

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224-5286

Volume 3, Number 423 (2017), 52 – 59

V.N. Statsjuk, L.A. Fogel, A. Bold, U.Sultanbek

D.V.Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemical Almaty, Kazakhstan
vadim.st@inbox.ru, fogel.lidiya@mail.ru, b.amangul@inbox.ru, ularbeksultanbek@mail.ru

**CYCLIC VOLTAMMETRIC CURVES
OF IRON ELECTRODE WITH PHOSPHATE COATING**

Abstract. In order to form protective anticorrosive phosphate coatings on the surface of iron samples (Ст. 3), an optimum ratio of the concentrations of hydroxylamine and "Mazef" salt in the phosphating solution was established. The effect of solution temperature, exposure time of the iron samples, hydrodynamic conditions on the corrosion resistance of the phosphate coatings formed by the Akimov method was determined. The electrochemical activity of an iron electrode with phosphate coatings formed from solutions of the Mazef salt, hydroxylamine and their joint presence was determined by the method of cyclic voltammetry on the disk iron electrode (Ст.3) in the potential range $-0,3 - 1,2$ V. In this paper the possibility of using electrochemical methods - cyclic voltammetry to determine of conditions for the formation of the phosphate coating on iron electrode from phosphating solutions was considered. The proposed method is based on the voltammetric measurement of current to the cathode-maximum of electrodeposition products on the renewed and on the non-renewed surface of the iron electrode. It is shown that the greatest anticorrosive effect is observed in the joint presence of the "Mazef" salt and hydroxylamine in the solution. The results obtained correlate with the data on the corrosion resistance of phosphate coatings determined by the Akimov method.

Key words: iron, phosphate coating, hydroxylamine, Mazef salt, current-voltage curves, optimal conditions.

УДК 620.197.3; 621.7.029

В.Н. Стацюк, Л.А. Фогель, А. Болд, У. Султанбек

АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» Алматы, Казахстан

**ЦИКЛИЧЕСКИЕ ВОЛЬТАМПЕРНЫЕ КРИВЫЕ
ЖЕЛЕЗНОГО ЭЛЕКТРОДА С ФОСФАТНЫМ ПОКРЫТИЕМ**

Аннотация. С целью формирования защитных антикоррозионных фосфатных покрытий на поверхности железных образцов (Ст.3) установлено оптимальное соотношение концентраций гидроксиламина и соли «Мажеф» в используемом растворе. Определено влияние температуры раствора, времени экспонирования железного образца, гидродинамических условий на коррозионную стойкость формируемых фосфатных покрытий по методу Акимова. Методом снятия циклических вольтамперных кривых на дисковом железном электроде (Ст.3) в интервале потенциалов $-0,3$ до $1,2$ В. установлена электрохимическая активность железного электрода с фосфатными покрытиями, сформированными из растворов соли «Мажеф», гидроксиламина и при их совместном присутствии в растворе. Определена коррозионная стойкость фосфатных покрытий на железном электроде с использованием электрохимического метода по изменению тока катодного максимума на циклических вольтамперных кривых на обновленной и на необновленной поверхности железного электрода. Показано, что наибольший антикоррозионный эффект наблюдается при совместном присутствии соли «Мажеф» и гидроксиламина. Полученные результаты коррелируют с данными коррозионной стойкости фосфатных покрытий, определенными по методу Акимова.

Ключевые слова: фосфатные покрытия, гидроксилламин, соль «Мажеф» железный электрод, вольтамперометрия.

Фосфатные покрытия находят широкое применение в различных областях техники, машиностроения в качестве защитных покрытий от коррозии. Достигнуты значительные успехи по использованию фосфатирующих растворов разной природы и состава для создания ускоренных, низкотемпературных, экологически целесообразных, высокоэффективных антикоррозионных покрытий [1-17]. В последнее время значительное внимание уделяется фосфатирующим растворам, не содержащим ионов цинка, хрома, никеля и других ускорителей коррозии, которые могут оказывать влияние на окружающую среду, не являясь экологически безопасными. Следует отметить, что среди фосфатных растворов, не содержащих указанные выше компоненты, следует отнести растворы, в состав которых входят соединения, стимулирующие растворение используемой подложки (железо). К таким соединениям следует отнести некоторые катодные деполяризаторы и, в частности, гидросиламин [18-19].

Фосфатные покрытия могут образовываться на поверхности железных образцов и в присутствии кислых фосфатных растворов, однако в этом случае, по мере формирования фосфатных покрытий может протекать катодная реакция с выделением пузырьков водорода. Наличие на поверхности фосфатных пленок этих пузырьков уменьшает адгезию покрытия к железному образцу, что ведет к ослаблению антикоррозионных свойств фосфатного покрытия. Поэтому технологический процесс фосфатирования железных образцов следует заканчивать по мере образования пузырьков водорода. Следует также отметить, что наличие рыхлой фосфатной пленки, покрытой пузырьками водорода, приводит к ограничению подхода фосфат-ионов к поверхности железного образца и образованию на его поверхности прочно соединенного с кристаллической структурой железа фосфатного покрытия.

Введение в раствор для фосфатирования более эффективного катодного деполяризатора гидросиламина приводит к усилению анодной деполяризации железа и ослаблению сопряженной реакции восстановления ионов водорода. Рост анодной деполяризации железа приводит, в конечном счете, к увеличению концентрации ионов железа (III) у поверхности железного образца и уменьшению пузырьков водорода, что создает условия для более полного взаимодействия фосфат-ионов с ионами железа и образованию кристаллического фосфатного покрытия.

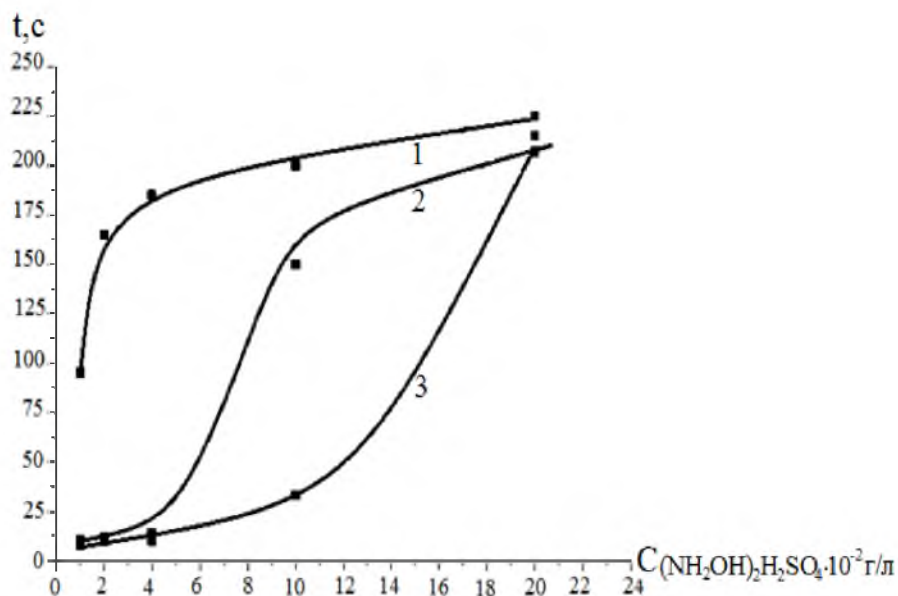
Цель настоящей работы заключается в установлении условий формирования защитных антикоррозионных покрытий на железном образце (Ст.3) с использованием фосфатирующих растворов, содержащих соль «Мажеф» и сернокислого гидроксида аммония.

Экспериментальная часть

Фосфатирование осуществляли на железных образцах (Ст.3) из растворов, содержащих соль Мажеф с добавками гидросиламина NH_2OH . Защитные свойства образуемых фосфатных покрытий оценивали по методу Г.В. Акимова [20] путем измерения времени с момента нанесения капли контрольного раствора до момента изменения ее цвета от голубого до желтого. Для установления влияния каждого из компонентов раствора использовали электрохимический метод – метод снятия циклических вольтамперных кривых, позволяющий оценить реакционную способность исходных компонентов и их взаимное влияние на катодные и анодные процессы на железном дисковом электроде в процессе формирования защитных фосфатных пленок.

Циклические вольтамперные кривые были получены с помощью потенциостата Gamry 3000 (США) в термостатированной электрохимической ячейке. Рабочим электродом служил железный (Ст.3) дисковый электрод с видимой поверхностью $0,03 \text{ см}^2$. В качестве вспомогательного электрода использовали платиновый электрод с большой видимой поверхностью, превосходящей поверхность латунного электрода более чем в 100 раз. Приведенные в статье потенциалы измеряли относительно хлорсеребряного электрода фирмы Metrom (Швейцария) с потенциалом 196 мВ относительно водородного электрода. В качестве электролита использовали раствор $0,3 \text{ M Na}_2\text{SO}_4$, который является индифферентным к фосфатным покрытиям. Циклические вольтамперные кривые снимали в области потенциалов $-0,3$ до $-1,2 \text{ В}$ со скоростью развертки потенциала 20 мВ/с . Перед снятием циклических вольтамперных кривых поверхность рабочего электрода обновляли наждачной бумагой MIRKA 2000, промывали дистиллированной водой, затем полировали на бумажном фильтре (синяя лента) и окончательно промывали дистиллированной водой.

На рисунке 1 приведена зависимость изменения стойкости фосфатного покрытия (по методу Акимова) от концентрации раствора гидроксилamina при разных концентрациях соли «Мажеф» (кривые 1-3).



Концентрация соли «Мажеф», г/л: 1- 1; 2- 5; 3 - 10

Рисунок 1 – Влияние концентрации гидроксилamina на коррозионную стойкость фосфатных покрытий с разным содержанием соли «Мажеф» на железном образце

Концентрацию гидроксилamina изменяли от 0,02 до 0,2 г/л. Кривая 1 на рисунке 1 соответствует изменению коррозионной стойкости фосфатной пленки при концентрации соли «Мажеф» 1 г/л; кривая 2 соответствует концентрации соли «Мажеф» 5 г/л; кривая 3 отвечает концентрации соли «Мажеф» 10 г/л. При концентрации соли Мажеф 1 г/л коррозионная стойкость фосфатного покрытия достигает практически максимального значения 200 с при концентрации гидроксилamina 4-6 г/л (рисунок 1, кривая 1). Дальнейшее увеличение концентрации гидроксилamina приводит к незначительному увеличению коррозионной стойкости покрытия. С ростом концентрации соли Мажеф до 5 г/л максимальная коррозионная стойкость ~ 200 с достигается при концентрации гидроксилamina $1,8 \cdot 10^{-1}$ г/л. В этих условиях зависимость изменения коррозионной стойкости от концентрации гидроксилamina имеет вид волны (рисунок 1, кривая 2). Увеличение концентрации соли Мажеф до 10 г/л (рисунок 1, кривая 3) приводит к увеличению коррозионной стойкости покрытия с ростом концентрации гидроксилamina более 0,1 г/л. Полученные данные свидетельствуют о том, что для формирования коррозионно-устойчивой фосфатной пленки на поверхности железных образцов, необходимо соблюдать определенное соотношение концентрации соли Мажеф и гидроксилamina. Наиболее эффективные фосфатные покрытия наблюдаются при соотношении концентраций соли Мажеф 1 г/л и гидроксилamina $(4-6) \cdot 10^{-2}$ г/л.

Проведено исследование влияния концентрации гидроксилamina в отсутствие соли «Мажеф» на формирование защитных фосфатных пленок на железном образце (рисунок 2). На рисунке 2 приведена зависимость защитной способности железного образца, определенная по методу Акимова, от концентрации гидроксилamina. Согласно рисунку 2 защитная способность железного образца с ростом концентрации гидроксилamina увеличивается, в то время как защитная способность железного образца с увеличением концентрации соли «Мажеф» меняется незначительно. Можно предположить, что в присутствии гидроксилamina на поверхности железного образца образуются защитные оксидные соединения железа.

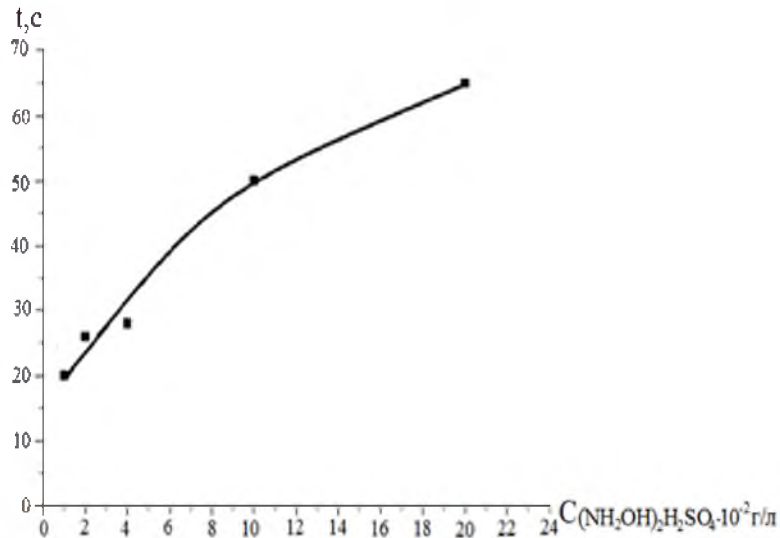
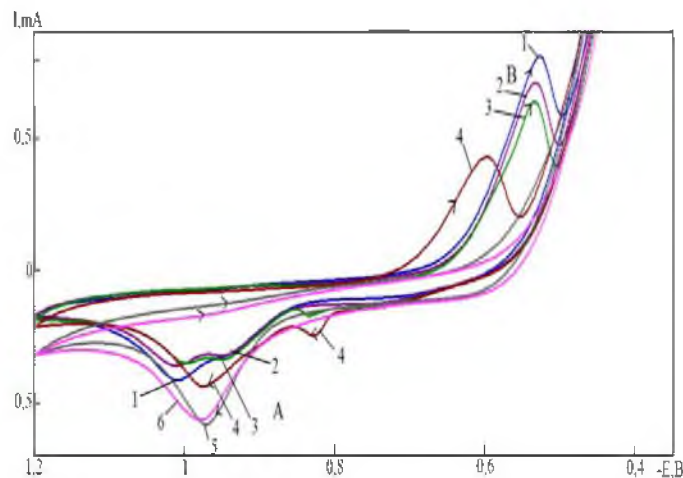


Рисунок 2 – Влияние концентрации гидроксиламина на коррозионную стойкость покрытий на железном образце

Полезная информация о влиянии гидроксиламина, соли Мажеф и их взаимном влиянии может быть получена с использованием электрохимического метода путем снятия циклических вольтамперных кривых на дисковом железном электроде. На рисунке 3 приведены циклические вольтамперные кривые, полученные на железном электроде в растворе 0,3 М Na_2SO_4 при $\text{pH}=3$ и разных концентрациях гидроксиламина (NH_2SO_4) (кривые 1-6) в интервале потенциалов от -0,3 до -1,2 В.



Концентрация гидроксиламина, г/л: 1 - 0; 2 - $0,8 \cdot 10^{-2}$; 3 - $1,6 \cdot 10^{-2}$; 4 - $3,2 \cdot 10^{-2}$; 5 - $6,5 \cdot 10^{-2}$; 6 - 0,1; $\text{pH}=3,0$; $E_n = -0,35$ $E_k = -1,2$

Рисунок 3 - Циклические вольтамперные кривые на железном электроде в растворе 0,3 М Na_2SO_4 при разных концентрациях гидроксиламина

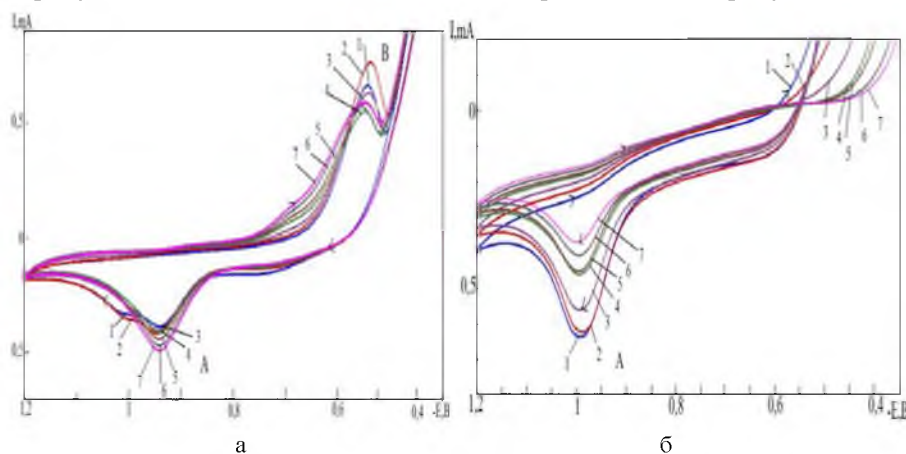
Снятие циклических вольтамперных кривых проводили в следующей последовательности. Вначале фиксировали катодные вольтамперные кривые от начального потенциала $E_n = -0,3$ В до конечного потенциала $E_k = -1,2$ В. По достижению E_k направление развертки потенциала меняли на противоположное, в результате чего получали анодные кривые. Кривая 1 (рисунок 3) отвечает циклическим вольтамперным кривым, полученным на железном электроде в растворе 0,3 М Na_2SO_4 ($\text{pH}=3$). На катодной части вольтамперной кривой в области потенциалов -0,8÷-1,1 В наблюдаются два различных максимума тока. Появление этих пологих максимумов свидетельствует о разной реакционной способности продуктов анодной ионизации (растворения) железа при

начальном потенциале $E_n = -0,3$ В с последующим его электровосстановлением при катодной ионизации железного электрода. Конечным продуктом при катодной поляризации электрода при $E_k = -1,2$ В является Fe(0). На анодной части при потенциалах менее отрицательных, чем $-0,6$ В, наблюдается окисление железа (0) до Fe(II) Fe(III). Этим процессам отвечает максимум тока (B) при $E = -0,5$ В.

С увеличением концентрации гидроксилamina (рисунок 3, кривые 3-6) вместо двух максимумов тока на катодной кривой наблюдается единственный максимум (A) с потенциалом $E_n = -0,95$ В. В области потенциалов $-0,8$ В на катодных кривых наблюдается небольшой максимум тока (рисунок 3, кривые 4,5), который исчезает при дальнейшем увеличении концентрации гидроксилamina. Появление этого небольшого максимума тока определяется природой соединений, образующихся на поверхности электрода при заданной концентрации гидроксилamina.

На анодной части вольтамперных кривых ток максимума (B) с увеличением концентрации гидроксилamina понижается (рисунок 3, кривые 1-4). Дальнейшее увеличение концентрации гидроксилamina приводит к исчезновению максимума тока (B) (рисунок 3, кривые 5,6).

Полезная информация о влиянии гидроксилamina на формирование защитных антикоррозионных пленок на поверхности железного образца может быть получена при сопоставлении циклических вольтамперных кривых на железном электроде в растворе $0,3$ М Na_2SO_4 (pH=3) (рисунок 4а) и $0,3$ М $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 0,1$ г/л гидроксилamina (рисунок 4б).



pH= 3,0. $E_n = -0,35$, $E_k = -1,2$

Рисунок 4 - Циклические вольтамперные кривые на железном электроде в растворе $0,3$ М Na_2SO_4 (а) и в присутствии гидроксилamina $0,3$ М $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 0,1$ г/л $(\text{NH}_2\text{OH})_2 \text{H}_2\text{SO}_4$ (б)

Согласно рисунку 4а с увеличением числа циклов величина тока максимума (A) увеличивается. На анодной части вольтамперной кривой величина тока максимума (B) уменьшается с появлением волны при менее отрицательных потенциалах. Из полученных вольтамперных кривых следует, что с увеличением числа циклов без обновления поверхности электрода ионизация железного электрода усиливается. На катодной части вольтамперных кривых этому процессу соответствует увеличение тока максимума (A), величина тока этого максимума зависит от степени заполнения поверхности электрода продуктами анодного электроокисления, которые восстанавливаются в области потенциалов максимума (A).

Противоположные явления наблюдаются на циклических вольтамперных кривых, полученных на железном электроде из раствора $0,3$ М Na_2SO_4 в присутствии $0,1$ г/л гидроксилamina (рисунок 4б). Согласно рисунку 4б с увеличением числа циклов величина тока максимума (A) заметно уменьшается без существенного изменения потенциала этого максимума. Обращает на себя внимание то обстоятельство, что по мере увеличения числа циклов потенциал начала ионизации железного электрода смещается в область положительных значений (рисунок 4б, кривые 1-7).

В этих условиях при начальном потенциале E_n степень заполнения поверхности продуктами ионизации железа уменьшается и, как следствие этого, уменьшается величина тока катодного

максимума (А). Отсюда следует, что циклическая поляризация железного электрода в растворе 0,3 М Na_2SO_4 в присутствии 0,1 г/л гидросиламина в исследуемом интервале потенциалов приводит к торможению коррозионных процессов на железном электроде из-за того, что на поверхности электрода образуется пленка, обладающая антикоррозионными свойствами. Нельзя исключить, что такими же свойствами обладают оксидные соединения железа, образующиеся при наличии в исследуемом растворе гидросиламина.

Во многом сходные явления наблюдаются на циклических вольтамперных кривых, полученных на железном электроде в растворе 0,3 М Na_2SO_4 , содержащем соль Мажеф.

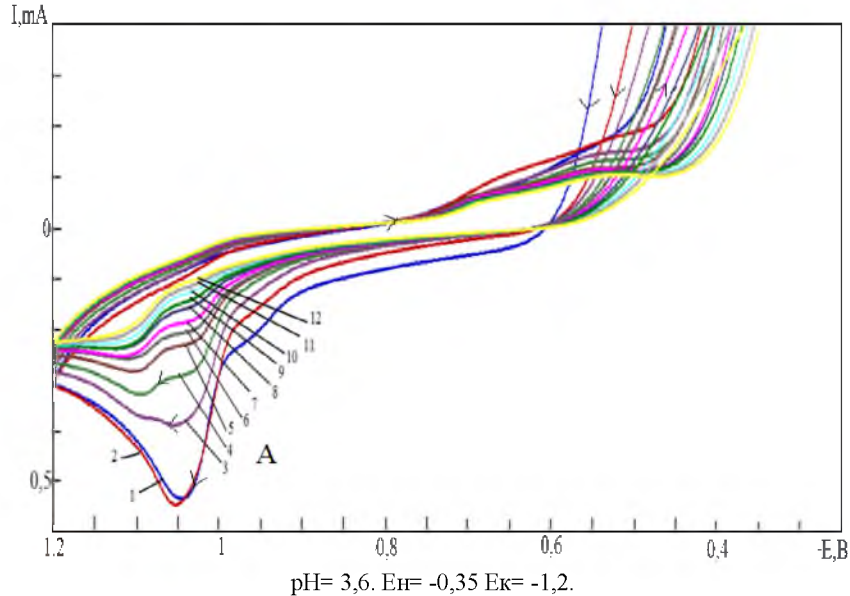
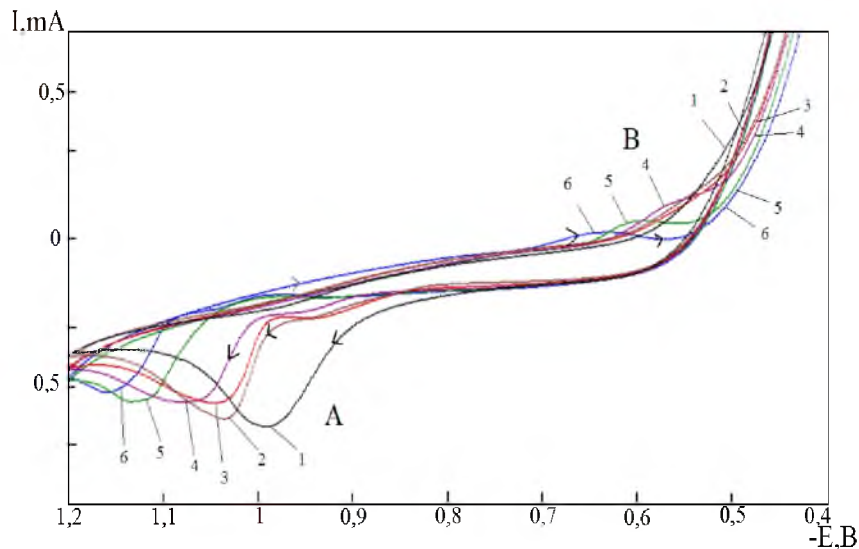


Рисунок 5 – Циклические вольтамперные кривые на железном электроде в растворе 0,3 М Na_2SO_4 + 0,21 г/л соли Мажеф



Концентрация соли Мажеф (г/л): 1 – 0; 2 – 0,005; 3 – 0,01; 4 – 0,02; 5 – 0,04; 6 – 0,06; pH= 3,0; $E_n = -0,35$ $E_k = -1,2$

Рисунок 6 – Циклические вольтамперные кривые на железном электроде в растворе 0,3 М Na_2SO_4 + 0,1г гидросиламина от концентрации соли Мажеф

На рисунке 5 представлены циклические вольтамперные кривые (12 циклов) на железном электроде в растворе 0,3 М Na_2SO_4 + 0,21 соли Мажеф (pH=3). Согласно рисунку 5 по мере увеличения числа циклов величина тока катодного максимума (А) заметно понижается. (кривые 1-12). На 12-ом цикле максимум тока (А) становится незначительным по сравнению с максимумом

тока (А) на первом цикле (кривая 1). На анодной кривой начало ионизации железного электрода в предлагаемых условиях заметно смещается в область более положительных потенциалов.

Полученные данные, представленные на рисунке 5, свидетельствуют о том, что на поверхности железного электрода в процессе его циклирования образуется фосфатное покрытие, предотвращающее коррозионные процессы.

Для выяснения влияния гидроксиламина на поведение железного электрода в растворе 0,3 М Na_2SO_4 + 0,1 г/л гидроксиламина получены циклические вольтамперные кривые при разных концентрациях соли Мажеф (рисунок 6).

Согласно рисунку 6 при увеличении концентрации соли «Мажеф» (кривые 1-7) величина тока максимума (А) заметно снижается, а его потенциал смещается в область более отрицательных потенциалов. Такое смещение потенциала максимума (А) от -0,95 В до -1,15 В свидетельствует об образовании фосфатных соединений на поверхности железного электрода, которые инициируются гидроксиламином. Заполнение поверхности железного электрода фосфатными соединениями железа приводит к усилению защитной способности железного электрода, о чем свидетельствует уменьшение тока и смещение потенциала максимума (А) в область более отрицательных потенциалов.

Таким образом, защитная способность железного электрода с фосфатным покрытием, определенная по методу Акимова, усиливается при наличии в растворе гидроксиламина (рисунки 1,2), что находится в согласии с данными, полученными методом циклической вольтамперометрии (рисунок 6).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Хаин И.И. Теория и практика фосфатирования металлов. - Л.: Химия, 1973. - 312 с.
- [2] Гришпехс С.Я. Оксидные и фосфатные покрытия металлов. - Л.: Машиностроение, 1985. - 280 с.
- [3] Акользин А.П. Противокоррозийная защита стали пленкообразователями. - М.: Металлургия, 1989. - 53 с.
- [4] Freeman D.B. Phosphating and metal pretreatment. Woodhead-Faulkner: Cambridge, 1986. - 130 p.
- [5] Zimmermann D., Munoz A.G., Schultze J.W. Microscopic local elements in the phosphating process // *Electrochimica Acta*. - 2003– V. 48. – P. 3267-3277.
- [6] Sankara Narayanan. Surface pretreatment by phosphate conversion coatings // *Rev. Adv. Mater. Sci.* – 2005. № 9 – P. 134-137.
- [7] Абрашов А. А., Григорян Н. С., Ваграмян Т.А., Акимова Е.Ф. Совершенствование растворов кристаллического фосфатирования. // *Гальванотехника и обработка поверхности*. – М., 2010. – Т. 18, № 3, С.48-52.
- [8] Kulyushina N. V., Grigoryan N. S., Mazurova D. V., Kalinkina A.A., Men'shikov V.V., Vagramyan T.A. Deposition of protective coatings from aqueous solutions of silicates of tertiary ammonium bases // *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*. 2011. V. 47. №7, P. 884-888.
- [9] Abrashov A.A., Grigoryan N.S., Vagramyan T.A., Papirova R.V., Styazhkina M.I. Low-temperature solutions for crystalline phosphating // *Гальванотехника и обработка поверхности*. – М., 2013. Т. 21, № 4, С.40-45.
- [10] Abrashov A.A., Chamashkina N.N. Yur'eva G.A., Grigoryan N.S., Vagramyan T.A. Improvement in the phosphating process // *Гальванотехника и обработка поверхности*. – М., 2012. Т. 20, № 4, С.7-12.
- [11] Grigoryan N.S., Kulushina N.V., Mitina A/N/, Gunko Yu.K., Vagramyan T.A. Development of the process of formation of protective silica-organic adhesion coatings // *Гальванотехника и обработка поверхности*. – М., 2013. – Т. 21, № 1, с.39-46.
- [12] Zhai Y., Zhao Z., Frankel G.S., Zimmerman J.T./ Surface Pretreatment Based On Dilute Hexafluorozirconic Acid. Tri-service corrosion conference. 2007. – P. 1-16.
- [13] Adhikaria Saikat, Unocica K.A., Zhaia Y., Frankela G.S., Zimmermanb John, Fristad W. Hexafluorozirconic acid based surface pretreatments: Characterization and performance assessment // *Electrochimica Acta*. 2011. - V. 56. – P. 1912-1924.
- [14] Nela J.T., du Plessisa W., Nhlabathia T.N., Pretoriusa C.J., Jansena A.A., Crouse P.L.. Reaction kinetics of the microwave enhanced digestion of zircon with ammonium acid fluoride // *J. of Fluorine Chemistry*. – 2011. – V.132. - P.258-262.
- [15] Микпис Ю.И., Рутавичюс А.И. Холодное фосфатирование стали с добавками производных тиобензилиндазола // *Защита металлов*. -1996. Т.32, №2. - С. 196-199.
- [16] Козлова Л.А., Окулов В.В. Фосфатирование. Теория и практика. Часть 2 // *Гальванотехника и обработка поверхности*.- 2000. - Т. 8, № 1. - С. 37-41.
- [17] Zhong Xue-li, Peng-Tao J.I. Establishment of Environmentally Acceptable Room-Temperature Phosphating Process and Evaluation of Corrosion Resistance of Phosphating Coating // *Materials Protection*. – 2013. №3. - P.215-221.
- [18] Григорян Н.С., Акимова Е.Ф., Ваграмян Т.А. Фосфатирование: учеб. пособие. –М.: Глобус, 2008. - 144 с.
- [19] Стацок В.Н, Султанбек У., Фогель Л.А. Влияние гидроксиламина на фосфатирование железа в сульфатных растворах // *Известия НАН РК (сер. хим.)*. - 2016. – №5. – С.194-199.
- [20] ГОСТ 9.302-88. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические. Методы контроля. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 40 с.

REFERENCES

- [1] Khain I.I Theory and practice of metal phosphating. *L.: Chemistry*, **1973**, 312 p.
- [2] Grshshhs S. Ya. Oxide and phosphate coatings of metals. *L.: Mechanical Engineering*, **1985**, 280 p.
- [3] Akolzin A.P Anticorrosive steel film-forming agents. *M.: Metallurgy*, **1989**, 53 p.
- [4] Freeman D.B. Phosphating and metal pretreatment. *Woodhead-Faulkner: Cambridge*, **1986**, 130 p. (in Eng.).
- [5] Zimmermann D., Munoz A.G., Schultze J.W. *Electrochimica Acta*, **2003**, 48, 3267-3277 (in Eng.).
- [6] Sankara Narayanan. Surface pretreatment by phosphate conversion coatings. *Rev. Adv. Mater. Sci.* **2005**, 9, 134-137(in Eng.).
- [7] Abrashov A.A., Grigoryan N.S., Vahramyan T.A., Akimova E.F *Electroplating and surface treatment*, **2010**, 3, 48-52 (in Russ.).
- [8] Kulyushina N. V., Grigoryan N. S., Mazurova D. V., Kalinkina A.A., Men'shikov V.V., Vagramyan T.A. Deposition of protective coatings from aqueous solutions of silicates of tertiary ammonium bases. *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*. **2011**, 7, 884-888 (in Eng.).
- [9] Abrashov A.A., Grigoryan N.S., Vagramyan T.A., Papirova R.V., Styazhkina M.I. *Galvanatehnika i obrabotka poverhnosti*, **2013**, № 4, 40-45 (in Eng.).
- [10] Abrashov A.A., Chamashkina N.N. Yur'eva G.A., Grigoryan N.S., Vagramyan T.A. *Galvanatehnika i obrabotka poverhnosti*, **2012**, 4, 7-12 (in Eng.).
- [11] Grigoryan N.S., Kulushina N.V., Mitina A.N., Gunko Yu.K., Vagramyan T.A. *Galvanatehnika i obrabotka poverhnosti*, **2013**, 1, 39-46 (in Eng.).
- [12] Zhai Y., Zhao Z., Frankel G.S., Zimmerman J.T. Surface Pretreatment Based On Dilute Hexafluorozirconic Acid. *Tri-service corrosion conference*, **2007**, 1-16 (in Eng.).
- [13] Adhikaria Saikat, Unocica K.A., Zhaia Y., Frankela G.S., Zimmerman John, Fristad W. *Electrochimica Acta*, **2011**, 56, 1912-1924 (in Eng.).
- [14] Nela J.T., du Plessisa W., Nhlathathia T.N., Pretoriusa C.J., Jansena A.A., Crouse P.L. *of Fluorine Chemistry*, **2011**, 132, 258-262 (in Eng.).
- [15] Mikshis Yu.I., Rutavicius A.I. Cold phosphating of steel with additives of thiobenzylindazole derivatives Protection of metals, **1996**, 32, 2, 196-199 (in Russ.).
- [16] Kozlova L.A., Okulov V.V. *Galvanatehnika i obrabotka poverhnosti*, **2000**, 1, 37-41 (in Russ.).
- [17] Zhong Xue-li, Peng-Tao J.I. *Materials Protection*, **2013**, 3, 215-221 (in Eng.).
- [18] Grigoryan N.S., Akimova E.F., Vahramyan T.A. *Globe*, **2008**, 144 p.
- [19] Stasyuk V.N., Sultanbek U., Vogel L.A. *Izvestiya NAS RK (gray chem.)*. – **2016**, 5, 194-199 (in Russ.).
- [20] GOST 9.302-88. Unified system of corrosion and aging. Publishing House of the standards, **1990**, 40 p. (in Russ.).

ӘОЖ: 620.197.3; 621.7.029

В.Н. Стацюк, Л.А. Фогель, А. Болд, У. Султанбек

Д.В. Сокольский атындағы Жанармай, катализ және электрохимия институты, Алматы қ., Қазақстан

**ФОСФАТТЫ ЖАБЫНДЫСЫ БАР ТЕМІР ЭЛЕКТРОДЫНЫҢ
ЫЦИКЛДІ ВОЛЬТАМПЕРЛІК ҚИСЫҚТАРЫ**

Аннотация. Темір электродының (Ст.3) бетіне антикоррозиялық қорғауға арналған фосфатты жабынды қалыптастыру мақсатында қолданылатын ерітінді «Мажеф» тұздары мен гидроксид амин концентрациясының оңтайлы қатынасы орнатылды. Акимов әдісі бойынша қалыптасқан фосфат жабындысының коррозияға төзімділігіне темір үлгісінің ұстау уақыты, гидродинамикалық жағдайлары, ерітінді температурасының әсері анықталды. Дискілі темір электродында -0,3-тен -1,2 В дейін потенциал интервалында түсірілген, никлді вольтамперлік қисықтар әдісімен «Мажеф» тұздары, гидроксид амин және екеуінің бірлескен ерітінділерінен қалыптасқан фосфат жабындысы бар темір электродының электрохимиялық белсенділігі анықталды.

Электрохимиялық әдісті пайдалана отырып, жаңартылған және жаңартылмаған темір электроды бетінде никлді вольтамперлік қисығы катодты максимумдар тоғының өзгеруі, фосфат жабындысы бар темір электродының коррозияға төзімділігі анықталады. Ал ең жоғарғы антикоррозиялық әсер бірлескен «Мажеф» және гидроксид амин тұздарының қатысуымен байқалатыны көрсетілді. Акимов әдісімен анықталған фосфатты жабындының коррозиялық төзімділігі деректерімен алынған нәтижелер өзара байланысты.

Түйін сөздер: фосфатты жабынды, гидроксид амин, «Мажеф» тұзы, темір электроды, вольтамперметрия.