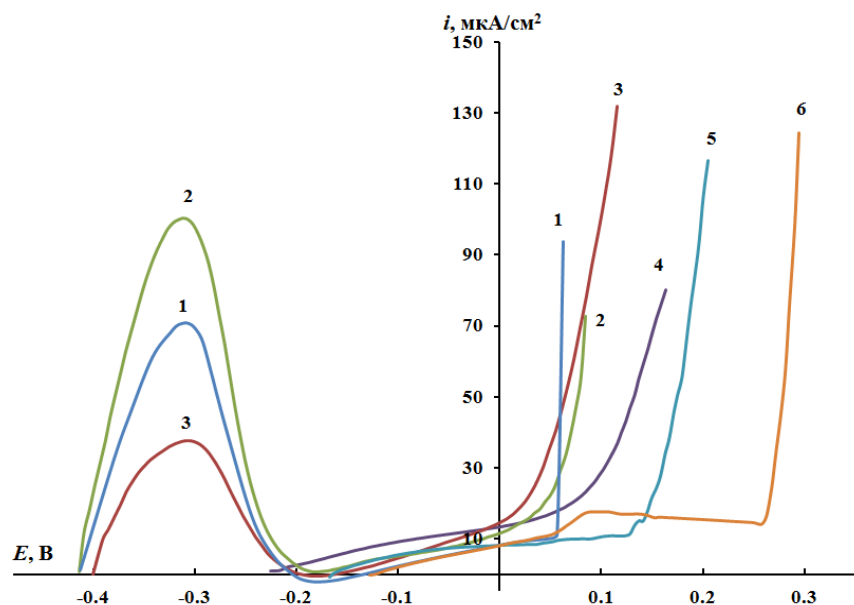


Рисунок 1. АПК Ст3 в ббр + 0,01 моль/л NaCl с добавкой В-15/41 в ммоль/л: 1 – 0,0; 2 – 0,5; 3 – 1,0; 4 – 2,0; 5 – 4,0; 6 – 8,0.

Разработанная композиция В-15/41 + 2-МБТ (9 : 1) была подробно изучена и на Ст3 (Рисунок 2). При $C_{\text{ин}} = 0,25$ ммоль/л происходит незначительное возрастание токов активного растворения Ст3 на 16 мкА/см^2 и облагораживание $E_{\text{пт}}$ на $0,04 \text{ В}$. Уже увеличение $C_{\text{ин}}$ до $0,50$ ммоль/л переводит стальной электрод в пассивное состояние. Высокий защитный эффект $\Delta E = 0,25 \text{ В}$ и $0,27 \text{ В}$ с продолжительной пассивной областью наблюдается в случае $C_{\text{ин}} = 3,0$ и $6,0$ ммоль/л, соответственно.

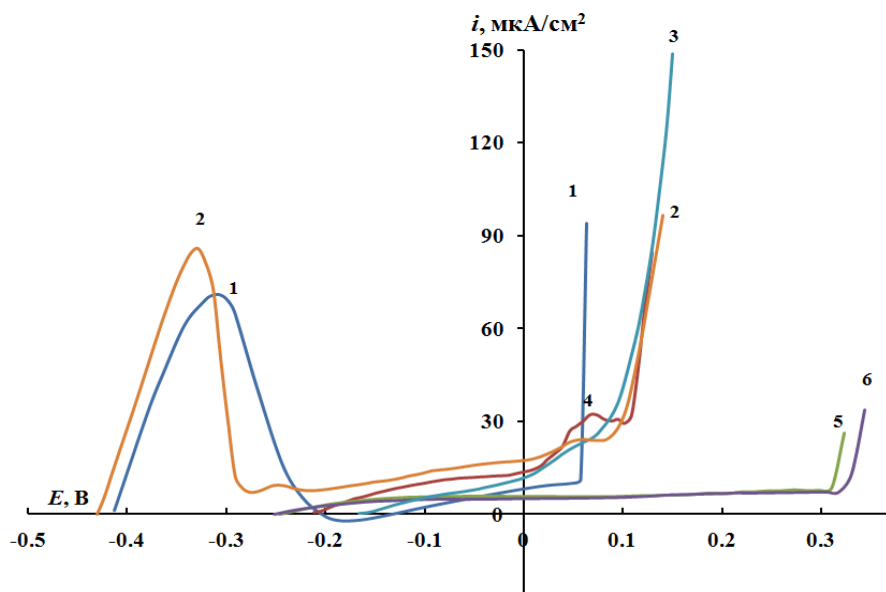


Рисунок 2. АПК Ст3 в ббр+0,01 моль/л NaCl с добавкой В-15/41 + 2-МБТ (9 : 1) в ммоль/л: 1 – 0,0; 2 – 0,25; 3 – 0,5; 4 – 1,0; 5 – 3,0; 6 – 6,0.

Поляризационные измерения на медном сплаве МНЖ5-1

Фоновая поляризационная кривая сплава МНЖ5-1 в ббр+0,01 моль/л NaCl имеет пик активного растворения с плотностью тока 22 мкА/см^2 в области потенциалов $+0,15 \dots +0,18 \text{ В}$ (Рисунок 3). Но добавление В-15/41 при $C_{\text{ин}} = 0,01$ ммоль/л снижает плотность тока первого пика в 3 раза. Уже введение $C_{\text{ин}} = 0,05$ ммоль/л В-15/41 самопроизвольно пассивирует электрод, а $C_{\text{ин}} = 0,2$ ммоль/л присадка способна не только пассивировать сплав, но и облагораживать его $E_{\text{пт}}$. При $C_{\text{ин}} = 1,0$ ммоль/л происходит постепенное возрастание $E_{\text{пт}}$ вплоть до $0,72 \text{ В}$, а $E_{\text{пт}} = 0,96 \text{ В}$ соответствует $C_{\text{ин}} = 8,0$ ммоль/л В-15/41.

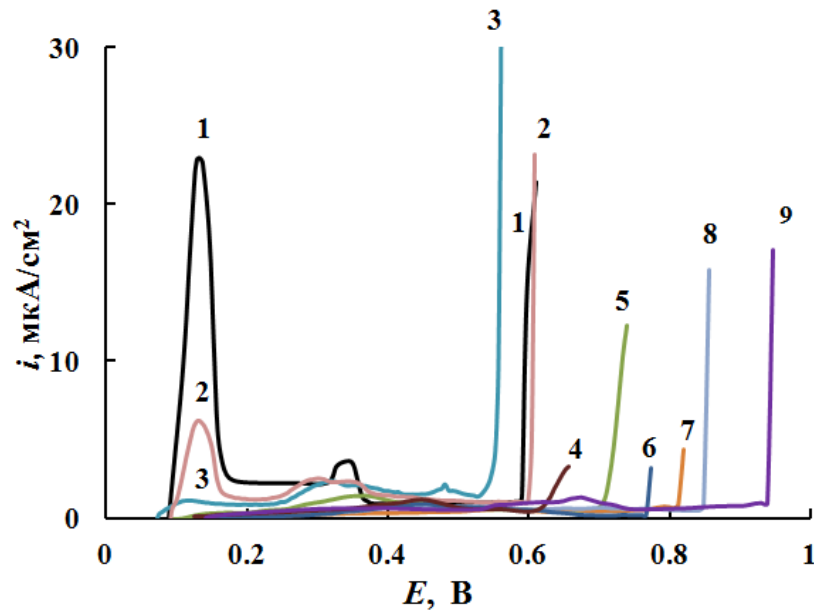


Рисунок 3. АПК МНЖ5-1 в ббр+0,01 моль/л NaCl с добавкой В-15/41 в ммоль/л: 1 – 0,0; 2 – 0,01; 3 – 0,05; 4 – 0,2; 5 – 1,0; 6 – 2,0; 7 – 4,0; 8 – 6,0; 9 – 8,0.

При поляризационных исследованиях композиции В-15/41+2-МБТ (9:1) на медном сплаве достигаются более высокие значения $E_{пт}$ (Рисунок 4).

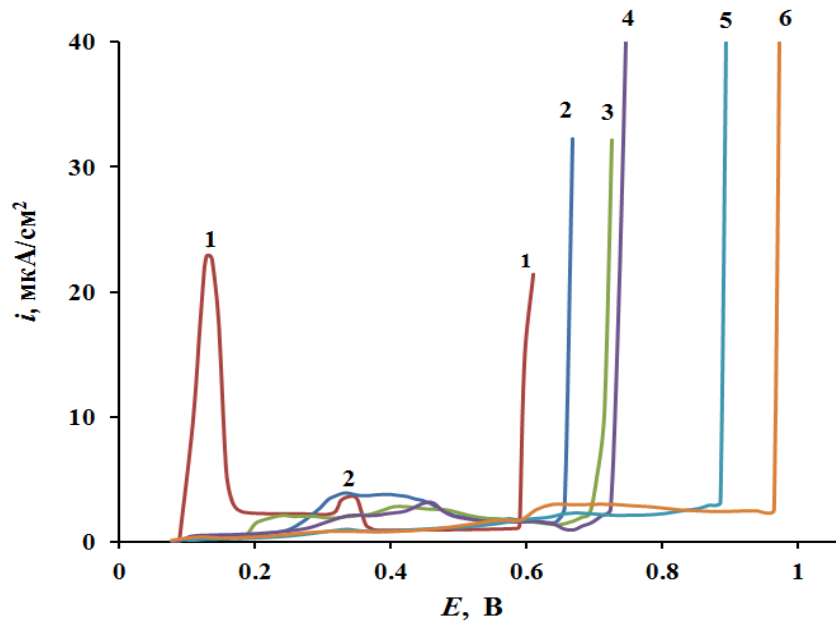


Рисунок 4. АПК МНЖ5-1 в ббр+0,01 моль/л NaCl с добавкой В-15/41 + 2-МБТ (9:1) в ммоль/л: 1 – 0,0; 2 – 0,1; 3 – 0,5; 4 – 1,0; 5 – 3,0; 6 – 4,0.

Самая минимальная концентрация композиции $C_{инн}=0,1$ ммоль/л уже пассивирует сплав с облагораживанием $E_{пт}$ на $0,05$ В, а последующее возрастание содержания композиции усиливает сдвиг $E_{пт}$ в сторону выделения кислорода. При $C_{инн}=4,0$ ммоль/л потенциал локальной депассивации составляет $0,98$ В, в то время как индивидуально при 8 ммоль/л В-15/41 $E_{пт}$ достигал значения $0,96$ В. В этом случае, величина защитного эффекта для 4 ммоль/л В-15/41+2-МБТ (9:1) составляет $0,38$ В, в то время как для В-15/41 при 8 ммоль/л $\Delta E=0,36$ В.

Коррозионные испытания в 0,01 моль/л водном растворе хлорида натрия

Следующим этапом изучения защитного свойства присадки В-15/41 и ее композиции с 2-МБТ на металлах является проведение коррозионных испытаний. Результаты этого этапа исследований приведены на Таблице.

Из результатов таблицы следует, что при использовании самой присадки В-15/41 при $C_{инн}=1,0$ ммоль/л наблюдается степень защиты цинка $Z=44\%$, а при последующем возрастании $C_{инн}$ до 4 ммоль/л В-15/41 степень защиты снижается [18].

Но совместное присутствие В-15/41 с 2-МБТ (9:1) увеличивает степень защиты пропорционально $C_{инн}$ в фоновом растворе (Таблица). При $C_{инн}=1,0$ ммоль/л $Z=91\%$, уже при $C_{инн}=4,0$ ммоль/л цинк полностью защищен от коррозионного разрушения в течение всего времени эксперимента.

Исходя из представленных поляризационных и коррозионных результатов, в работе [18] высказали предположение о взаимном усилении одного компонента другим. Например, при $C_{инн}=1,0$ ммоль/л сама присадка оказывает степень защиты 44% , а введение к ней всего 10% 2-МБТ увеличивает степень защиты более чем в 2 раза.

На низкоуглеродистой стали при минимальной $C_{инн}=1,0$ ммоль/л В-15/41 практически нет защиты Ст3, но при увеличении $C_{инн}$ до 5 ммоль/л степень защиты Z возрастает до 68% . При последующем увеличении $C_{инн}$ до 10 ммоль/л наблюдается полная защита Ст3.

Ингибирующая композиция с 2-МБТ оказывает более высокий защитный эффект: уже для $C_{инн}=1,0$ ммоль/л В-15/41 степень защиты стали возрастает с 4% до 9% для композиции. С возрастанием $C_{инн}$ пропорционально растет и Z стали: при $C_{инн}=3$ ммоль/л степень защиты Ст3 меняется с 67 (для В-15/41) до 75% . Для полной защиты Ст3 необходимо 7 ммоль/л композиции В-15/41 + 2-МБТ (9:1).

Таблица. Результаты 7-дневных коррозионных испытаний металлов в 0,01 моль/л NaCl и степень защиты Z в % В15/41 и его смесью с 2-МБТ.

$C_{ин}$, ммоль/л	Степень защиты, Z , %		
	МНЖ5-1	Ст3	Цинк
		В-15/41	
1,0	61,6	4	44
2,0	66,4	53	28
3,0	68,4	67	19
4,0	71,3	–	–
5,0	84,9	68	–
8,0	100	98	–
10,0		100	–
		В-15/41 + 2-МБТ (9:1)	
1,0	59,6	9	91
2,0	66,1	58	94
3,0	70,3	75	96
6,0	90,7	98	100
7,0	100	100	–

Для МНЖ5-1 при минимальной $C_{ин}=1,0$ ммоль/л В-15/41 степень защиты составляет 61,6% (Таблица), но при увеличении $C_{ин}$ до 5,0 ммоль/л степень защиты Z возрастает до 84,9%. При последующем увеличении $C_{ин}$ до 8,0 ммоль/л наблюдается полная защита медного сплава

Ингибирующая композиция с 2-МБТ не оказывает более высокий защитный эффект при $C_{ин}<2,0$ ммоль/л. Но при $C_{ин}=6,0$ ммоль/л степень защиты МНЖ5-1 возрастает до 90,7%, а для $C_{ин}=7,0$ ммоль/л характерна полная защита сплава.

Выводы

1. Антиржавейная присадка В-15/41 способна самопроизвольно пассивировать стальной электрод и облагораживать потенциал локальной депассивации в ббр с добавкой 0,01 моль/л NaCl. При $C_{ин}=8,0$ ммоль/л В-15/41 на Ст3 защитный эффект составляет 0,22 В. А композиция В-15/41 с 2-МБТ оказывает более высокие защитные и пассивирующие действия на низкоуглеродистой стали, чем сами индивидуальные вещества. В 0,01 моль/л хлоридных растворах при

7 ммоль/л В-15/41 + 2-МБТ (9 : 1) низкоуглеродистая сталь полностью защищена от коррозионного разрушения в течение 7 суток.

2. Антиржавейная присадка В-15/41 при $C_{\text{ин}} = 0,05$ ммоль/л вызывает самопроизвольную пассивацию сплава, а при $C_{\text{ин}} = 1,0$ ммоль/л происходит постепенное возрастание $E_{\text{пт}}$ вплоть до 0,72 В. Композиция В-15/41 с 2-МБТ оказывает более высокие пассивирующие и защитные действия: при $C_{\text{ин}} = 0,1$ ммоль/л наблюдается переход сплава в пассивное состояние, а при 4,0 ммоль/л потенциал $E_{\text{пт}}$ составляет 0,98 В. В 0,01 моль/л растворах хлорида натрия при 7,0 ммоль/л В-15/41 + 2-МБТ (9 : 1) сплав полностью защищен от коррозии в течение 7 суток.

Благодарности

Работа выполнена в рамках Госзадания при финансовой поддержке Минобрнауки России «Развитие физико-химических основ процессов коррозии металлов и сплавов и методов их защиты» (регистрационный номер 125012200581-1)

Список литературы

1. G. Chan-Rosado and M.A. Pech-Canul, Influence of native oxide film age on the passivation of carbon steel in neutral aqueous solutions with a dicarboxylic acid, *Corros. Sci.*, 2019, **153**, 19–31. doi: [10.1016/j.corsci.2019.03.033](https://doi.org/10.1016/j.corsci.2019.03.033)
2. A.D. Mercer, The properties of carboxylates as corrosion inhibitors for steel and other metals in neutral aqueous solutions, *In Proceeding of the 5th Europ. Symp. on Corros. Inhib.*, Ferrara (Italy), 1980, **2**, 563–581.
3. U. Rammelt, S. Köhler and G. Reinhard, Electrochemical characterization of the ability of dicarboxylic acid salts to the corrosion inhibition of mild steel in aqueous solutions, *Corros. Sci.*, 2011, **53**, 3515–3520. doi: [10.1016/j.corsci.2011.06.023](https://doi.org/10.1016/j.corsci.2011.06.023)
4. K. Aramaki and T. Shimura, Self-assembled monolayers of carboxylate ions on passivated iron for preventing passive film breakdown, *Corros. Sci.*, 2004, **46**, 313–328. doi: [10.1016/S0010-938X\(03\)00156-2](https://doi.org/10.1016/S0010-938X(03)00156-2)
5. D. Lahem, M. Poelman, F. Atmani and M.G. Olivier, Synergistic improvement of inhibitive activity of dicarboxylates in preventing mild steel corrosion in neutral aqueous solutions, *Corros. Eng. Sci. Technol.*, 2012, **47**, 463–471. doi: [10.1179/1743278212Y.0000000030](https://doi.org/10.1179/1743278212Y.0000000030)
6. M.O. Agafonkina, Yu.I. Kuznetsov and N.P. Andreeva, Inhibitor Properties of Carboxylates and Their Adsorption on Copper from Aqueous Solutions, *Russ. J. Phys. Chem. A*, 2015, **89**, no. 6, 1070–1076. doi: [10.1179/1743278212Y.0000000030](https://doi.org/10.1179/1743278212Y.0000000030)
7. E. Abelev, D. Starosvetsky and Y. Ein-Eli, Enhanced Copper Surface Protection in Aqueous Solutions Containing Short-Chain Alkanoic Acid Potassium Salts, *Langmuir*, 2007, **23**, 11281–11288. doi: [10.1021/la701434e](https://doi.org/10.1021/la701434e)

8. G.T. Hefter, N.A. North and S.H. Tan, Organic corrosion inhibitors in neutral solutions, Part 1. Inhibition of steel, copper and aluminum by straight chain carboxylates, *Corrosion*, 1997, **53**, 657–667. doi: [10.5006/1.3290298](https://doi.org/10.5006/1.3290298)
9. Ю.И. Кузнецов, И.А. Кузнецов, Н.П. Андреева и М.О. Агафонкина, Защита меди и сплава МНЖ5-1 от коррозии солями янтарной и алкенилянтарных кислот в хлоридном растворе, *Коррозия: защита материалов и методы исследований*, 2023, **4**, 114–130. doi: [10.61852/2949-3412-2023-1-4-114-130](https://doi.org/10.61852/2949-3412-2023-1-4-114-130)
10. B. Lin and Y. Zuo, Corrosion inhibition of carboxylate inhibitors with different alkylene chain lengths on carbon steel in an alkaline solution, *RSC Advances*, 2019, **9**, no. 13, 7065–7077. doi: [10.1039/c8ra10083g](https://doi.org/10.1039/c8ra10083g)
11. R.C. Pemberton, A.D. Mercer and G.N. Thomas, *Proc. 6th European Symposium on Corrosion Inhibitors*, Ferrara, Italy, 1985, **8**, 1241–1254.
12. S. Shiao, V. Chhabra, A. Patist, M. Free, P.D. Huibers, A. Gregory and D. Shah, Chain length compatibility effects in mixed surfactant systems for technological applications, *Adv. Colloid Interface Sci.*, 1998, **74**, no. 1–3, 1–29. doi: [10.1016/s0001-8686\(97\)00005-5](https://doi.org/10.1016/s0001-8686(97)00005-5)
13. I.B. Obot, I.B. Onyeachu, N. Wazzan and A.H. Al-Amri, Theoretical and experimental investigation of two alkyl carboxylates as corrosion inhibitor for steel in acidic medium, *J. Mol. Liq.*, 2019, **279**, 190–207. doi: [10.1016/j.molliq.2019.01.116](https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.01.116)
14. S. Javadian, A. Yousefi and J. Neshati, Synergistic effect of mixed cationic and anionic surfactants on the corrosion inhibitor behavior of mild steel in 3.5% NaCl, *Appl. Surf. Sci.*, 2013, **285**, 674–681. doi: [10.1016/j.apsusc.2013.08.109](https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2013.08.109)
15. ТУ 6-14-866-86–Присадка антиржавейная В-15/41: описание стандарта и тендеры.
16. ГОСТ 17217-2018 Трубы из медно-никелевого сплава марки МНЖ5-1
17. ГОСТ 380-2005 Сталь углеродистая обыкновенного качества
18. М.О. Агафонкина и Н.П. Андреева, Защита цинка в хлоридных растворах антиржавейной присадкой В15/41 и её композицией с 2-меркаптобензотиазолом, *Практика противокоррозионной защиты*, 2025, **30**, № 4, 7–15. doi: [10.31615/j.corros.prot.2025.118.4-1](https://doi.org/10.31615/j.corros.prot.2025.118.4-1)

Corrosion protection of ferrous and non-ferrous metals with the anti-rust additive V-15/41 in chloride solutions

M.O. Agafonkina and N.P. Andreeva

Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry Russian Academy of Sciences, Leninsky prospect, 31-4, 119071 Moscow, Russia

E-mail: agafonkina@inbox.ru

Abstract

The passivation and protective properties of the anti-rust additive V-15/41 and its composition with 2-mercaptobenzothiazole (2-MBT) were studied on metals: St3 low-carbon steel, MNZh5-1 copper alloy in aqueous chloride and borate buffer solutions. Individually, V-15/41 is capable of spontaneously passivating all the metals studied and improving the local depassivation potential in a borate buffer solution supplemented with 0.01 mol/L NaCl. The composition V-15/41+2-MBT (9:1) has the highest passivation properties, for which at 8.0 mmol/L the protective effect on St3 is 0.22 V, and on MNZh5-1 at 4.0 mmol/L the protective effect is 0.38 V. In a 0.01 mol/L NaCl solution at 7.0 mmol/L of the composition V-15/41+2-MBT (9:1) MNZh5-1 and St3 is completely protected from corrosion destruction.

Keywords: *copper alloy MNZh5-1, low-carbon steel, passivation, protective effect, degree of protection, alkenylsuccinic acid, chloride solution.*