

УДК 620.197.3

Адсорбция и защитные свойства тридеканоата натрия на сплаве МНЖ5-1 из водных хлоридных растворов

Ю.А. Кузенков, 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

**E-mail: agafonkina@inbox.ru*

Аннотация

В работе адсорбционными, поляризационными и гравиметрическими методами изучен тридеканоат натрия – NaC_{13} на поверхности медного сплава в нейтральных хлоридных растворах. Эллипсометрические измерения показали высокую адсорбционную способность аниона NaC_{13} на окисленной поверхности сплава при $E=0,0$ В. Расчет полученной изотермы по полному уравнению Темкина дает значение свободной энергии адсорбции 76 кДж/моль. Эта величина свидетельствует о хемосорбции NaC_{13} на металле. Поляризационные измерения показали, что экспозиция МНЖ5-1 в ингибированном растворе в течение 18 час сдвигает потенциал локальной депассивации МНЖ5-1 в положительную сторону сильнее, чем при отсутствии экспозиции. Из результатов коррозионных испытаний в хлоридных растворах видно, что при 6,5 ммоль/л NaC_{13} наблюдается полная защита сплава в 0,01 моль/л водном растворе NaCl , а в 0,001 моль/л растворе NaCl полная защита происходит при 0,95 ммоль/л NaC_{13} . Предварительная экспозиция сплава в ингибированном растворе снижает концентрацию, необходимую для полной защиты сплава: до 4,5 ммоль/л NaC_{13} в 0,01 моль/л водном растворе NaCl и до 0,65 ммоль/л в 0,001 моль/л растворе NaCl .

Ключевые слова: тридеканоат натрия, медный сплав, эллипсометрия, изотерма Темкина, пассивность, степень защиты, экспозиция, защитный эффект.

Поступила в редакцию 26.03.2026 г.; После доработки 27.03.2026 г.; Принята к публикации 27.03.2026 г.

doi: [10.61852/2949-3412-2026-4-2-142-153](https://doi.org/10.61852/2949-3412-2026-4-2-142-153)

Введение

В настоящее время медь и её сплавы являются важными конструкционными материалами, широко применяемыми в теплообменном оборудовании, электротехнических приборах и микроэлектронике. Это во многом обусловлено

физическими свойствами меди – низким электрическим сопротивлением, высокой теплопроводностью и механической прочностью. Медь и медные сплавы обладают высокой коррозионной стойкостью, но во влажной атмосфере или в водных растворах агрессивных солей они начинают тускнеть и корродировать.

Одним из эффективных методов повышения стойкости меди, широко описанных в монографиях, статьях и научных обзорах [1–9], является использование органических ингибиторов коррозии (ИК). Многие ИК образуют тонкие пленки на поверхности меди и ее сплавов, которые могут надежно защитить её от коррозии в нейтральной среде, включая влажную атмосферу.

Одним из наиболее эффективных и популярных классов ИК меди и её сплавов являются азолы, в частности, 1,2,3-бензотриазол (БТА) и его производные [2–8]. В качестве ИК меди также могут выступать карбоновые кислоты и их соли, которые отличаются от азолов большей экологической безопасностью и доступностью. В целом, их высокие гомологи более эффективны [1, 9–13]. Они обладают повышенной гидрофобностью, что способствует их лучшей адсорбции из водных растворов.

В работе [13] показано, что лаурат натрия (NaC_{12}) превосходит тридеcanoат натрия при защите меди в условиях влажной атмосферы. Обработка медной пластины при 60°C в течение 5 минут раствором лаурата и тридеcanoата натрия при $C_{\text{ин}} = 16$ ммоль/л показывает различную эффективность: в случае NaC_{12} первые коррозионные поражения на меди появляются через 65 сут, а при обработке тридеcanoатом натрия через 24 сут. Авторы объясняют эту разницу различной гидрофобностью взятых соединений.

Целью нашей работы является изучение адсорбции натриевой соли тридекановой кислоты $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH} - (\text{NaC}_{13})$ и пассивация ею медного сплава МНЖ5-1 в нейтральном хлоридном растворе. При коррозионных испытаниях изучено влияние добавок NaC_{13} и времени экспозиции на степень защиты медного сплава в хлоридном растворе при концентрациях хлорида натрия 0,01 и 0,001 моль/л.

Материалы и методы

Работа проводилась на электродах из медно-никелевого сплава МНЖ5-1 состава в %: 90,6 – 93,7 Cu; 5,0 – 6,5 Ni + Co; 1,0 – 1,4 Fe; 0,3 – 0,8 Mn; $\leq 0,5$ Zn; $\leq 0,15$ Si; $\leq 0,1$ Sn; $\leq 0,04$ P; $\leq 0,01$ S [14]. В исследованиях использовали коммерческую тридекановую кислоту, которую переводили при реакции нейтрализации в натриевую соль – тридеcanoат натрия (NaC_{13}).

Электрохимические исследования заключались в записи анодных поляризационных кривых (АПК) в боратном буферном растворе (ббр) с 0,01 моль/л NaCl и определенными концентрациями ИК. АПК получали на электродах из МНЖ5-1 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 оксидов металлов выдержкой электрода 15 мин в ббр с рН 7,4 + 0,01 моль/л NaCl при $E = -0,6$ В 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 поляризационной кривой с последующей визуальной идентификацией питтинга на поверхности электрода. Погрешность в измерении $E_{пт}$ составляет 0,01 В. Защитный эффект ИК на металле оценивали по величине возрастания $E_{пт}$, вызванного введением его в фоновый раствор, т.е. $\Delta E = E_{пт}^{ин} - E_{пт}^{фон}$.

Исследования адсорбции на окисленной поверхности электрода проводили на ручном эллипсометре RR2000 в электрохимической ячейке, которая одновременно позволяет поддерживать заданный потенциал электрода E от потенциостата и измерять эллипсометрический угол Δ . Потенциалы E электрода в растворе измеряли относительно хлоридсеребряного электрода сравнения, в статье их величины приведены в пересчете на стандартный водородный электрод. Перед исследованием электрод катодно восстанавливали при $E = -0,6$ В в течение 30 мин, затем скачком переводили в анодную область $E = 0,0$ В. Время окисления электрода 90–120 минут.

При толщине однородной пленки $d \leq 10$ нм справедливы уравнения, которые позволяют перейти от изменений Δ к степени заполнения поверхности Θ [15]:

$$d = \alpha \cdot (\Delta - \Delta_0) \quad (1)$$

где α – коэффициент пропорциональности, Δ_0 – значение угла для исходной поверхности, Δ – значение угла во время эксперимента.

Чтобы получить изотерму адсорбции ИК, в ячейку с ббр добавляли порциями его концентрат. Для каждой $C_{ин}$ угол Δ уменьшается во времени и через 90–120 мин перестает меняться. Таким образом, определяем разницу углов ($-\delta\Delta = \Delta - \Delta_0$) для построения изотермы адсорбции. Значение $C_{ин}$, при которой угол Δ начинает меняться, соответствует началу изотермы. Величина $C_{ин}$, при которой изменение угла Δ прекращается после добавления очередной порции ИК, соответствует формированию первого условного монослоя. Для этой концентрации степень заполнения поверхности $\Theta \rightarrow 1$ [16].

Экспериментальная зависимость изменения угла ($-\delta\Delta$) от $\lg C$ перестраивается в изотерму адсорбции $\Theta = f(\ln C)$ и рассчитывается свободная энергия адсорбции ($-\Delta G_{a,max}^0$).

Адсорбция ИК адекватно описывается полным уравнением Темкина [17]:

$$\Theta = \frac{1}{f} \ln \frac{1 + C \cdot B_{\max}}{1 + C \cdot B_{\min}} \quad (2)$$

где f – фактор неоднородности поверхности, характеризующий изменение энтальпии адсорбции с заполнением поверхности; B_{\max} и B_{\min} – константы адсорбционного равновесия, соответствующие самым высоким и самым низким значениям энергии адсорбции. Величина B связана со свободной энергией адсорбции ($-\Delta G_{a,\max}^0$) соотношением:

$$B_{\max,\min} = \exp[-\Delta G_{a,\max(\min)}^0 / RT] \quad (3)$$

При определении ($-\Delta G_{a,\max}^0$) и ($-\Delta G_{a,\min}^0$), коэффициента f , B_{\max} и B_{\min} использовали методику, описанную ранее в [17].

Коррозионные исследования пластин сплава проводили в дистиллированной воде, содержащей 0,01 и 0,001 моль/л NaCl и разные $C_{\text{ин}}$. Пластины размерами 50×30×3 мм перед опытом зачищали на абразивной бумаге различной зернистости (от 180 до 1000), обезжиривали ацетоном и взвешивали на аналитических весах ($\pm 0,0001$ г). Затем образцы помещали в хлоридные растворы с добавками NaC₁₃ различной $C_{\text{ин}}$ при комнатной температуре $22 \pm 2^\circ\text{C}$ и естественной аэрации раствора. По истечении 7 суток пластины извлекали, очищали от продуктов коррозии, сушили на воздухе при комнатной температуре не менее 12 ч и снова взвешивали. По разнице масс пластины до и после испытаний рассчитывали скорости коррозии в фоновом (K_0) и ингибированном растворе ($K_{\text{ин}}$) и определяли степень защиты металла Z по формуле:

$$Z = \frac{K_0 - K_{\text{ин}}}{K_0} \cdot 100\% \quad (4)$$

Результаты и их обсуждение

Адсорбционные измерения

Процесс формирования адсорбционной защитной пленки ИК на металле из водных растворов изучался нами эллипсометрическим методом. Результаты этих исследований показывают, что адсорбция NaC₁₃ на окисленной поверхности сплава начинается в области очень низких $C_{\text{ин}}$ и уже при $\lg C = -11,17 \dots -11,02$ происходит формирование условного монослоя (зависимость выходит на плато при постоянстве изменения эллипсометрического угла) (Рисунок 1а).

Изотерма адсорбции NaC₁₃ в области средних заполнений формально можно описать полной изотермой Темкина. Определив величину $B_{\max} = 3,85 \cdot 10^{11}$ л/моль,

получили значение свободной энергии адсорбции ($-\Delta G_{a,max}^0$) = 76 кДж/моль, которая превышает ($-\Delta G_{a,max}^0$) для одного из самых известных ИК меди – БТА (Таблица 1) [17]. Такая высокая величина ($-\Delta G_{a,max}^0$) у аниона NaC_{13} достоверно свидетельствует о его хемосорбционном взаимодействии с поверхностью окисленного сплава.

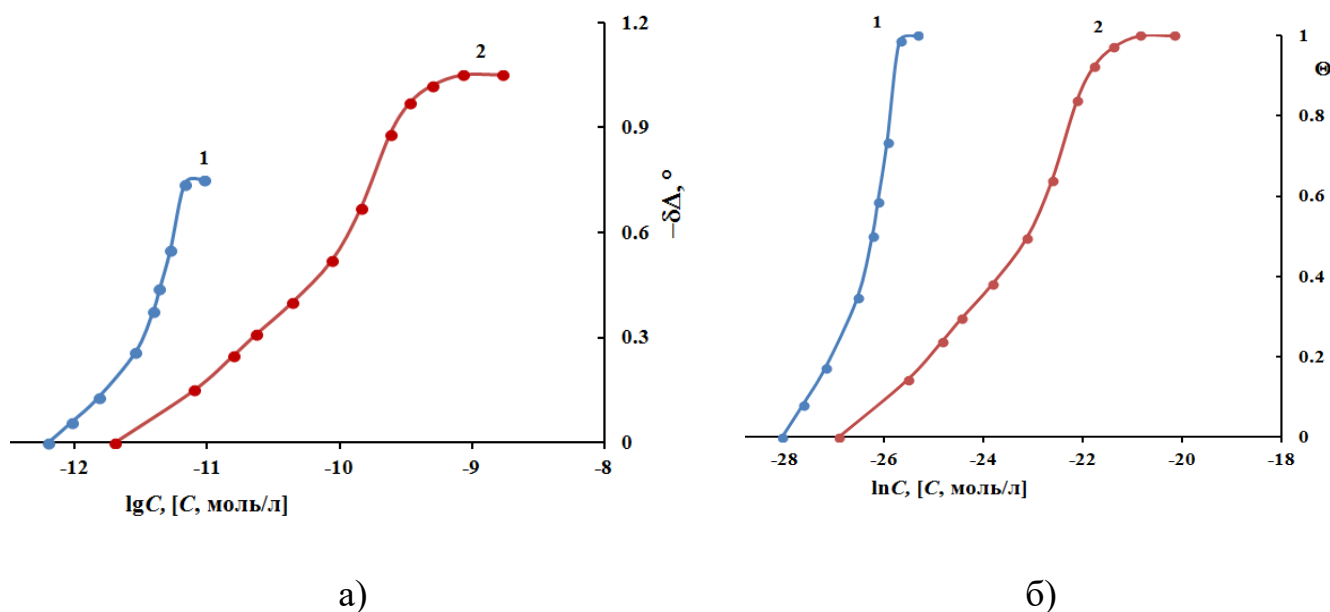


Рисунок 1. Зависимость изменения эллипсометрического угла ($-\delta\Delta$) (а) и степени заполнения Θ (б) от концентрации NaC_{13} (1) и NaC_{12} (2) на поверхности медного сплава при $E = 0,0$ В в ббр.

Таблица 1. Зависимость ($-\Delta G_{a,max}^0$) на окисленной поверхности сплава МНЖ5-1 в ббр с рН 7,4 и логарифма коэффициента распределения $\log D$ от природы ингибитора, толщины монослоев d и длины молекул l .

ИК	NaC_{12}	NaC_{13}	БТА
$(-\Delta G_{a,max}^0)$, кДж/моль *	72,3	76	64
$\log P$	5,03	5,56	1,34
$\log D^{**}$	2,41	2,97	1,30
pK_a	4,78	4,78	8,38
d , нм	0,81	0,54	0,15
l , нм	1,82	1,83	0,60

*Здесь величина $(-\Delta G_{a,\max}^0)$ оценивалась для первого монослоя ингибитора

** $\log D = \log P - \log [1 + 10^{(\text{pH} - \text{pKa})}]$.

Адсорбция NaC_{12} на окисленном сплаве начинается при $\lg C = -11,1$, что на порядок выше, чем для NaC_{13} . Формирование монослоя NaC_{12} происходит в интервале $\lg C = -11,1 \div 8,77$ (Рисунок 1). Эта зависимость описывается также ур. (2) с величинами $V_{\max} = 1,96 \cdot 10^{11}$ л/моль, и $(-\Delta G_{a,\max}^0) = 72,3$ кДж/моль. Проведя сравнение адсорбции NaC_{12} на меди [12] и на сплаве можно отметить лучшую его адсорбцию на поверхности МНЖ5-1. Так, при адсорбции NaC_{12} на самой меди величина $(-\Delta G_{a,\max}^0) = 64$ кДж/моль [13], что на 8 кДж/моль меньше, чем на её сплаве.

Из изменений Δ при адсорбции можно определить толщины образующихся монослоев NaC_{13} и NaC_{12} на поверхности МНЖ5-1. При $E = 0,0$ В на электроде образуется оксидная пленка с показателем преломления $\approx 2,2 \pm 0,2$, коэффициент из уравнения Друде $\alpha = 0,77 \pm 0,1$ нм/град. Сравнивая толщины образующихся условных монослоев d из ур. (1) и длины соответствующих молекул l , рассчитанных через длины связей их составляющих, представленные в Таблице 1, можно предположить, что все изученные ИК адсорбируются с большим наклоном к поверхности, т.е. почти плоско. Молекулы NaC_{12} и NaC_{13} содержат в составе алкил, придающий им гидрофобность и поверхностную активность в воде.

Поляризационные измерения NaC_{13} на медном сплаве

Из анодных поляризационных кривых медного сплава в ббр, содержащем 0,01 моль/л хлорида натрия и разные концентрации NaC_{13} , видно, что при $C_{\text{ин}} = 0,24$ ммоль/л плотность тока активного растворения сплава уменьшается в 2 раза, а самопроизвольная пассивация электрода со сдвигом значения $E_{\text{пт}}$ происходит при большей концентрации $C_{\text{ин}} = 0,68$ ммоль/л в положительном направлении (Рисунок 2). С увеличением концентрации NaC_{13} происходит более глубокое облагораживание значения $E_{\text{пт}}$: при $C_{\text{ин}} = 1,6$ ммоль/л пассивная область расширяется, а $E_{\text{пт}}$ изменяется до 0,63 В, а при $C_{\text{ин}} = 3,8$ ммоль/л $E_{\text{пт}} = 0,77$ В.

Важно отметить тот факт, что пассивирующее и защитное действие NaC_{13} на меди выше, чем на медном сплаве. Так, при $C_{\text{ин}} = 0,07$ ммоль/л плотность тока активного растворения снижается в 3 раза, а при увеличении $C_{\text{ин}}$ до 0,24 ммоль/л наблюдается защитный эффект $\Delta E = 0,2$ В [12]. На медном сплаве максимальный ΔE составляет 0,18 В при гораздо большей концентрации $C_{\text{ин}} = 3,8$ ммоль/л. Вероятно, наличие в составе МНЖ5-1 атомов железа и никеля снижают пассивирующий и защитный эффект NaC_{13} на сплаве.

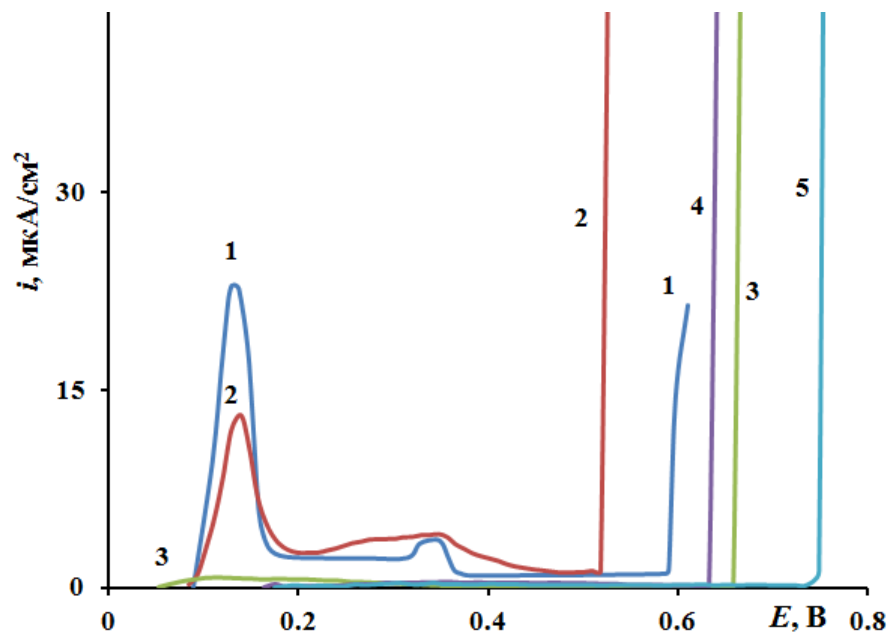


Рисунок 2. АПК медного сплава в ббр pH 7,4 + 0,01 моль/л NaCl (1) и с добавками NaC₁₃: 0,24 ммоль/л (2), 0,68 ммоль/л (3), 1,6 ммоль/л (4) и 3,8 ммоль/л (5).

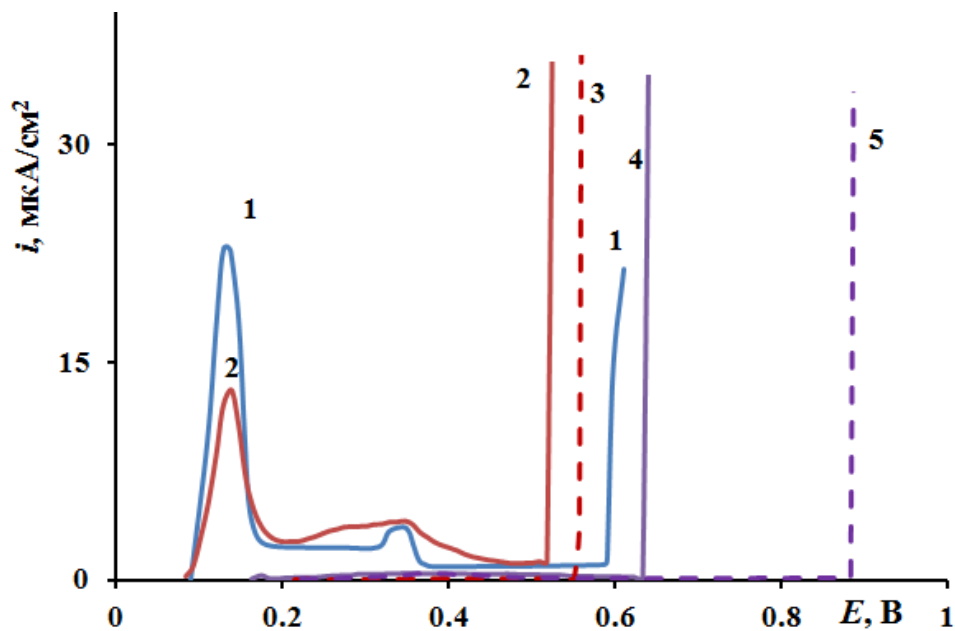


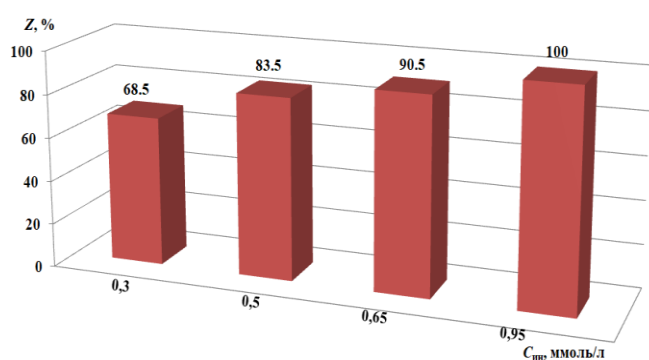
Рисунок 3. АПК медного сплава в ббр pH 7,4 + 0,01 моль/л NaCl (1) и с добавками NaC₁₃ 0,24 ммоль/л (2) и 0,24 ммоль/л с экспозицией 18 час (3), 0,68 ммоль/л (4) и 0,68 ммоль/л с экспозицией 18 час (5)

Однако, защитный эффект на сплаве можно усилить при экспозиции электрода из медного сплава в течение 18 час при определенной концентрации NaC₁₃. Результаты этих поляризационных исследований при выдержке электрода

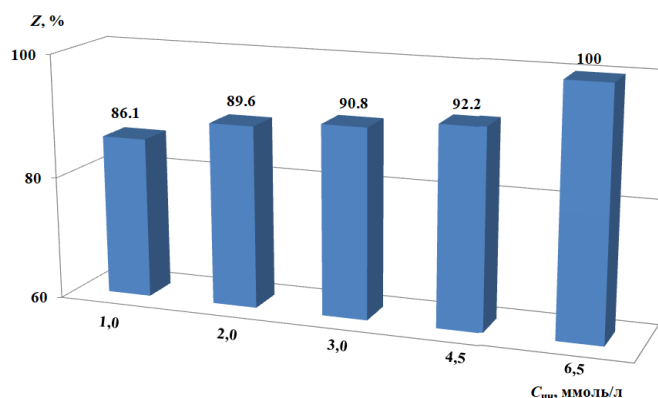
приведены на Рисунке 3. Так, при 15 минутной выдержке 0,24 ммоль/л на АПК есть и пик активного растворения меди, и значение $E_{\text{пт}} = 0,55$ В. Но при 18 часовой выдержке наблюдается самопроизвольная пассивация электрода и облагораживание $E_{\text{пт}}$ на 0,04 В. При увеличении $C_{\text{ин}}$ до 0,68 ммоль/л NaC_{13} происходит более сильное изменение $E_{\text{пт}}$ на 0,24 В положительнее, чем в случае 15 минутной выдержки электрода в ингибированном растворе.

Коррозионные испытания в хлоридных растворах

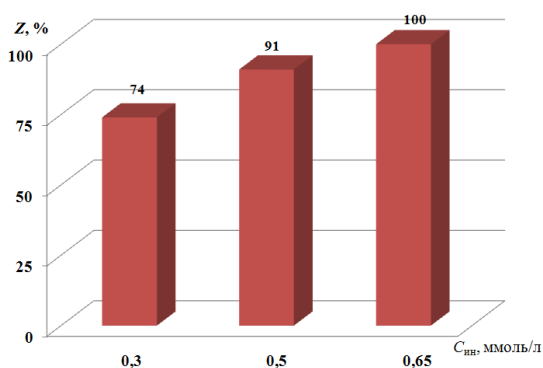
Коррозионные испытания пластин металла проводили в течение 7 суток при комнатной температуре в водных растворах хлорида натрия 0,01 и 0,001 моль/л с добавками NaC_{13} (Рисунок 4).



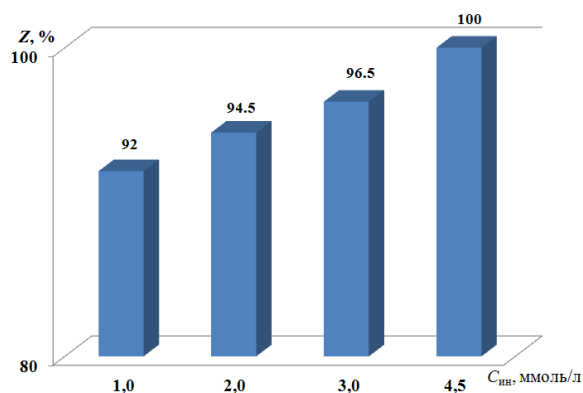
а)



б)



в)



г)

Рисунок 4. Степень защиты – Z, медного сплава добавками NaC_{13} в водном растворе при концентрации хлорида натрия: а – 0,001 моль/л и б – 0,01 моль/л, и при предварительной экспозиции образцов 18 час в ингибированном растворе с указанной $C_{\text{ин}}$: в – 0,001 моль/л, г – 0,01 моль/л.

В 0,01 моль/л растворе NaCl при минимальной концентрации 1,0 ммоль/л на сплаве достигается степень защиты $Z=86,1\%$, а при возрастании до 6,5 ммоль/л наблюдается полная защита металла (Рисунок 4б).

В случае разбавленного раствора хлорида натрия – 0,001 моль/л NaCl степень защиты Z составляет 68,5% при 0,3 ммоль/л NaC_{13} , при 0,65 ммоль/л NaC_{13} становится еще выше: $Z=90,5\%$ (Рисунок 4а). При $C_{\text{ин}}=0,95$ ммоль/л NaC_{13} за 7 суток потери массы не фиксируются, поверхность образцов аналогична виду до постановки на эксперимент, что позволяет по этим признакам судить о полной защите сплава.

Предварительная экспозиция образцов МНЖ5-1 при указанных концентрациях NaC_{13} в воде в течение 18 час с последующим введением хлорида натрия при его $C=0,001$ и 0,01 моль/л приводят к увеличению степени защиты сплава (Рисунок 4 в, г). В 0,001 моль/л хлоридном растворе при $C_{\text{ин}}=0,3$ ммоль/л NaC_{13} степень защиты увеличивается с 68,5 до 74%. Дальнейшее увеличение концентрации NaC_{13} приводит к усилению защиты сплава и уже при $C_{\text{ин}}=0,65$ ммоль/л NaC_{13} достигается полная защита металла в течение 7 суток.

В 0,010 моль/л хлоридном растворе при $C_{\text{ин}}=1,0$ ммоль/л NaC_{13} степень защиты увеличивается с 86,1 до 92%. Дальнейшее увеличение концентрации NaC_{13} приводит к возрастанию степени защиты сплава и уже при $C_{\text{ин}}=4,5$ ммоль/л NaC_{13} достигается полная защита металла в течение 7 суток. В отсутствие экспозиции полная защита сплава достигается при 6,5 ммоль/л, что 1,5 раза выше, чем в случае экспозиции.

Таким образом, из результатов поляризационных и коррозионных исследований можно сделать вывод о важной роли экспозиции металла в ингибированном растворе, которая приводит к усилению защитных и пассивирующих свойств. Во времени происходит адсорбция самого NaC_{13} , отсутствует конкурентная адсорбция между ИК и хлорид-ионом, что позволяет получить защитный слой, который способен в большей степени сопротивляться агрессивному влиянию Cl^- – ионов.

Выводы

1. Эллипсометрические измерения показали высокую адсорбционную способность аниона NaC_{13} на окисленной поверхности медного сплава МНЖ5-1 при $E=0,0$ В. Расчет полученной изотермы по полному уравнению Темкина дает значение свободной энергии адсорбции 76 кДж/моль. Эта величина свидетельствует о хемосорбции аниона NaC_{13} на металле.
2. Поляризационные измерения на МНЖ5-1 в ингибированном растворе с экспозицией в течение 18 час показали, что происходит сдвиг потенциала локальной депассивации МНЖ5-1 в положительную сторону сильнее, чем в отсутствие экспозиции.
3. Коррозионные испытания в хлоридных растворах показали, что при 6,5 ммоль/л NaC_{13} наблюдается полная защита сплава в 0,01 моль/л водном растворе NaCl, а

при 0,95 ммоль/л в 0,001 моль/л растворе NaCl. При экспозиции в ингибированном растворе полная защита медного сплава достигается при меньших концентрациях: при 4,5 ммоль/л NaC₁₃ наблюдается полная защита сплава в 0,01 моль/л водном растворе NaCl, а при 0,65 ммоль/л в 0,001 моль/л растворе NaCl.

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. А.И. Алцыбеева, С.З. Левин, Ингибиторы коррозии металлов (справочник), 1968, Ленинград: Изд-во «Химия», 264 с.
2. Ю.И. Кузнецов и Л.П. Подгорнова, Ингибирование коррозии металлов гетероциклическими хелатореагентами, *Итоги науки и техники. Серия: Коррозия и защита от коррозии*, 1989, М.: ВИНТИ, **15**, 132–184.
3. Yu.I. Kuznetsov, *Organic Inhibitors of Corrosion of Metals*, Plenum Press, New York – London, 1996, 283 pp.
4. M.M. Antonijevic and M.B. Petrovic, Copper Corrosion Inhibitors. A review, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 2008, **3**, 1–28. doi: [10.1016/S1452-3981\(23\)15441-1](https://doi.org/10.1016/S1452-3981(23)15441-1)
5. Yu.I. Kuznetsov and L.P. Kazansky, Physicochemical aspects of metal protection by azoles as corrosion inhibitors, *Russ. Chem. Rev.*, 2008, **77**, 219–232. doi: [10.1070/RC2008V077N03ABEH003753](https://doi.org/10.1070/RC2008V077N03ABEH003753)
6. M. Finšgar and I. Milošev, Inhibition of copper corrosion by 1,2,3-benzotriazole: A review, *Corros. Sci.*, 2010, **52**, 2737–2749.
7. M.B. Petrović Mihajlović and M.M. Antonijević, Copper Corrosion Inhibitors. Period 2008–2014. A Review, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 2015, **10**, no. 2, 1027–1053.
8. Yu.I. Kuznetsov, Triazoles as a class of multifunctional corrosion inhibitors. A review. Part I. 1,2,3-Benzotriazole and its derivatives. Copper, zinc and their alloys. *Int. J. Corros. Scale Inhib.*, 2018, **7**, no. 3, 271–307. doi: [10.17675/2305-6894-2018-7-3-1](https://doi.org/10.17675/2305-6894-2018-7-3-1)
9. Yu.I. Kuznetsov, Organic corrosion inhibitors: Where are we now? A review. Part II. Passivation and the role of chemical structure of carboxylates, *Int. J. Corros. Scale Inhib.*, 2016, **5**, no. 4, 282–318. doi: [10.17675/2305-6894-2016-5-4-1](https://doi.org/10.17675/2305-6894-2016-5-4-1)
10. E. Rocca, G. Bertrand, C. Rapin and J.C. Labrune, Inhibition of copper aqueous corrosion by non-toxic linear sodium heptanoate: mechanism and ECAFМ study, *J. Electroanal. Chem.*, 2001, **503**, no. 1–2, 133–140. doi: [10.1016/S0022-0728\(01\)00384-9](https://doi.org/10.1016/S0022-0728(01)00384-9)

-
11. P. Wang, R. Qiu, D. Zhanga, Z. Lina and B. Hou, Fabricated superhydrophobic film with potentiostatic electrolysis method on copper for corrosion protection, *Electrochim. Acta*, 2010, **56**, 517–522.
 12. Yu.I. Kuznetsov, I.A. Kuznetsov and N.P. Andreeva, Adsorption of sodium tridecanoate on copper from aqueous solutions and copper protection from atmospheric corrosion, *Int. J. Corros. Scale Inhib.*, 2018, **7**, no. 4, 648–656. doi: 10.17675/2305-6894-2018-7-4-11
 13. Ю.И. Кузнецов, И.А. Кузнецов и Н.П. Андреева, Адсорбция тридеcanoата натрия на меди из водных растворов и защита ею от атмосферной коррозии, *Коррозия: материалы, защита*, 2017, №4, 26–32.
 14. ГОСТ 492–2006 Никель, сплавы никелевые и медно–никелевые, обрабатываемые давлением. Марки.
 15. R.M. Azzam and N.M. Bashara, *Ellipsometry and Polarized Light*, North-Holland, Amsterdam, 1977, 529 p.
 16. P. Silva-Bermudez, S.E. Rodil and S. Muhl, Albumin adsorption on oxide thin films studied by spectroscopic ellipsometry, *Appl. Surf. Sci.*, 2011, **258**, 1711–1718. doi: [10.1016/j.apsusc.2011.10.020](https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2011.10.020)
 17. M.O. Agafonkina, N.P. Andreeva, Yu.I. Kuznetsov and S.F. Timashev, Substituted Benzotriazoles as Inhibitors of Copper Corrosion in Borate Buffer Solutions, *Russ. J. of Phys. Chem A*, 2017, **91**, 1414–1421. doi: [10.1134/S0036024417080027](https://doi.org/10.1134/S0036024417080027)
 18. Ю.И. Кузнецов, Н.П. Андреева и М.О. Агафонкина, Адсорбция и защитные свойства 1,2,3-бензотриазола на сплаве МНЖ 5-1 в нейтральных растворах, *Электрохимия*, 2014, **50**, № 10, 1100–1105.

Adsorption and Protective Properties of Sodium Tridecanoate on MNZh5-1 Alloy from Aqueous Chloride Solutions

Yu.A. Kuzenkov, 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

In this study, sodium tridecanoate (NaC_{13}) on the surface of a copper alloy in neutral chloride solutions was studied using adsorption, polarization, and gravimetric methods. Ellipsometric measurements revealed the initial adsorption capacity of the NaC_{13} anion on the oxidized alloy surface at $E=0.0$ V. Calculation of the obtained isotherms using the complete Temkin equation yields an adsorption free energy of 76 kJ/mol. This value indicates chemisorption of the NaC_{13} anion on the metal. Polarization measurements show that exposure of MNZh5-1 to an inhibited solution for 18 hours increases the local depassivation potential of MNZh5-1 positively, more strongly than in the absence of exposure. Corrosion tests in chloride solutions show that complete protection of the alloy in a 0.01 mol/L NaCl aqueous solution is observed at 6.5 mmol/L NaCl, while in a 0.001 mol/L NaCl solution, complete protection occurs at 0.95 mmol/L NaCl. Preliminary exposure of the alloy to an inhibited solution at a surface concentration required for complete protection of the alloy: up to 4.5 mmol/L NaCl in a 0.01 mol/L aqueous NaCl solution and up to 0.65 mmol/L in a 0.001 mol/L NaCl solution.

Keywords: *sodium tridecanoate, copper alloy, ellipsometry, Temkin isotherm, passivity, degree of protection, exposure, protection effect.*