

УДК 620.193

## ЗАЩИТНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И АДсорбция АМИДОВ ВЫСШИХ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ НА СТАЛИ Ст3 ИЗ КОМПОЗИЦИЙ НА БАЗЕ ДЕКАНА И МАСЛА

© Е.Д. Таныгина, Н.Е. Соловьева, В.И. Вигдорович

Tanygina E.D., Solovyeva N.E., Vigdorovich V.I. The protective efficiency and adsorption of higher carboxylic acids amides on St3 steel from Dekane and industrial oil compositions. The protective efficiency of the compositions  $C_{17}H_{33}CONH_2$ ,  $C_{21}H_{41}CONH_2$  and mixture  $C_{10-23}H_{21-47}CONH_2$  in  $n-C_{10}H_{22}$  or industrial oil under the St3 steel corrosion in 0,5 M NaCl solution was studied as a function of the amide nature and concentration of amide in the conditions of a prolonged experiment. The received data are compared with the retardation of anode ionization rate of the metal ( $E_a = const$ ) by the used compositions. The adsorption ability of the amides on the carbonaceous steel surface (impedance measurements) from the hydrocarbon phase film adjacent with the background neutral chloride solution was investigated as a function of the same factors.

### ВВЕДЕНИЕ

Ранее одним из авторов [1] показана высокая защитная эффективность при коррозии углеродистой стали (0,5 М NaCl, термовлагокамера, длительные испытания) амидов ряда высших непредельных и предельных карбоновых кислот в составе композиции со свежим товарным индустриальным маслом И-20А. Изучено [1] загущение использованного растворителя добавками  $C_nH_{2n+1}CONH_2$  и  $C_nH_{2n-1}CONH_2$  как функция природы и концентрации амидов и их влияние на кинетику парциальных электродных реакций углеродистой стали в 0,5 М NaCl. Недостаток подобных исследований в том, что товарные минеральные масла являются многокомпонентными системами, осложненными введением многочисленных функциональных заводских присадок (ингибиторов коррозии, загустителей, модификаторов, пластификаторов, антиокислителей и т. д.), природа и концентрация которых, как правило, не сообщается изготовителем. Между тем, подобные добавки являются ПАВ [2], что не позволяет из-за возможных синергетических и антагонистических эффектов однозначно оценить свойства амидов как функцию природы, концентрации, строения и длины углеводородного радикала. Для устранения подобных осложнений в качестве растворителей были использованы чистые алкановые углеводороды [3, 4]. Такой подход позволил оценить защитную эффективность исследованных амидов, влияние на нее концентрации  $C_nH_{2n+1}CONH_2$  и  $C_nH_{2n-1}CONH_2$  при  $n_c = 10...23$  производных предельных и  $n_c = 17...21$  непредельных одноосновных карбоновых кислот ( $n_c$  – число атомов углерода в углеводородном радикале). Рассмотрены [3, 4] реологические характеристики составов, толщины пленок на их основе, формирующихся на углеродистой стали (Ст3), и влияние на кинетику парциальных электродных реакций (Ст3, 0,5 М NaCl) как функция тех же факторов.

В настоящем сообщении сопоставлены защитная эффективность и адсорбционная способность амидов из защитных пленок композиций (Ст3, 0,5 М NaCl) и

рассчитаны эффективные степени заполнения ( $\Theta$ ) ими поверхности стали. Особенность проводимых исследований в следующем. Обычно изучается адсорбция ПАВ на металлах из растворов электролитов, по существу, характеризующая распределение третьего вещества между двумя несмешивающимися фазами – металлом (адсорбция) и объемом раствора (абсорбция). В рассматриваемом случае роль жидкой фазы выполняет нанесенная на поверхность металла масляная пленка, в которой амид находится не в мономерном молекулярном состоянии, а представлен мицеллярной структурой [1]. Адсорбция происходит, очевидно, из поверхностного слоя пленки фиксированной начальной толщины, примыкающей к поверхности металла. В качестве частиц адсорбата могут выступать молекулы амидов или их агрегаты (мицеллы). Однако, и в том, и другом случае при обеднении поверхностного (со стороны металла) слоя пленки возникает разность концентраций между ее дном, (примыкающим к металлу) и потолком (примыкающим к раствору), ведущая к диффузионному переносу амидов в барьерном слое. Очевидно, что стационарная поверхностная концентрация адсорбата достигается лишь при установлении соответствующих равновесий. Задача облегчается тем, что исследуемые амиды практически не растворяются в нейтральном водном хлоридном растворе.

### МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Исследования проведены на углеродистой стали Ст3. В качестве поверхностно-активных добавок использованы амиды непредельных (олеиновой и эруковой) карбоновых кислот  $C_{17}H_{33}CONH_2$ ,  $C_{21}H_{41}CONH_2$  и гомологическая смесь предельных амидов  $C_{10-23}H_{21-47}CONH_2$  ( $S_{ПАВ} = 3...10$  мас.%). Растворитель (квалификации ч. д. а) –  $n-C_{10}H_{22}$  и для сопоставления – товарное индустриальное масло И-20А.

Защитную эффективность ( $Z_k$ ) композиций амидов высших карбоновых кислот (гравиметрическая оценка, экспозиция 336 часов, комнатная температура, 0,5 М NaCl) рассчитывали по формуле:

$$Z_k = [(K_0 - K_{\text{инг.}})/K_0] \cdot 100 \%,$$

где  $K_0$  и  $K_{\text{инг.}}$  – соответственно скорость коррозии в отсутствие и присутствии защитной пленки, толщиной ( $L$ , гравиметрическая оценка) 20–400 мкм, которую наносили окунанием в ванну с композицией, нагретой до 60 °С.

Потенциостатические поляризационные измерения проведены на горизонтально расположенном электроде, армированном в эпоксидную смолу (отвердитель – полиэтиленполиамин) и покрытом пленкой защитной композиции  $L \sim 15\text{--}20$  мкм (гравиметрическая оценка) в предположении образования равномерного покрытия. Использованы трехэлектродная электрохимическая ячейка из стекла «Пирекс» с разделенными шлифом анодным и катодным пространством (потенциостат П-5825М). Электрод сравнения – насыщенный хлорид-серебряный, вспомогательный – гладкая платина. Потенциалы пересчитаны на н. в. э. Торможение анодной реакции ( $Z_a$ ,  $E_a = \text{const}$ ) оценивали из данных потенциостатических анодных поляризационных кривых при потенциале  $-0,25$  В (0,5 М NaCl) по формуле:

$$Z_a = [(i_0 - i_{\text{инг.}})/i_0] \cdot 100 \%,$$

где  $i_0$  и  $i_{\text{инг.}}$  – соответственно плотность анодного тока в отсутствие и при нанесении барьерной пленки. Адсорбционная способность амидов изучена посредством импедансных измерений (мост Р-5021, параллельная схема) в трехэлектродной ячейке из стекла «Пирекс» на цилиндрическом электроде, вмонтированном во фторопласт с закрытой подпятником торцевой поверхностью. Частота переменного тока 1000 Гц, амплитуда 10 мВ. Рабочий электрод РЭ ( $S = 0,18$  см<sup>2</sup>) находился коаксиально в платиновом электроде с поверхностью 36,3 см<sup>2</sup>. Величина степени заполнения поверхности ПАВ ( $\Theta$ ) рассчитана по уравнению [5]:

$$\Theta = (C_0 - C_j)/(C_0 - C_\infty), \quad (1)$$

где  $C_0$ ,  $C_j$  – соответственно емкость электрода в чистом растворителе и при нанесении на него пленки алкановой композиции заданной концентрации.  $C_\infty$  – емкость электрода, которая остается постоянной с последующим повышением концентрации ПАВ в растворителе. Поляризацию РЭ осуществляли из катодной области в анодную со сравнительно большим шагом потенциала ( $E$ ) 100 мВ (потенциостат П-5827), т. к. влияние его на  $C_j$ , как показано ниже, практически отсутствует. Толщина пленки композиции на поверхности РЭ  $20 \pm 3$  мкм, фоновый раствор – 0,5 М NaCl (комнатная температура, воздушная атмосфера),  $C_{\text{ПАВ}} = 3\text{--}10$  мас.%. Систематическая ошибка эксперимента при доверительной вероятности 0,95 находилась в пределах 10 % (статистическая обработка по методике малых выборок [6]).

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Защитная эффективность  $Z_a$  композиций с олеамидом (3 мас.%) в декане и товарном И-20А, характеризующая их влияние на анодную ионизацию стали ( $Z_a$ ), практически не зависит от природы растворителя (ПР) и близка к 100 % (рис. 1а, кривая 1 и 4). Подобная величина, полученная из данных коррозионных исследо-

ваний  $Z_k$ , существенно ниже. Степень заполнения поверхности олеамидом из масляных пленок заметно больше таковой из растворов н-декана (рис. 1а). Учитывая, что олеамид тормозит, прежде всего, лимитирующую коррозию анодную реакцию [1, 3], это предсказуемо. Поскольку олеамид, как маслорастворимый ингибитор коррозии, более эффективен, чем  $C_{21}H_{41}CONH_2$  и смесь  $C_{10\text{--}23}H_{21\text{--}47}CONH_2$ , представляло интерес получить подобные данные и для других амидов.

В присутствии 3 мас.% амида непредельной эруковой кислоты картина качественно повторяется лишь в некоторых случаях.  $Z_a$ ,  $\Theta$ ,  $Z_k$  декановых растворов заметно ниже таковых для масляных (рис. 1б, кривые 1 и 4). Влияние ПР на  $Z_a = f(\text{ПР})$  амидов принципиально различно.

При наличии гомологической смеси амидов предельных карбоновых кислот  $Z_k$  и  $\Theta$  повышаются при замене декана маслом И-20А (рис. 1в, кривые 2 и 5),  $Z_a$  при этом практически не меняется и составляет  $\sim 100$  %.

Для интерпретации наблюдаемых закономерностей представляет интерес рассмотреть условия, при которых адсорбция амидов может быть стимулирована при неизменной природе растворителя. С этой целью  $C_{\text{амида}}$  в композициях увеличили до 10 мас.%. В присутствии олеамида (рис. 1а)  $Z_a$  вновь близко к 100 %, а  $\Theta \rightarrow 1$  независимо от ПР (рис. 1а). Величина  $Z_k$  в н- $C_{10}H_{22}$  приближается к 100 %, а для масляной композиции таковая составляет  $\sim 70$  %. Таким образом,  $\Theta$ , равная 1, сопровождается одинаковой величиной  $Z_a$  при различных  $Z_k$ . Складывается впечатление, что степень заполнения поверхности амидом, т. е. его адсорбционная способность в конкретном растворителе, является не единственным фактором, определяющим  $Z_k$ . С заменой олеамида менее эффективным  $C_{21}H_{41}CONH_2$  с той же массовой долей ингибитора качественно картина меняется (рис. 1б). При равных  $\Theta$ ,  $Z_a$  масляной композиции  $\gg Z_a$  декановых,  $Z_k$  различаются на 15 %. Следует учесть, что молярная масса олеамида – 248 г/моль, а  $C_{21}H_{41}CONH_2$  – 304 г/моль. Поэтому молярная концентрация последнего снижается в 1,23 раза без учета изменения плотности состава.

В присутствии смеси амидов насыщенных карбоновых кислот  $\Theta$  и для масляных, и для декановых композиций близки к 1. Можно полагать, что ингибитор занимает все активные центры, вытесняя с них частицы адсорбата любой другой природы ( $H_2O$ ,  $Cl^*$ ).  $Z_k$  масляных растворов заметно ниже таковых декановых составов (рис. 1в), как и для композиции амида эруковой кислоты. Таким образом, адсорбционная способность вновь не является единственным фактором, определяющим защитную способность амидов.

Нанесение чистого н- $C_{10}H_{22}$  в пределах ошибки эксперимента не изменяет емкость ( $C_j$ ) стального электрода в 0,5 М NaCl (рис. 2), как и сдвиг потенциала от  $E_{\text{кор}}$  в анодную и катодную область. Таким образом, отсутствуют пики адсорбции – десорбции. Введение в

\* Изученные составы достаточно водопоглощаемы, поэтому адсорбция молекул воды на гидрофильной поверхности углеродистой стали вполне возможна. О наличии воды, в том числе и в виде самостоятельной фазы, свидетельствует высокая скорость анодной реакции Ст3, покрытой исследуемыми составами в 0,5 М NaCl [1, 3].

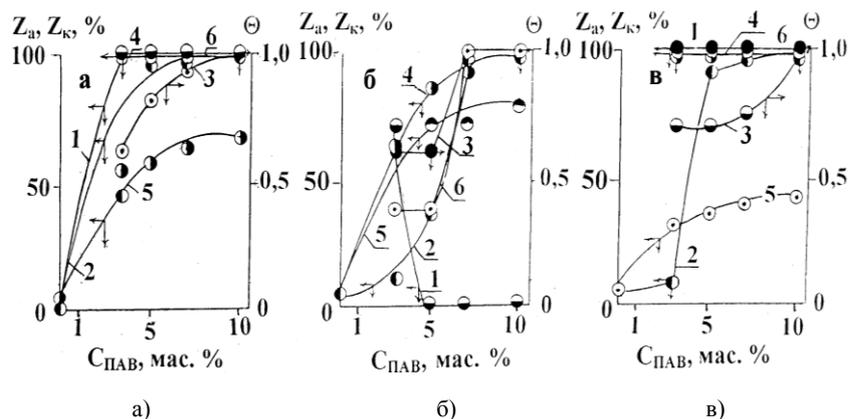


Рис. 1. Концентрационная зависимость  $Z_a$  (1, 4),  $Z_k$  (2, 5) и  $\Theta$  (3, 6) декановых (1, 2, 3) и масляных (4, 5, 6) растворов  $C_{17}H_{33}CONH_2$  (а);  $C_{21}H_{41}CONH_2$  (б); гомологической смеси  $C_{10-23}H_{21-47}CONH_2$  (в)

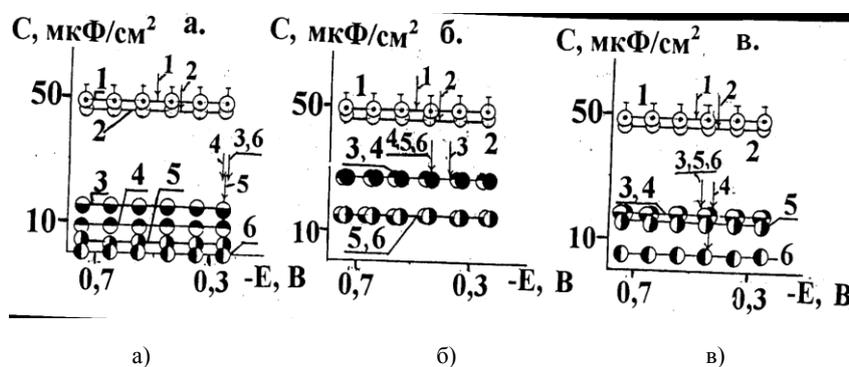


Рис. 2. Зависимость емкости стального электрода ( $C_{\text{ст}}$ ) от потенциала. Концентрация амида в композиции с  $n-C_{10}H_{22}$ , формирующей пленку мас. %: 1 – пленка отсутствует; 2 – 0; 3 – 3; 4 – 5; 5 – 7; 6 – 10. Природа амида: а –  $C_{17}H_{33}CONH_2$ , б –  $C_{21}H_{41}CONH_2$ , в – гомологическая смесь  $C_{10-23}H_{21-47}CONH_2$ . Стрелкой показан потенциал коррозии. Комнатная температура, воздушная атмосфера, 0,5 M NaCl

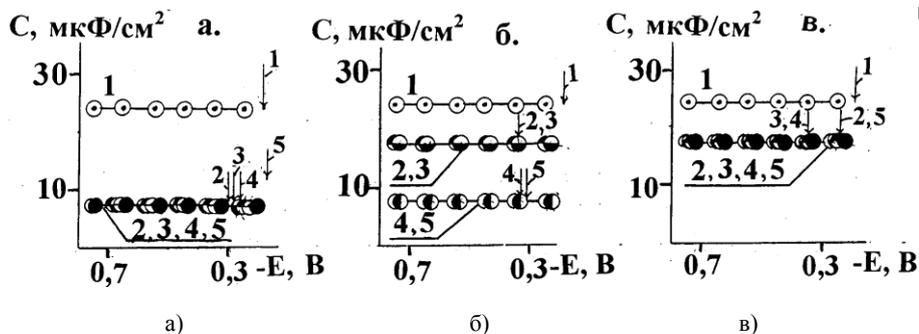


Рис. 3. Зависимость емкости стального электрода ( $C_{\text{ст}}$ ) от потенциала. Концентрация амида в композиции с товарным промышленным маслом И-20А, формирующей пленку мас. %: 1 – 0; 2 – 3; 3 – 5; 4 – 7; 5 – 10. Природа амида: а –  $C_{17}H_{33}CONH_2$ , б –  $C_{21}H_{41}CONH_2$ , в – гомологическая смесь  $C_{10-23}H_{21-47}CONH_2$ . Стрелкой показан потенциал коррозии. Комнатная температура, воздушная атмосфера, 0,5 M NaCl

исследуемый состав на базе алкана 3 мас.% олеаида резко (на 30 мкФ/см<sup>2</sup>) уменьшает  $C_s$ , которая вновь не зависит от потенциала электрода в исследуемой области  $E$  (рис. 2а). Последующее увеличение концентрации олеаида до 5 и 7 мас.% вновь приводит к  $\Delta C_s > 0$ , которая, однако, по абсолютной величине не превышает 5–6 мкФ/см<sup>2</sup>. Далее  $C_s$  практически не зависит от содержания амида и принята за  $C_\infty$ .

В случае амида эруковой кислоты (рис. 2б) и смеси амидов предельных  $C_nH_{2n+1}COOH$  (рис. 2в)  $C_\infty$  и дости-

гается при наличии в масляной пленке 7 и 10 мас.% ингибитора соответственно.

В масле И-20А (рис. 3) уже 3 мас.% олеаида приводит к  $C_\infty$  (7,5 мкФ/см<sup>2</sup>), напротив  $C_s$  в присутствии  $C_{21}H_{41}CONH_2$  дифференцируется с его концентрацией ( $C_\infty$  соответствует при 10 мас.% ПАВ и равна 7,5 мкФ/см<sup>2</sup>). Для смеси амидов предельных карбоновых кислот  $C_\infty$  вновь достигается уже с введением 3 мас.% ПАВ.

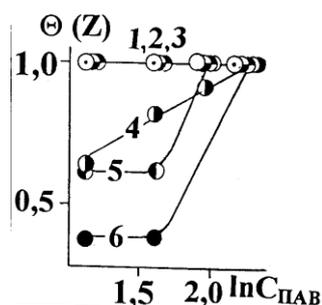


Рис. 4. Зависимость степени заполнения поверхности в координатах  $\Theta - f \ln C_{\text{ПАВ}}$ : 1 –  $C_{17}H_{33}CONH_2$  в И-20А; 2 –  $C_{10-23}H_{21-47}CONH_2$  в н- $C_{10}H_{22}$ ; 3 –  $C_{10-23}H_{21-47}CONH_2$  в И-20А; 4 –  $C_{17}H_{33}CONH_2$  в н- $C_{10}H_{22}$ ; 5 –  $C_{21}H_{41}CONH_2$  в н- $C_{10}H_{22}$ ; 6 –  $C_{21}H_{41}CONH_2$  в И-20А

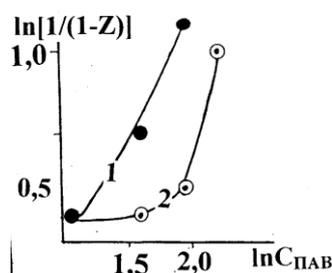


Рис. 5. Зависимость эффективной степени заполнения поверхности стали  $\Theta$  и  $Z_k$  как функции  $\ln[1/(1-Z)]$  от  $\ln C_{\text{ПАВ}}$ : 1 –  $C_{17}H_{33}CONH_2$ ; 2 –  $C_{10-23}H_{21-47}CONH_2$ . Комнатная температура, воздушная атмосфера, 0,5 М NaCl; растворитель – н- $C_{10}H_{22}$

Из данных емкостных измерений (рис. 2, 3) рассчитаны степени заполнения поверхности (рис. 1). Далее проведена оценка механизма действия исследованных амидов как ингибиторов коррозии. Если зависимость  $\Theta = f(\ln C_{\text{ПАВ}})$  линейна, тогда процесс адсорбции ПАВ на стали подчиняется изотерме Темкина

$$\Theta = \frac{1}{f} \ln(a_0 C_{\text{ПАВ}}), \quad (2)$$

$f$  – параметр Темкина учитывает природу растворителя,  $a_0$  – константа адсорбции на равномерно-неоднородной поверхности. Расчеты для анализа блокировочного и энергетического действия ПАВ [5] графически представлены на рис. 4 и 5.

Если принять, что характер рассмотренных закономерностей сохраняется при адсорбции из масляной фазы, то их использование позволит получить дополнительную информацию. Но при этом необходимо учесть, что масляная пленка достаточно тонка. Поэтому предварительно оценим возможное количество вещества олеаида в пленке и максимальное число монослоев амида на стали при предельном переходе на нее вещества из органической фазы. Фактически это тот случай, когда коэффициент распределения металл / пленка близок к  $\infty$ . Примем плотность композиции равной  $0,9 \text{ г/см}^3$ . Ошибка подобной оценки не превышает 10 %. Толщина пленки 20 мкм, сечение –  $1 \text{ см}^2$ . Легко показать, что количество вещества олеаида в подобном объеме органической фазы составит

7,2 мкм. Пусть для сравнительно крупных молекул  $C_{17}H_{33}CONH_2$  монослой состоит из  $10^{14}$  частиц. Тогда с учетом количества молекул олеаида, находящихся в органической фазе порядка  $4,3 \cdot 10^{18}$ , предельная адсорбция на металле составит  $4,3 \cdot 10^4$  монослоев. Таким образом, олеаида в пленке более чем достаточно для блокировки всех активных центров металла. Подобная картина характерна и для более громоздкого амида  $C_{21}H_{41}CONH_2$ , предельная адсорбция которого из органической фазы в подобных условиях приводит к  $3,5 \cdot 10^4$  монослоев.

Для олеаида в н-декане имеет место линейная логарифмическая зависимость (рис. 4). Видимо, адсорбция из него достаточно эффективна и быстро достигается предельное заполнение. Еще легче этот процесс протекает из товарного индустриального масла. Замена  $C_{17}H_{33}CONH_2$  на амид эруковой кислоты в И-20А и н- $C_{10}H_{22}$  картина не поддается однозначной оценке. Можно было бы предположить, что из индустриального масла в первую очередь адсорбируются заводские присадки, молекулы  $C_{21}H_{41}CONH_2$  становятся конкурентно-способными только при значительных концентрациях амида в растворителе. Но подобной интерпретации противоречат экспериментальные результаты, наблюдаемые в н-декане, где заводских присадок нет, а зависимость  $\Theta = f(C_{\text{ПАВ}})$  имеет вид, характерный для И-20А. Создается впечатление, что конкурентно-способными амиду являются молекулы н- $C_{10}H_{22}$ . Но тогда возникает другой вопрос: почему частицы н- $C_{10}H_{22}$  конкурентоспособны? Видимо, сказывается влияние стерического фактора в условиях дисперсионного взаимодействия молекул растворителя и амида с металлом. Вместе с тем, достаточно вероятно адсорбция амидов по донорно-акцепторному механизму за счет свободных орбиталей железа.

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Исходя из данных рис. 4, можно предполагать, что в определенных концентрационных интервалах амиды подавляют коррозию стали в результате блокировки поверхности. Возможность энергетического эффекта  $C_nH_{2n-1}CONH_2$  отрицается данными рис. 5. В пользу блокировочного механизма защитного действия амидов говорит и тот факт, что они при комнатной температуре в алканах, видимо, существуют преимущественно в виде мицеллярных структур. Тогда на поверхности стали адсорбируются не отдельные молекулы амидов, а их агрегаты (обратные мицеллы). Это резко увеличивает размеры частиц адсорбата и способствует проявлению блокировочного действия. Одновременно, вопреки возможному кооперативному эффекту, способствующему, казалось бы, повышению адсорбционной способности, наблюдается его обратное влияние, приводящее к физической адсорбции мицелл. Причем, агрегирование затрудняет донорно-акцепторное взаимодействие. В рамках подобного подхода объясняется и конкурентоспособность молекул практически неполярного алкана с амидами за активные центры, что становится возможным, если энергия адсорбции тех и других невелика.

Вместе с тем, и в этих условиях сохраняется эффект энергетической неоднородности поверхности стали. В подобном случае, функции  $\Delta N_{\text{адс.}} = f(C_{\text{амида}})$  и  $\Delta N_{\text{адс.}} =$

$f(\text{ПР})$  могут заметно различаться. Тогда в одном интервале концентрации адсорбируются преимущественно мицеллы, в другом – не агрегированные молекулы растворителя (МР). Если  $\Delta N_{\text{адс}}$  мицелл заметно превышает  $\Delta N_{\text{адс}}$  (МР), то  $\Theta$  приближается к 1 уже при наличии в пленке минимальной концентрации амидов, что достаточно часто наблюдается экспериментально.

Вместе с тем, следует учесть, что  $\Delta N_{\text{адс}}$  на наиболее энергетически активных центрах поверхности может быть достаточной для разрушения агрегатов. Это способствует адсорбции отдельных молекул. В таких условиях адсорбция амидов носит смешанный характер, который можно назвать молекулярно-мицеллярным. Его реализация может снижать эффективность блокировки поверхности.

Наблюдаемое экспериментально отсутствие корреляции между величинами  $Z_k$  и  $\Theta$  можно объяснить иначе. Мицеллярная или молекулярно-мицеллярная поверхностная пленка достаточно ажурна, что способствует подводу к корродирующей поверхности реагентов, обуславливающих протекание парциальных электродных реакций ( $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ). Можно предположить, что мицеллярная структура пленки способствует и массопереносу воды. Дело в том, что мицеллы поверхностной пленки могут поглощать воду по механизму поверхностной или объемной сольюбилизации. В условиях сольюбилизационного насыщения вода, расходуемая в результате парциальных электродных реакций, подводится из объема раствора, возмещая ее потери. Движущей силой процесса является градиент концентрации сольюбилизированной воды на потолке органической фазы, примыкающей к металлу, и ее дне (со стороны раствора). Такой подход позволяет объяснить и существенное влияние природы растворителя на величины предельных катодных токов ( $i_{\text{пред}}$ ), которые иногда превышают  $i_{\text{пред}}$  по кислороду на незащищенной поверхности [7]. Вода в подобных условиях может оказывать расклинивающее действие, облегчая подвод кислорода  $\text{O}_2$ . С другой стороны,  $i_{\text{пред}}$  может быть не по  $\text{O}_2$ , а по  $\text{H}_2\text{O}$ . Тогда его величина будет существенно зависеть от природы растворителя, что и наблюдается экспериментально [7]. Дело в том, что природа межмицеллярной жидкости, видимо, заметно влияет на структуру и сольюбилизующую способность мицелл по отношению к молекулам  $\text{H}_2\text{O}$ .

Возможна сольюбилизация не только молекул воды, но и сольватированных поверхностно-активных анионов. Это позволяет объяснить высокую электропроводность пленок на органической основе и анодное растворение металлов по механизму комплексообразования.

Отсутствие корреляции, наблюдаемое в ряде случаев между зависимостями  $Z_a$  и  $Z_k$ , объясняется следующим. При анодной поляризации возрастает заряд поверхности стали, что должно облегчать адсорбцию молекул и повышать энергию связи амид – железо. Например, при адсорбции по атому азота, имеющему дробный отрицательный заряд. В первом приближении, в соответствии с представлениями ионизации по механизму комплексообразования Я.М. Колотыркина, меняются соотношения в энергии взаимодействия частиц адсорбата с поверхностью металла и объемом жидкой (органической) фазы. Если первый эффект возрастает в большей мере, то повышается защитное действие ингибитора по сравнению с наблюдаемым при потенциале коррозии [8].

Таким образом, по крайней мере, в определенных условиях коррозия металлов под пленками на основе органических растворителей носит электрохимический характер. Механизм парциальных электродных реакций под ними определяется лишь природой металлической фазы. Особенность же коррозии может заключаться в дисперсионном взаимодействии ингибирующих частиц и молекул органической компоненты пленки с поверхностью металла, обуславливающим их конкурентоспособность за активные центры. Частицами адсорбата под тонкими пленками на основе органических составляющих могут быть преимущественно мицеллы ПАВ. Их структура и определяет условия массопереноса стимуляторов коррозии к корродирующему металлу, механизм защитного действия и защитную способность агрегатов ПАВ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вигдорovich В.И., Сафронова Н.В., Шель Н.В. // Защита металлов. 1996. Т. 32. № 1. С. 56-60.
2. Кушев А.М. Химия и технология присадок к маслам и топливам. М.: Химия, 1985. 312 с.
3. Таныгина Е.Д., Соловьева Н.Е. // Проблемы химии и химической технологии: Матер. докл. X Межрегион. науч.-техн. конф. Тамбов, 2003. С. 194-197.
4. Вигдорovich В.И., Таныгина Е.Д., Соловьева Н.Е. // Коррозия: материалы, защита. 2003. № 1. С. 32-37.
5. Вигдорovich В.И., Таныгина Е.Д., Соловьева Н.Е. // Химия и химическая технология. 2004. Т. 47. № 3.
6. Физико-химические методы анализа / Под ред. В.Б. Алесковского и К.Б. Яцимирского. Л.: Химия, 1971. 424 с.
7. Антропов Л.И. // Защита металлов. 1977. Т. 13. № 4. С. 387-396.
8. Вигдорovich В.И., Шель Н.В. // Тр. Всерос. конф. по коррозии и электрохимии – мемориал Я.М. Колотыркина. М.: Изд-во «Промсветитель», 2003. С. 213-226.

Поступила в редакцию 26 апреля 2004 г.