

УДК: 541.13

А. А. АДАЙБЕКОВА, Ә. Б. БАЕШОВ, Т. Э. ГАИПОВ

(«Д.В.Сокольский атындағы Органикалық катализ және электрохимия институты» АҚ, Алматы қ.)

**АНОДТЫ ИМПУЛЬСТІ ТОҚПЕН ПОЛЯРИЗАЦИЯЛАНҒАН
АЛЮМИНИЙ ЭЛЕКТРОДЫНЫҢ ФОСФОР ҚЫШҚЫЛЫ
ЕРІТІНДІСІНДЕГІ ЕРУ ЗАҢДЫЛЫҚТАРЫ***A. A. Adaibekova, A. B. Bayeshov, T. E. Gaipov*

(«Institute of Organic Catalysis and Electrochemistry of D.V. Sokolsky», Almaty)

**DISSOLUTION OF THE ALUMINUM ELECTRODE IN PHOSPHORIC ACID,
THE ANODE CURRENT PULSE POLARIZATION****Key words:** electrolysis, not stationary current, polarization, aluminium, electrood.

Abstract: In this paper, was studied that the regularities of the process of dissolution of the aluminum electrode in phosphoric acid when the anode current polarization pulse frequency of 50 Hz. At the current output of aluminum dissolution was investigated with the influence of various parameters such as current density, the concentration of phosphoric acid, of the temperature solution, the duration of electrolysis. It is shown that the dissolution of the aluminum electrode with a high current efficiency accompanied by the formation of aluminum dihydrogen phosphate.

Бұл ғылыми еңбекте фосфор қышқылы ерітіндісінде алюминий электродының жиілігі 50 Гц импульсті анодты тоқ қатысындағы еру заңдылықтары зерттелді. Алюминий еруінің тоқ бойынша шығымына: тоқ тығыздығының, фосфор қышқылы концентрациясының, ерітінді температурасының, электролиз уақытының әсерлері қарастырылды. Алюминий электродының жоғары тоқ бойынша шығыммен алюминий дигидрофосфатын түзе ерітіндігі көрсетілді.

Тірек сөздер: электролиз, импульсті анодты тоқ, стационарлы емес тоқ, поляризация, алюминий, электрод.

Ғылым мен техниканың осы заманғы қарқынды дамуына ғылымның электрохимия саласы өз үлесін қосып отырғаны белгілі. Бұл сала – таза өнім алуға, әртүрлі қалдықсыз технологиялар жасауға мүмкіндік береді. Электрохимия ғылымы уақыт өте келе біртіндеп өркендеп – химия, металлургия өндірістерінде және экология проблемаларын шешуде, жоғары деңгейдегі жетістіктерімен ерекшеленуде.

Жаратылыстану ғылымдары саласының тез дамуы, зерттеудің жаңа әдістерінің пайда болуын қажет етеді. Өндіріс тұрғысынан, электролиздің жүру жағдайы – тиімді, қарапайым және оңай болуы тиіс. Мұндай мүмкіндіктер, электролизді стационарлы емес режимде жүргізгенде орын алады. Атап айтсақ, оларға – симметриялы, реверсивті, импульсті, асимметриялы және де басқа олардың түрлеріндегі айнымалы тоқтар жатады [1-5].

Импульсті тоқ – тек анодты немесе тек катодты жартылай периодта жүретін тоқтардың бір түрі. Мысалы, оның тұрақты анодты тоқтан ерекшелігі, анодты тоқ тұрақты түрде жүрсе, ал импульсті анодты тоқ – бір бағытта белгілі бір периодты үзіліс уақыттар арқылы іске асырылады. Мысалы, жиілігі 50 Гц айнымалы тоқ 1 секундта 50 рет анод жартылай периодында, 50 рет катод жартылай периодында болады. Егер осы айнымалы тоқ тізбегіне жартылайөткізгішті (диодты) тізбектеп жалғасақ, жиілігі 50 Гц-ке тең импульсті тоқ алуға болады.

Стационарлы емес тоқтардың бейорганикалық заттарды синтездеудегі мүмкіндіктері [6-7] жұмыстарда көрсетілген.

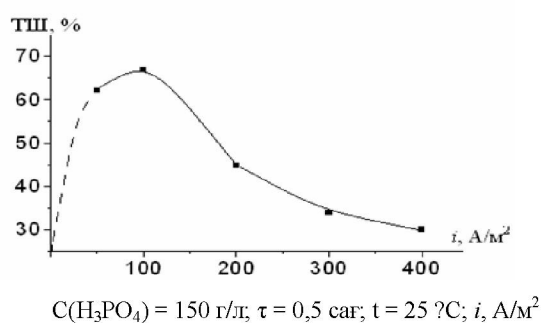
Алюминий электродын күкірт қышқылы ерітіндісінде анодты поляризациялағанда оның мардымды еруі байқалмайды. Біздің бұрын жүргізген эксперименттерімізде, үш фазалы айнымалы

тоқпен поляризацияланған алюминий электродтарының жоғары жылдамдықпен еритіндігі көрсетілген болатын [8-9].

Бұл зерттеуде алюминий электродтарын жиілігі 50 Гц импульсті анодты тоқпен поляризациялау кезіндегі, фосфор қышқылы ерітіндісіндегі еру заңдылықтары зерттелді. Электролиз сыйымдылығы 200 мл электролизерда жүргізілді. Электродтар ретінде аудандары ($S = 10,5 \text{ см}^2$) бірдей екі алюминий пластинкалар қолданылды. Жиілігі 50 Гц импульсті анодты тоқ, TDGC₂ 1 kVA маркалы ЛАТР және тізбекке жалғанған Д412 маркалы диод арқылы алынды. Тоқ күші Э525 модельді амперметрмен өлшенді. Еріген алюминийдің өзгеру массасы РА214С маркалы электронды таразымен өлшенді. Алюминий электроды еруінің тоқ бойынша шығымы (ТШ) үш электронды реакция бойынша есептелінді:



Алдымен алюминий электродтарының фосфор қышқылы ерітіндісінде анодты импульсті тоқпен поляризациялау кезінде, оның еруінің ТШ, электродтағы тоқ тығыздығының әсері қарастырылды (1-сурет). Мұнда тоқ тығыздығын 100 дейін жоғарылатқанда алюминий еруінің ТШ өсетіндігін, ал одан жоғары тоқ тығыздықтарында – біртіндеп төмендейтіндігі анықталды.



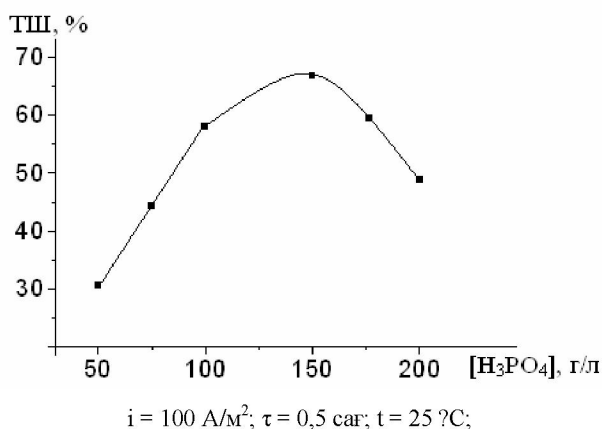
1-сурет – Анодты импульсті тоқпен поляризацияланған алюминий электродтарының фосфор қышқылы ерітіндісінде еруінің тоқ бойынша шығымына электродтағы тоқ тығыздығының әсері

электродтар бетінде алюминий фосфаттарының түзіліп, тұзды пассивациялану әрекетімен және қосымша оттегі газының бөлінуімен түсіндіруге болады.

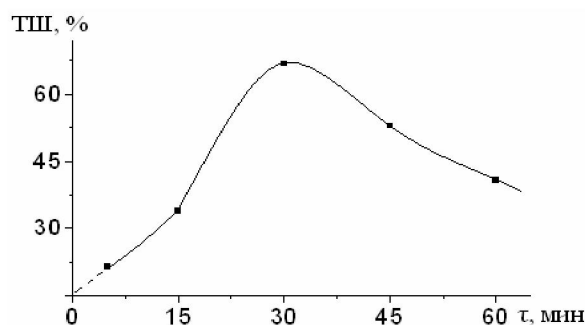
Зерттеу жұмыстарында электролиз уақытын жоғарылатқан сайын алюминий электродының еруінің тоқ бойынша шығымы алғашында артып, ал 30 минуттан соң оның төмендейтіндігін көруге болады (3-сурет). Бұл құбылысты да электрод бетінің біртіндеп тұзды пассивациялануымен түсіндіруге болады.

Тоқ бойынша шығымның төмендеуін, металдық тотық қабаттың түзілу жылдамдығының артуымен және қосымша реакциялардың жүруімен түсіндіруге болады.

Анодты импульсты тоқпен поляризацияланған алюминий электродының электрохимиялық еру ерекшелігі фосфор қышқылы концентрациясы 5 – 200 г/л аралығында зерттелді (2-сурет). Фосфор қышқылының концентрациясын 5 – 150 г/л аралығында жоғарылатқан сайын, алюминий еруінің тоқ бойынша шығымының күрт жоғарылағандығын, ал одан жоғары концентрацияларда – төмендейтіндігі көрсетілді. Бұл құбылысты



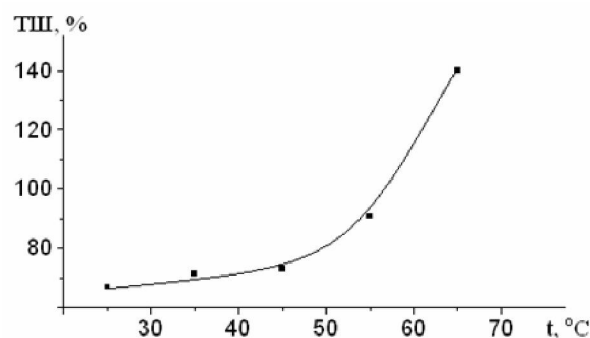
2-сурет – Анодты импульсті тоқпен поляризацияланған алюминий электродтары еруінің тоқ бойынша шығымына фосфор қышқылы концентрацияның әсері



$$C(\text{H}_3\text{PO}_4) = 150 \text{ г/л}; i = 100 \text{ А/м}^2; t = 25 \text{ }^\circ\text{C};$$

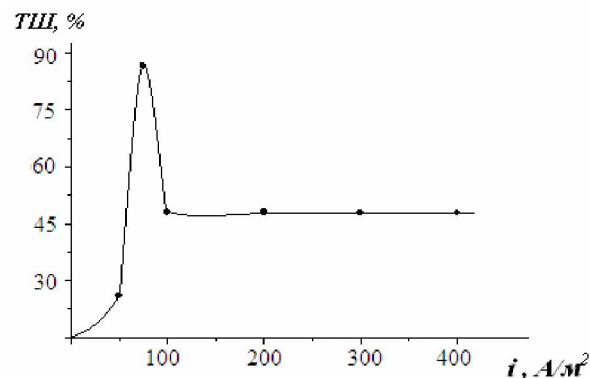
3- сурет – Анодты импульсті тоқпен поляризацияланған алюминий электродының фосфор қышқылы ерітіндісінде еруінің тоқ бойынша шығымға электролиз уақытының әсері

Келесі тәжірибелерде анодты импульстық тоқпен поляризациялау кезіндегі алюминий еруінің тоқ бойынша шығымға температураның әсері зерттелінді. Анодты импульсті тоқпен поляризациялау барысында электролит температурасын $65 \text{ }^\circ\text{C}$ дейін жоғарылатқанда, алюминий электродының еруінің тоқ бойынша шығымсы $140 \text{ } \%$ -ға дейін өсетіндігін көрсетті. Бұл құбылысты жоғары температураларда алюминий беті тотықтық пленкадан толық арылып, алюминийдің электрохимиялық еруімен қатар химиялық еруі жылдамдығының артуымен түсіндіруге болады:



$$C(\text{H}_3\text{PO}_4) = 150 \text{ г/л}; i = 100 \text{ А/м}^2; \tau = 0,5 \text{ сар};$$

4-сурет – Анодты импульсті тоқпен поляризациялау кезіндегі алюминий электродтары еруінің тоқ бойынша шығымға температураның әсері



$$C(\text{H}_3\text{PO}_4) = 150 \text{ г/л}; \tau = 0,5 \text{ сар}; t = 25 \text{ }^\circ\text{C};$$

5-сурет – Анодты тоқпен поляризацияланған алюминийдің фосфор қышқылында еруінің тоқ бойынша шығымсына тоқ тығыздығының әсері

Анодты импульсті тоқпен поляризациялаудың өндірістік тиімділігін салыстыру мақсатында, анодты поляризацияланған алюминийдің фосфор қышқылында еруінің максималды ток бойынша шығымы 75 А/м^2 тоқ тығыздығында 90 % құрады (5-сурет). Одан кейін ТШ 48 % түсіп, 400 А/м^2 дейін өзгеріссіз қалады. Анодты тоқпен поляризациялағанда электродтар арасындағы кернеу мәні $\sim 21 \text{ В}$ тең болса, ал анодты импульстық тоқпен поляризациялағанда кернеу мәні $\sim 1,3 \text{ В}$ құрап отыр. Демек, анодты импульсті тоқпен поляризациялау кезінде электр энергиясының шығыны 16 еседен аса аз болатындығын көрсетті.

Сонымен жүргізілген зерттеу жұмыстарын қорытындылай келе, алынған нәтижелерге сүйене отырып, анодты импульсті тоқта поляризацияланған алюминий электродын фосфор қышқылында еру заңдылықтары зерттелді және электролизден кейін алынған ерітіндіні буландырып, тұнба алынды. Кейінгінің рентгенофазаның анализі, алюминийдің дигидрофосфатының түзілетінің көрсетті. Ал бұл қосылыс әлемдік нарықта аса үлкен сұранысқа ие. Олар – отқа төзімді формаланған материалдар, тозуға төзімді керамика, төзімділігі жоғары бетондар өндірісінде қолданылады. Оңтайлы жағдайда, алюминийді фосфор қышқылда айнымалы токпен поляризациялағанда, ток бойынша шығым бөлме температурасында 66,8 % құрады, ал жоғары температурада 100 % асады.

ЛИТЕРАТУРА

1. Укше Е.А. Электрохимические цепи переменного тока. – М.: Наука, 1973. – 128 с.
2. Костин Н.А., Кублановский В.С., Заблудовский В.А. Импульсный электролиз. – Киев: Наукова думка, 1989. – 167 с.
3. Винник А.Ф., Бойко А.В., Слосарская Т.В. Некоторые вопросы теории и практики импульсного электролиза. // Прикл. электрохимия. Теория технологии и защитные свойства гальванических покрытий. Казанский хим. техн. ин - т. – Казань, 1991. – С.31-35.
4. Марков Л.Е., Образцов С.В. Применение нестационарных методов в электрохимической технологии. – Томск, 1988. – 81 с.
5. Van den Bossche B., Deconinek J., Flondor G., Van den Winkel P., Hubin A. Steady-state and pulsed current multi-ion reaction simulations for a thallium electrodeposition process. // 53 Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Dusseldorf. – 2002. – P.74.
6. Баешов А.Б. Электрохимические процессы при поляризации нестационарными токами // Известия НАН РК. 2011. № 2. С. 3-23.
7. Баешов А.Б. Баешова А.К. Электрохимические способы получения неорганических веществ, Lambert, Academic Publishing, Германия, 2012. – 7 с.
8. Сарбаева М.Т. Баешов Ә.Б. Сарбаева Г.Т. Үш фазалы өндірістік айнымалы поляризацияланған алюминий электродының наноразмерлі $\text{Al}(\text{OH})_3$ түзе еруі // Химия және химиялық инженерия саласындағы жоғары білім мен ғылымның қазіргі мәселелері. «Халықаралық симпозиум материалдары». Алматы., 2013. 134-б.
9. Баешов Ә.Б. Сарбаева М.Т. Сарбаева Г.Т. Өндірістік үш фазалы айнымалы токпен поляризацияланған алюминий электродының еруі // Материалы международной научно-практической конференции «Наука и образование в Центральном Казахстане». Караганда, 2013. С. 176.

REFERENCES

1. Ukshe E. A. Electrochemical AC circuit. - Moscow: Nauka, 1973. P. 128.
2. Kostin N. A., Kublanovsky V. S., Zabudovsky V. A. Pulse electrolysis. – Kiev: Naukova Dumka, 1989. P. 167.
3. Vinnik A. F., Boiko A. V., Slusarski T. V. Some problems in the theory and practice of pulsed electrolysis. // J. Appl. electrochemistry. Theory of technology and protective properties plating. Kazan chemical. tehn. in - so - Kazan, 1991. P. 31-35.
4. Markov L. E., Obrazsev S. V. Application of non-stationary methods in electrochemical technology. -Tomsk, 1988. P. 81.
5. Van den Bossche B., Deconinek J., Flondor G., Van den Winkel P., Hubin A. Steady-state and pulsed current multi-ion reaction simulations for a thallium electrodeposition process. // 53 Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Dusseldorf, 2002. - P.74.
6. Baeshov A. B. Izvestiya NAN RK, seriya khimii i tehnologii, 2011, № 2. P. 3-23.
7. Baeshov A. B. Baeshova A. K. Electrochemical methods poluchenich inorganic substances, Lambert, Academic Publishing, Germany, 2012. P. 7.
8. Sarbayeva M. T. Baeshov A. B. Sarbayeva G. T. *Materiali mezhdunar. Simposiuna*. Almaty, 2013. P. 134.
9. Sarbayeva M. T. Baeshov A. B. Sarbayeva G. T. *Materiali mezhdunar. nauchno – prakt. Conferencia*. Karaganda, 2013. P. 176.

Резюме

А. А. Адайбекова, А. Б. Баешов, Т. Э. Гаипов

(АО « Институт органического катализа и электрохимии им. Д. В. Сокольского», г. Алматы)

**РАСТВОРЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО ЭЛЕКТРОДА
В ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЕ ПРИ ПОЛЯРИЗАЦИИ
ИМПУЛЬСНЫМ АНОДНЫМ ТОКОМ**

В данной работе исследованы закономерности процесса растворения алюминиевого электрода в фосфорной кислоте при поляризации импульсным анодным током частотой 50 Гц. На выход по току растворения алюминия были исследованы влияние различных параметров таких как: плотность тока, концентрация фосфорной кислоты, температура раствора, продолжительность электролиза. Показано, что растворение алюминиевых электродов с высоким выходом по току сопровождается образованием дигидрофосфата алюминия.

Ключевые слова: электролиз, импульсный анодный ток, нестационарный ток, поляризация, алюминий, электрод.

Поступила 14.08.2014 г.