

ИНГИБИРОВАНИЕ КОРРОЗИИ СТАЛИ В СЛАБО КИСЛЫХ И СЛАБО ЩЕЛОЧНЫХ СРЕДАХ

Холиков А.Ж.

Национальный университет Узбекистана им. М. Улугбека, г. Ташкент
habduvali@rambler.ru.

В последнее время большой интерес вызывают ингибиторы универсального действия, способные тормозить кислотную, углекислотную, сероводородную коррозию металла, а также его наводороживание. Известны десятки индивидуальных веществ и смесей на их основе как эффективные замедлители коррозии. Они выявлены эмпирическим путем на основе прямых коррозионных испытаний. Достигнуты значительные успехи в развитии научно обоснованного подбора адсорбционных ингибиторов и понимании механизма их защитного действия [1]. Пленкообразующие ингибиторы проявляют смешанный характер защитного действия, образуя пленки и на катодных и на анодных участках микрогальванических коррозионных элементов, функционирующих на поверхности металла. Такими признаками ингибиторов пленкообразователей обладают различные вещества органического и неорганического происхождения. Выбор ингибиторов коррозии основывался с учетом экологической безопасности и экономической целесообразности, так как они являются местными сырьевыми ресурсами [2].

Отметим, что само по себе повышение величины скорости коррозии с ростом температуры не может служить доказательством того, что в ходе эксперимента увеличивалась доля активной поверхности металла. Достаточно высокие скорости коррозии могут наблюдаться в некоторых случаях и из пассивного состояния. Между тем, информация о состоянии поверхности стали в ходе коррозионных испытаний очень важна, так как пассиваторы эффективны только в случае низких скоростей коррозии из пассивного состояния. Однозначно судить о состоянии поверхности образцов можно по величине электродного потенциала. В связи с этим параллельно с коррозионными были проведены хронопотенциометрические измерения [3].

Условия эксперимента выбирались в приближении к технологическим параметрам работы оборудования предприятий. Одним из наиболее часто встречающихся осложнений в производственных условиях является вспенивание технологических жидкостей, что приводит к их уносу и потерям. Такое явление встречается в процессах очистки или осушки природного газа. Ранее проведенные исследования показали, что существенную роль при этом играют ингибиторы коррозии, которые попадают в аппарат сероочистки с газом или вводятся в амин как антикоррозионные добавки, что обуславливает необходимость оценки влияния ингибиторов [4].

В этом аспекте актуальным с точки зрения эффективности в научном и практическом плане является выявление перспективных ингибиторов коррозии,

обладающих высокой защитной способностью что и обусловило интерес к исследованию технологических свойств композиций на основе полимерных четвертичных аммониевых солей, обладающих высокими поверхностно - и катионактивными свойствами в качестве ингибиторов [5].

Методика эксперимента

Объектами исследования явились полифосфаты и природные фосфаты натрия, кальция, фосфорная кислота и их смеси с полиэлектролитами (желатин и унифлок) при различных температурах и средах. Исследования коррозионного поведения стали (Ст.3) проводили на образцах в форме пластин. Действие солевой среды и ингибиторов на коррозионное поведение образцов Ст.3 определяли методами поляризационных кривых используя потенциостат ПИ-50.1.1 с программатором ПР-8 и гравиметрии по убыли массы образца после коррозионных испытаний. Одновременно испытывали по 5 параллельных образцов. Отбраковку резко выделившихся данных и расчет доверительных интервалов проводили с использованием квантиль распределения Стьюдента $P_{0,95}$. Для оценки воспроизводимости результатов использовали величины стандартного (S) и относительного стандартного (S_r) отклонений единичных измерений при различных концентрациях и соотношениях ингибиторов.

Исследования проведены в фоновых растворах состава 5% H_2SO_4 + 3% Na_2SO_4 и 4% NaOH + 3% Na_2SO_4 с рН, равным соответственно 3,0-9,0, при различных температурах (20, 40, 60, 80⁰C). Растворы готовили из реактивов марки «х.ч.» на дистилляте. Электроды и мембраны изготовлены из Ст.3 состава, %: Fe=98,36; C=0,20; Mn=0,50; Si=0,15; P=0,04; S=0,05; Cr=0,30; Ni=0,20; Cu=0,20.

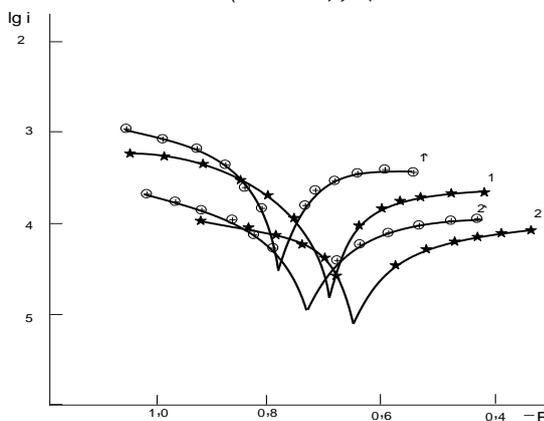
Экспериментальные результаты и их обсуждение

Все экспериментальные данные получены с использованием в качестве фона (Na_2SO_4 -3%). Ингибирование поверхности металла на катодных и анодных участках подразумевает существование определенной разности потенциалов между ними и, следовательно, протекание электрического тока. Этот ток, называемый коррозионным, эквивалентен количеству прородированного металла. В процессе коррозии потенциалы катодных и анодных участков не остаются постоянными; наблюдается поляризация, следствием которой являются сближение потенциалов катода и анода и уменьшение коррозионного тока.

На рис.1 приведены результаты измерений процесса коррозии стального электрода при различных температурах, а также в присутствии ингибиторов—полифосфата натрия-желатин, из которого видно, что величина потенциала коррозии E постоянна относительно нормального хлор серебряного электрода в фоновом растворе и составляет -0,740 В при температуре 20 ⁰C (Рис. 1). При добавлении к нему ингибиторов значение потенциала коррозии увеличивается до -0,630 В, наблюдается смещение поляризационных кривых на 110 мВ в сторону более положительных значений, характеризуя преимущественно торможение скорости анодной реакции (кривая 2). Такой эффект можно

объяснить образованием на стали тонкой защитной пленки на основе фосфатов, которая блокирует поверхность стали и тормозит скорость коррозионного разрушения.

Рис. 1. Поляризационные кривые стального электрода в фоновом растворе (1 и 1'); в присутствии 0,001 % растворов смесей $(\text{NaPO}_3)_n$ + желатин при соотношении компонентов 1:1 (2 и 2'); (1 и 2 $T=20^\circ\text{C}$), (1' и 2' $T=80^\circ\text{C}$)



Расчеты значений скорости коррозии, степени защиты и относительного стандартного отклонений единичных измерений при различных температурах (20, 40, 60, 80 °C) приведены в таблице 1. Как видно из таблицы, наиболее значительные результаты получены в присутствии 0,001% раствора $(\text{NaPO}_3)_n$ с добавлением желатины при их соотношении 1:1 и растворов двухкомпонентных ингибиторов $(\text{NaPO}_3)_n$ с добавлением желатины. При соотношении компонентов 1:1 значения степени защиты изменяются в пределах от 89,47 % до 93,27 %.

Таблица 1

Результаты электрохимического определения степени защитного действия $(\text{NaPO}_3)_n$ и его смесей с полиэлектролитами ($C_{\text{инг.}}=0,001\%$) в фоновом растворе ($\text{pH}=5,00$) при различных температурах и соотношении компонентов в ингибиторной смеси фоновой 1:1

№	Ингибитор	t, °C	$E_{\text{ст}}$, В	$i_{\text{с}}$, мА	γ	Z, %	$Sr \cdot 10^{-2}$
1.	Фон	20	0,670	405,28	—	—	-
2.	$(\text{NaPO}_3)_n$		0,510	93,98	4,31	76,81	0,018
3.	$(\text{NaPO}_3)_n$ + желатин		0,490	24,39	16,61	93,98	0,013
4.	Фон	40	0,710	412,36	—	—	-
5.	$(\text{NaPO}_3)_n$		0,540	105,81	3,90	74,34	0,051
6.	$(\text{NaPO}_3)_n$ + желатин		0,560	36,82	11,20	91,07	0,035
7.	Фон	60	0,745	426,13	—	—	-
8.	$(\text{NaPO}_3)_n$		0,590	126,05	3,38	70,42	0,092
9.	$(\text{NaPO}_3)_n$ + желатин		0,600	44,87	9,50	89,47	0,162
10.	Фон	80	0,780	448,07	—	—	-
11.	$(\text{NaPO}_3)_n$		0,605	159,38	2,81	64,43	0,264
12.	$(\text{NaPO}_3)_n$ + желатин		0,580	39,07	11,47	91,28	0,219

В растворах однокомпонентных и двухкомпонентных ингибиторов содержатся и ионы фосфата, которые также могут адсорбироваться на поверхности стали. Наличие последних даже в отсутствие фосфатов способствует упрочнению пассивационной пленки, а с полифосфатами и пирофосфатами их использование особенно эффективно. Значения параметров Sr приведены в табл. 1 и 2.

Растворы двухкомпонентного ингибиторов $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ с добавлением полиэлектролитов (желатин) при соотношении компонентов 1:1, при всех изученных температурах эффективны и принимают значения степени защиты от 68,13 до 97,24 % (Табл. 2). Эти комплексные малорастворимые соединения обладают устойчивостью в слабокислых и слабо щелочных средах pH=5-9.

С увеличением продолжительности испытаний (Табл. 2.), наблюдаемые более высокие защитные эффекты в присутствии $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ +желатин, по видимому, связаны с тем, что желатин образует на стали защитную пленку.

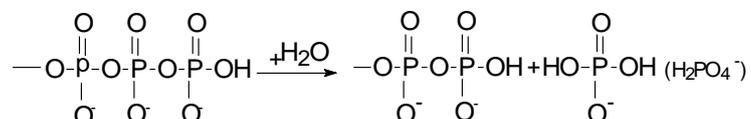
Полифосфат – ингибитор, подавляющий, в основном, катодный процесс, но продукты его гидролиза, такие как орто- и дифосфаты – снижают площадь анодных участков вследствие образования кроющихся пленок не только оксидов металла, но и нерастворимых фосфатных солей железа.

Таблица 2

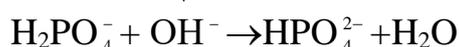
Результаты гравиметрического определения степени защиты двухкомпонентного ингибитора в фоновом растворе (3% Na_2SO_4) при различных средах

№	Ингибитор	pH	t, °C	K, (г/м ² *сут)	γ	Z, %	Sr*10 ⁻²
1	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ +желатин	4	20	42,30	3,14	68,13	0,235
2		5		10,18	11,67	91,43	0,114
3		6		5,48	20,52	95,13	0,034
4		7		2,56	32,33	96,91	0,080
5		8		3,26	36,27	97,24	0,160
6		9		4,76	26,20	96,18	0,009

При гидролизе полифосфата образуются дигидромонофосфат-ионы:

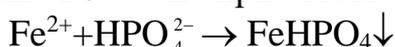


Ион H_2PO_4^- связывает ион OH^- :

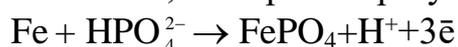


Ионы H_2PO_4^- ускоряют реакцию восстановления растворенного кислорода на катодных участках, которую можно представить следующим образом: $\frac{1}{2} \text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{PO}_4^- + 2\text{e}^- \rightarrow 2 \text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

Образующиеся в результате этой реакции ионы HPO_4^{2-} взаимодействуют с ионами Fe^{2+} и при этом на поверхности металла осаждает FeHPO_4 :



Химическая стойкость фосфатов железа очень высокая в том числе трехвалентного, который образуется по реакции:



В присутствии Fe^{3+} на катодных участках поверхности металла осаждаются фосфаты железа, образующие непроницаемую защитную пленку:



На практике углеродистую сталь защищают от коррозии применением солей цинка, неорганических фосфатов. Соли цинка действуют как катодные ингибиторы, они используются совместно с дисперсантами для того, чтобы облегчить образование тонких гидроксидных слоев в пределах pH от 6,5 до 8,5.

Неорганические фосфаты действуют как анионные ингибиторы на поверхности металла. Они также действуют и как катодные ингибиторы, способствуя образованию слоев фосфата кальция. Такие слои образуются в слабо-кислой или нейтральной средах в присутствии анионного дисперсанта.

Результаты расчетов значений скорости коррозии (K) и степени защиты (Z) при различных температурах приведены в таблице 3. Как видно из таблицы, наиболее значительные результаты получены в присутствии 0,001 % раствора $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ с добавлением желатин при их соотношении 1:1. Величина степени защиты изменяется в пределах от 92,38 % до 93,87 % .

Таблица 3

Результаты гравиметрического определения степени защиты пиррофосфатом кальция $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ и его смесей с полиэлектролитами ($C_{\text{инг.}}=0,001$ %) в фоновом растворе (pH=5,00) при различных температурах

№	Ингибитор	t, °C	K, (г/м ² *сут)	γ	Z, %
1	Фон	20	118,84	-	-
2	$\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$		21,47	5,53	81,93
3	$\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ +желатин		9,06	13,12	92,38
4	Фон	40	119,37	-	-
5	$\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$		21,73	5,49	81,80
6	$\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ +желатин		8,99	4,12	92,47
7	Фон	60	131,24	-	-
8	$\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$		18,60	7,06	85,83
9	$\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ +желатин		9,84	13,34	92,51
10	Фон	80	133,65	-	-
11	$\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$		12,15	11,00	90,90
12	$\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ +желатин		8,19	16,32	93,87

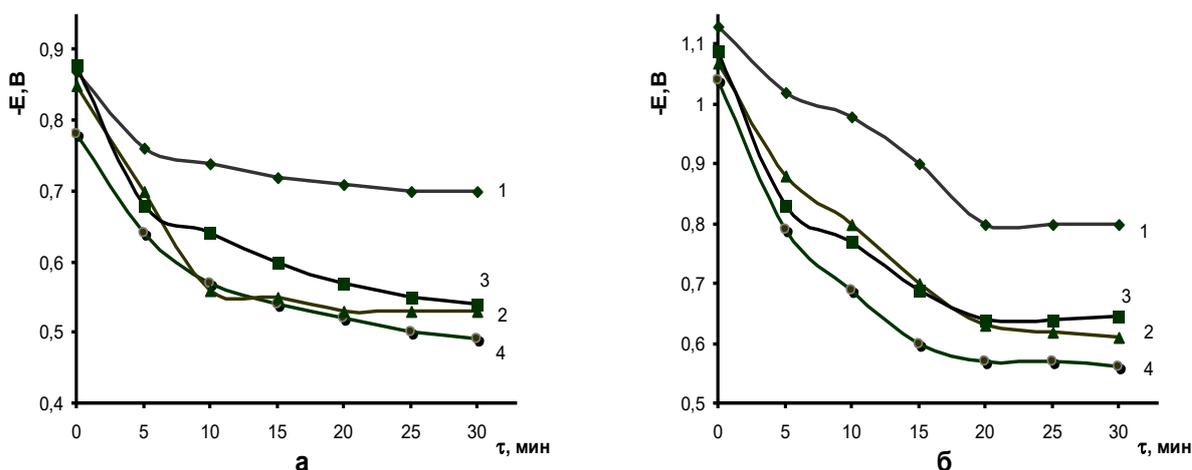
Отметим, что само по себе повышение величины скорости коррозии с ростом температуры не может служить доказательством того, что в ходе эксперимента увеличивалась доля активной поверхности металла. Достаточно высокие скорости коррозии могут наблюдаться в некоторых случаях и из пассивного состояния. Между тем, информация о состоянии поверхности стали в ходе коррозионных испытаний очень важна, так как пассиваторы эффективны

только в случае низких скоростей коррозии из пассивного состояния. Однозначно судить о состоянии поверхности образцов можно по величине электродного потенциала. В связи с этим параллельно коррозионным были проведены хронопотенциометрические измерения.

Измерение потенциала электрода во времени производилось параллельно коррозионным испытаниям в фоновом растворе (pH=5,00) в зависимости от температурных условий и добавки ионов Ca^{2+} , Na^+ , Zn^{2+} , PO_3^- , $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$, COO^- , NH_2^- и Cl^- которые показали, что без каких-либо внешних воздействий со временем потенциал стали имеет тенденцию к облагораживанию (Рис. 2).

Таким образом, имеется выраженная тенденция к переходу стали в пассивное состояние, но для теории и практики эксплуатации оборудования из Ст.3 в слабокислых растворах необходимо выяснить, насколько такое состояние устойчиво. С целью выяснения влияния добавок ингибиторов (Ca^{2+} , Na^+ , Zn^{2+} , PO_3^- , $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$, COO^- и NH_2^-) на устойчивость и глубину пассивного состояния Ст.3. в фоновом растворе (pH=5,00) проведены измерения потенциала электрода во времени – через каждые 5 минут в течение первого 5 минут испытаний, через каждый 5 минут в течение 30 минут экспозиций образца в агрессивной среде. Согласно экспериментальным данным, представленным на рис. 2-а, наибольшим облагораживающим действием на коррозионный потенциал при 20 °С стали, в первые 5 минут испытаний обладает полифосфат натрия. Добавка полиэлектролита слабо активизирует поверхность сплава, а композиция, состоящая из полифосфата и полиэлектролита, слабо пассивирует ее.

Рис.2. Влияние добавок ингибиторов на зависимость потенциала коррозии Ст.3. от времени в растворе фона (pH=5,00) T, °С: а-20 и б-80, Время экспозиции-30 минут. 1-фон; 2. $(\text{NaPO}_3)_n$; 3. $(\text{NaPO}_3)_n + \text{Na-КМЦ}$; 4. $(\text{NaPO}_3)_n + \text{желатин}$

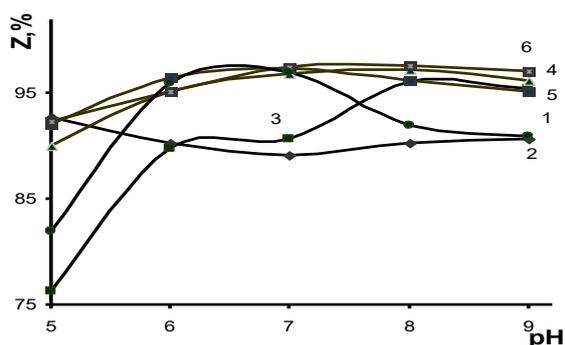


Полифосфат натрия $(\text{NaPO}_3)_n$ оказывает слабый ингибирующий эффект. С изменением температуры агрессивной среды до 80°C качественная картина влияния добавок ингибиторов на значения коррозионного потенциала в начальный момент времени не меняется (рис. 2-б.). Отметим весьма слабую зависимость потенциала электрода от времени в течение 0,5 часов испытаний. Наилучшими окислительными свойствами обладают $(\text{NaPO}_3)_n$ композиция, а

состоящая из полиэлектролита (желатин) и $(\text{NaPO}_3)_n$ несколько менее предпочтительна.

Представляло интерес выявление влияния pH среды на степень защиты исследуемые ингибиторы. Из рис.3 видно, что при уменьшении кислотности эффективность однокомпонентного ингибитора резко падает, тогда как двухкомпонентные полимерные ингибиторы (кривые 4, 5, 6) во всем интервале pH проявляют высокую степень защиты.

Рис. 3. Влияние добавок ингибиторов на степень защиты от pH среды в растворе фона, температура 40 °С, концентрация ингибитора-0,001%:
1. $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$; 2. $(\text{NaPO}_3)_n$ + желатин; 3. $(\text{NaPO}_3)_n$ + Na-КМЦ;
4. $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ + желатин; 5. $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ + желатин; 6. $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ + Na-КМЦ



Установлено явление синергизма в двухкомпонентных ингибиторах на полимерной основе, особенно сильно проявляющийся в системах $(\text{NaPO}_3)_n$ + унифлок и $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ + желатин при $\text{pH}=7\div 9$ и температурном интервале 20-40 °С.

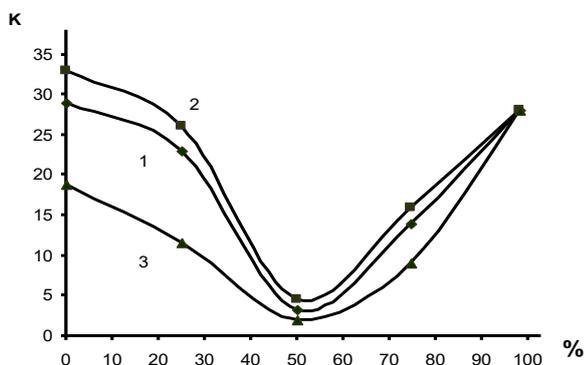
В состав ингибиторов входят полифосфаты кальция или натрия и полиэлектролиты-натрийкарбоксиметилцеллюлоза, желатин и унифлок. Защитный эффект разработанных ингибиторов на 8-10% выше, чем импортруемых дорогостоящих ингибиторов.

Результаты испытаний показали, что ингибиторы для защиты коррозии стали могут быть применены предприятиями газо-химической и нефтеперерабатывающей промышленности. Наиболее эффективными являются двухкомпонентные ингибиторы на основе производственного отхода-унифлока, а также желатины.

Проведены исследования по определению совместного действия ингибиторов и поиску их наиболее эффективных смесей. Результаты получены для смеси ингибиторов, относящихся к одной реакционной серии, при их постоянной суммарной концентрации. Чтобы оптимизировать состав ингибиторных смесей необходимо установить все причины отклонения их действия от «аддитивности». Для этого требуются дополнительные исследования и в первую очередь по совместной адсорбции компонентов смесей на поверхность металла. В связи с этим заслуживают внимания эффекты взаимного усиления ингибирующего действия и адсорбции анионов.

Так, в экспериментах по защите стали от коррозии смесями полифосфатов и полимеров при определенных соотношениях наблюдается синергизм действия ингибиторов (Рис. 4).

Рис. 4. Зависимость скорости коррозии стали Ст.3 в фоновом растворе от содержания пирофосфата в смеси двухкомпонентных ингибиторов Желатин+ $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (1), $\text{Na-KMЦ} + \text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (2), унифлок+ $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ (3) $C_{\text{инг.}} = 0,001\%$, $\text{pH} = 8,00$



Для количественной оценки эффективности смешанного ингибитора в сравнении с его компонентами использовали коэффициент их взаимного влияния: $\chi^\Sigma = \gamma^\Sigma \Pi \gamma_i = \Pi \chi_i$, где $\gamma^\Sigma = K_0 / K^\Sigma$ и $\gamma_i = K_0 / K_i$ -коэффициенты торможения коррозии стали ингибитором (K^Σ -скорость коррозии в присутствии смешанного ингибитора, K_i -лишь одного из его компонентов). Условие $\chi^\Sigma > 1$ соответствует взаимоусилению защитных свойств компонентов, $\chi^\Sigma < 1$ - их взаимоослаблению.

Совместное применение полиэлектролитов, пирофосфатов и полифосфатов возможно и при повышенной температуре. Наиболее эффективны при $t=20^\circ\text{C}$ композиции; $(\text{NaPO}_3)_n$ и унифлок; $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ и унифлок в соотношении 1:1 (Табл. 4).

Таблица 4

Значения скорости коррозии, коэффициента торможения смесевых ингибиторов (полифосфат+унифлок) и коэффициента взаимного влияния компонентов при $\text{pH}=8$

№	Ингибитор	Соотношение компонентов	γ^Σ	$\Pi \gamma_i^\Sigma$	χ^Σ
1	$(\text{NaPO}_3)_n$ +унифлок	1:3	9,85	14,05	0,70
2		1:2	18,19	14,05	1,30
3		1:1	34,37	14,05	2,44
4		2:1	23,65	14,05	1,69
5		3:1	14,78	14,05	1,05
6	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ +унифлок	1:3	10,79	11,56	0,33
7		1:2	13,27	11,56	1,15
8		1:1	17,81	11,56	1,54
9		2:1	16,03	11,56	1,38
10		3:1	11,74	11,56	1,01

Таким образом, исследуемые ингибиторы показали высокую эффективность замедления процесса растворения стали в слабо кислых и

нейтральных средах. Отличительными свойствами данных полифосфатов и пиррофосфатов является низкая оптимальная концентрация, дешевизна, универсальность и нетоксичность. Наиболее вероятный механизм их защитного действия заключается в образовании малорастворимых соединений с ионами железа и последующей адсорбции полимерного компонента на образовавшуюся пленку, приводящей к замедлению роста пленки и в следствие этого уменьшению ее пористости, толщины и увеличению ее защитных свойств.

При выдержке образцов стали в растворе двухкомпонентных ингибиторов на поверхности формируются 2 слоя - тонкий слой оксида железа, на котором равномерно располагается слой рыхлого фосфата железа, в результате образуется однородная поверхность (не более 3-4 нм), покрытая мономолекулярными слоями (от 3 до 5нм) высокомолекулярного соединения.

Степень заполнения поверхности ингибирующим веществом рассчитывают и по кинетическим данным. При этом исходят из того, что адсорбированные органические вещества, так же как и неорганические ингибиторы, рассмотренные в литературе, полностью выводят из сферы анодной реакции ту часть поверхности, которая занята ингибитором (считают, что скорость анодной реакции на ней практически снижается до нуля). При этом допущении для определения используют уравнение

$$\theta = 1 - i / i_0$$

i и i_0 –токи коррозии соответственно в отсутствие и присутствии ингибитора.

Часто эти же соображения используют, рассчитывая степень заполнения при саморастворении (коррозии). При этом пользуются данными о скорости растворения в ингибированном $k_{инг}$ и неингибированном k_0 электролитах:

$$\theta = 1 - k_{инг} / k_0$$

На рисунке 5 показана зависимость степени заполнения от концентрации ингибитора при различных температурах, откуда видно, что значения θ , полученные из емкостных измерений, при температуре 80 °С близки между собой, а полученные при температура 20 °С, сильно различаются.

Емкостные измерения показывают, что ингибирующие свойства исследованных полифосфатов связаны с их адсорбцией на стальной поверхности.

Опытные зависимости адсорбции двухкомпонентного ингибитора от их концентрации в растворе на стали в области высоких заполнениях достаточно хорошо описываются изотермой Ленгмюра (Табл. 5): $Vc = \frac{\theta}{1-\theta}$, где

V -константа адсорбционного равновесия; c -концентрация вещества в растворе; θ -степень заполнения поверхности;

Рис. 5. Зависимость степени заполнения поверхности стали от концентрации ингибитора $(\text{NaPO}_3)_n$ в 3%-ном растворе Na_2SO_4 при $\text{pH}=8,00$; температурах 20°C (1), 80°C (2)

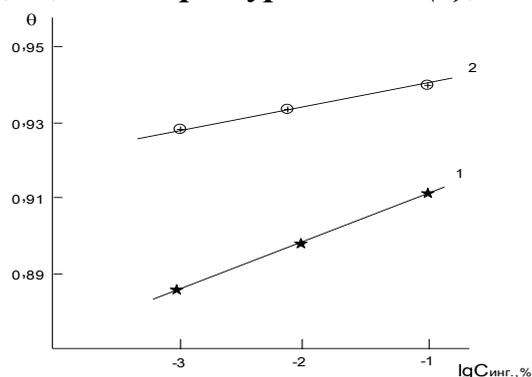


Таблица 5

Значения степени заполнения и константы адсорбционного равновесия фосфорсодержащими ингибиторами и их смесей с полиэлектролитами в растворе фона ($\text{pH}=8,00$) при различных соотношениях компонентов

№	Ингибитор	Соотношение компонентов при $C_{\text{инг.}}=10$ мг/л	К, $(\text{г}/\text{м}^2 \cdot \text{сут})$	θ	Вс
1	Фоновый раствор	-	124,73	-	-
2	$(\text{NaPO}_3)_n$ +унифлок	1:3	12,66	0,90	9,06
3	---	1:2	6,86	0,95	19,21
4	---	1:1	3,95	0,97	32,33
5	---	2:1	5,27	0,96	24,02
6	---	3:1	8,44	0,93	13,28

Заключение

Созданы эффективные, экологически безопасные и экономически целесообразные, импортзамещающие ингибиторы полимерного типа на основе местного сырья, а также отходов и побочных продуктов химического, электрохимического и горно-металлургического производств. Предложен механизм противокоррозионной защиты двухкомпонентных ингибиторов полимерного типа, по-видимому, состоящий в образовании комплексных и малорастворимых соединений $[\text{Fe}(\text{PO}_3)_2]\text{OOC-R}$, $[\text{Fe}_2\text{P}_2\text{O}_7(\text{OOC-R})_2]$ и $\text{Me}[\text{Me}_2(\text{PO}_3)_6]$, которые входят в состав коррозионных отложений, приводя их к уплотнению и делая малопроницаемыми для коррозионно-активных реагентов или могут наблюдаться адсорбционные процессы полимера на пленку соединений полифосфатов, приводящих к замедлению их роста и в следствие этого пленка становится менее пористой, более тонкой и ее защитные свойства повышаются.

Определены физико-химические параметры процесса электрохимической коррозии стали в присутствии разработанных ингибиторов полимерного типа в зависимости от рН среды, температуры, состава и концентрации ингибиторов и найдены оптимальные условия, обеспечивающие максимальную защиту. Сравнительная оценка ингибирующей способности созданных ингибиторов показала, что при рН=5÷7 наилучшими защитными свойствами обладает двухкомпонентный ингибитор $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ с желатиной в температурном интервале 20÷80 °С, что, по-видимому, объясняется реализацией наиболее развернутой конформации макромолекул желатина при рН, близких к изоэлектрической точке.

Определены значения степени заполнения поверхности электрода, скорости растворения, константы адсорбционного равновесия и коэффициента взаимного влияния компонентов в смесевых ингибиторах полимерного типа методами поляризационных кривых и гравиметрии в модельных системах в зависимости от рН среды и температуры, а также проведены гравиметрические определения вышеуказанных параметров в производственных условиях.

Литература

1. И. Луковиц, А. Шабан, Э. Кальман // Электрохимия, 2003, том 39, № 2, с. 197-202.
2. Холиков А.Ж., Акбаров Х.И., Тиллаев Р.С., Эшмаматова Н.Б. ингибирование коррозии углеродистой стали в слабо кислых средах. «Композиционные материалы: структура, свойства и применение». Ташкент-2008. –С. 99-101.
3. Холиков А.Ж., Эшмаматова Н.Б., Акбаров Х.И., Тиллаев Р.С. Количественная оценка эффективности смесевых ингибиторов по результатам гравиметрических исследований. «Аналитик кимёнинг хозирги замон холати ва ривожланиш истикболлари». Тошкент. 2008. -С.43-44.
4. Кривошеев В.Д. и др. Технологические свойства ингибиторов коррозии // Сборник тезис. «Коррозия и защита трубопроводов, скважин, газопромыслового и газоперерабатывающего оборудования». –Москва ВНИИЭ Газпром. 1980. -№ 5. -С. 19-27.
5. Салиджанова Н.С., Баратов Я.Ш. Технологические свойства композиций на основе полимерных аммониевых четвертичных солей в качестве ингибиторов коррозии // Композиционные материалы. 2005. -№ 3. -С. 28-29.