

**NEWS**

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY**

ISSN 2224-5286

Volume 4, Number 412 (2015), 18 – 23

## **REGULARITY OF ELECTROCHEMICAL DISSOLUTION OF COPPER AT POLARIZATION BY ASYMMETRICAL ALTERNATING CURRENT IN ACIDIC MEDIUM**

**A. B. Baeshov, B. E. Myrzabekov, N. S. Ivanov**

D. V. Sokolsky Institute of Organic Catalysis & Electrochemistry, Almaty, Kazakhstan.  
E-mail: myrzabekbegzat@mail.ru

**Keywords:** copper, alternating current, oscilloscope, electrochemistry, electrolysis.

**Abstract.** In the paper the effect of the amplitude ratio of anodic and cathodic half-cycles in the regularity of electrochemical dissolution of copper at alternating current polarization in acidic medium ( $H_2SO_4$  and HCl) is studied. Research works were carried out at the installation of special scheme that consisted of a diode and a resistance, and gave the opportunity to obtain symmetric and asymmetric alternating current with the desired ratio of the two half periods of the alternating current. In the course of research the oscillograms were recorded at the oscilloscope "LODESTAR MOS-640CH", on that it was the ability to fix the different amplitudes of asymmetric alternating current passing through electrochemical circuit. It is found that in the sulfuric acid solution the maximum yield by current efficiency (133,0%) is observed at polarization with a pulse anodic current, and at interaction of the ions passing to solution of copper (II) sulfate with the sulfate-ions of copper a sulfate of copper with a blue color is formed. It is shown that in studies in hydrochloric acid, maximum yield by current efficiency of dissolution of copper is reached to 99,2%.

УДК 541.13

## **АСИММЕТРИЯЛЫ АЙНЫМАЛЫ ТОКПЕН ПОЛЯРИЗАЦИЯЛАНГАН МЫС ЭЛЕКТРОДЫНЫҢ ҚЫШҚЫЛ ЕРІТІНДІЛЕРІНДЕГІ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ЗАҢДЫЛЫҚТАРЫ**

**А. Б. Баев, Б. Э. Мырзабеков, Н. С. Иванов**

«Д. В. Сокольский атындағы Органикалық катализ және электрохимия институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

**Тірек сөздер:** мыс, айнымалы ток, осциллограф, электрохимия, электролиз.

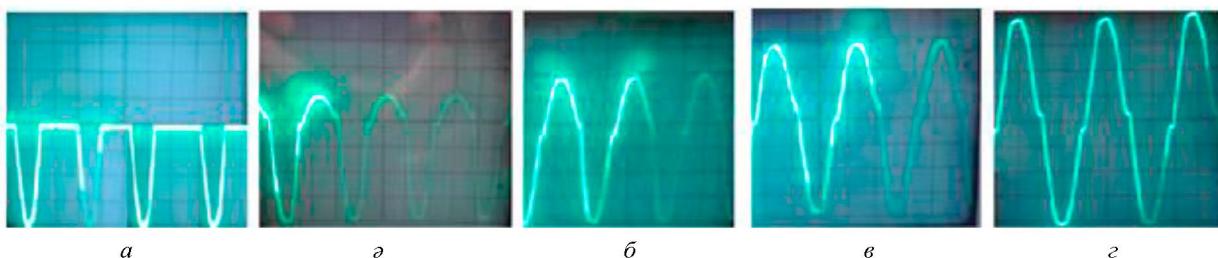
**Аннотация.** Макалада, қышқылды ортада ( $H_2SO_4$  және HCl) айнымалы токпен поляризацияланған мыс электродының еруіне асимметриялы айнымалы токтың катод және анод амплитудасы мәндерінің әртүрлі ара қатынасының әсерлері зерттелінді. Зерттеу жұмыстары айнымалы токтың симметриясын – екі жартылай периодтарының арақатынасын өзгертуге мүмкіндік беретін, диодтар мен кедергілерден тұратын, арнағы схемамен жасалынған кондырығыда жүргізілді. Зерттеу жұмыстарының барысында тізбектен өтіп жатқан асимметриялы айнымалы токтың әртүрлі амплитудаларын көрсетуге мүмкіндік беретін «LODESTAR MOS-640CH» - осциллограф кондырығысы арқылы, осциллограммалар түсірілді. Құқырт қышқылы ерітіндісінде мыстың еруінің ен жоғарғы ток бойынша шығымы, тізбектен импульсті анодты ток өткен кезде байкалып, оның мәні сәйкесінше – 133,0%-ды құрайтындығы және ерітіндігі өткен мыс (II) иондары сульфатиондарымен әрекеттесіп көк түсті мыс сульфаты ерітіндісі түзілетіндігі анықталды. Тұз қышқылында жүргізілген зерттеулерде мыс электроды бір валентті иондар түзе еріп, оның максималды ток бойынша шығымы – 99,2%-ға жететіндігі анықталды.

Электродтың үрдістердің ерекшелігін зерттеу барысында стационарлы емес токтың әртүрлі формаларын қолдану арқылы ерітінділерде түрлі электрохимиялық реакцияларды жүзеге асыруға болады. Бұндай зерттеулер катодты және анодты поляризация кезінде жүріп жатқан бағытталған реакциялардың механизмін жете зерттеуге сонымен қатар жана, тиімді технологиялық әдістерді іске асыруға мүмкіндік береді. Қазіргі кезде стационарлы емес токтың көптеген түрлері белгілі. Бірақ, осы аталған ток түрлерімен көптеген металдардың сулы ерітінділердегі электрохимиялық қасиеттері, еру механизмдері толық зерттелінбеген, осыған орай бұл бағытта зерттеу жұмыстарын жүргізу үлкен қызығушылық тудырып отыр.

Мыстың химиялық, электрохимиялық және т.б. қасиеттері осы уақытқа дейін әртүрлі сулы және органикалық ерітінділерде жан-жақты жақсы зерттелінген [1-11].

Біздің зерттеу жұмысында алғаш рет қышқылды ерітінділерде мыс электродының электрохимиялық қасиеті асимметриялы айнымалы токпен поляризациялау арқылы зерттелді. Мыстың еру үрдісіне асимметриялы айнымалы токтың әр жартылай периоды амплитудасының әсерлері қарастырылды. Зерттеу жұмыстарының барысында тізбектен өтіп жатқан асимметриялы айнымалы токтың әртүрлі амплитудаларын «LODESTAR MOS-640CH» - осциллограф қондырғысы арқылы түсіріліп, осциллограммалары қөрсетілді.

Зерттеу жұмыстары айнымалы токтың симметриясын – екі жартылай периодтарының арака-тынасын өзгертуге мүмкіндік беретін, диодтар мен кедергілерден тұратын, арнайы қондырғыда жүргізілді. Электродтар ретінде – мыс пластинкасы мен көмекші электрод ретінде графит қолданылды. Анод және катод токтарының қатынасы осциллографтың (1, 4-сурет) көмегімен және амперметрмен анықталды. Айнымалы токтың бір жартылай периодындағы токтың амплитудасының мәні тұрақты ұстап ( $i = 1000 \text{ A/m}^2$ ), екіншісінің мәнін  $0-1000 \text{ A/m}^2$  аралығында өзгерте отырып, мыс электродының еруінің ток бойынша шығымы зерттелінді.

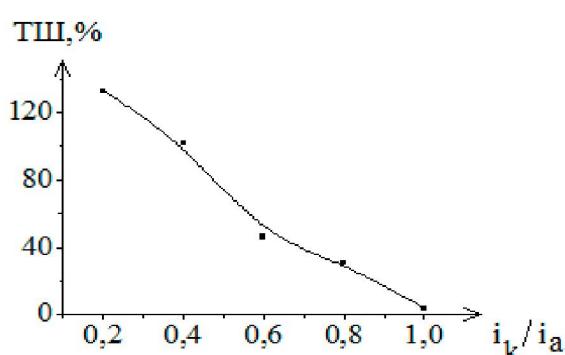


1-сурет – Мыс-графит электродтар жұбын айнымалы токпен поляризациялау кезінде анодты жартылай периодта токтың амплитудасы тұрақты болып ( $i_a = 1000 \text{ A/m}^2$ ) катодты жартылай периодтың әртүрлі амплитудаларында түсірілген осцилограммалар

Күкірт қышқылы ерітіндісінде мыстың еруінің ток бойынша шығымына катодты жартылай периодтағы ток мәнінің әсері 2-суретте көлтірілген. Әр зерттеулер сайын катодты ток амплитудасының шамасы жоғарылатылып отырылды, ал анодты ток амплитуда шамасының мәні тұрақты ұсталынды. 2-суретте көлтірілген «1» дегеніміз, тізбектегі токтың симметриялы айнымалы ток екендігін білдіреді, (яғни, анод және катод жартылай период токтарының мәні бір-бірімен тең) бұл 1-суреттің г-осциллограммасында көлтірілген.

$$i_a = 1000 \text{ A/m}^2, [\text{H}_2\text{SO}_4] = 0,5 \text{ M}, \tau = 0,5 \text{ сағ., } t = 25^\circ\text{C}$$

2-сурет – Күкірт қышқылы ерітіндісінде катодты және анодты жартылай периодтағы ( $i_k/i_a$ ) токтар амплитудасы мәндерінің ара қатынасының мыс электродының еруінің ток бойынша шығымына әсері

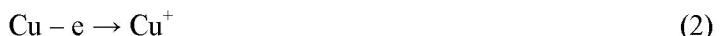


Алынған мәліметтерден, катодты жартылай периодтың анодты жартылай периодтағы процесстерге елеулі эсер ететінін көреміз. Анодты импульсті ток кезінде (1-суреттің а-осциллограммасы), мыстың еруінің ток бойынша шығымы 133,0%-ды құрады. Ары қарай катодты жартылай периодтағы ток мәнінің өсуі, мыс электродының еруінің ток бойынша шығымының төмендеуіне әкеледі (2-сурет). Анод және катод жартылай период амплитудаларының мәні бірге тең болғанда ТШ – 3,9% тең.

Төменгі ( $i_k/i_a$ ) мәндерінде металл еруінің ТШ-ның 100% асуы, мыс электродының түзілген мыс (II) иондарымен химиялық әрекеттесуі нәтиесінде іске асады:



Айнымалы токтың анодты жартылай периодында болған мыс электроды төменгі реакциялар бойынша өзінің бір және екі валентті иондарын түзе ери алады:

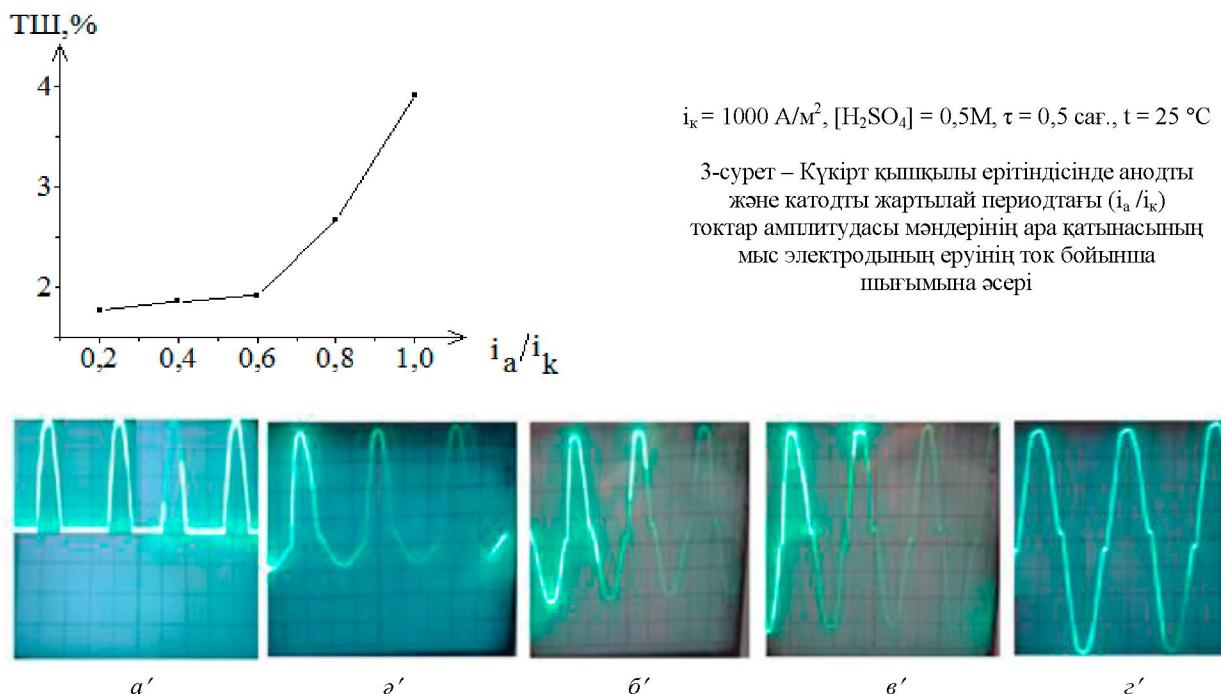


Бірақ айта кету керек, бір валентті мыс иондары күкірт қышқылы ерітіндісінде тұрақсыз. Ерітіндігे өткен мыс (II) иондары сульфат иондарымен әрекеттесіп көк түсті мыс сульфаты ерітіндісі түзіледі:



Анодты жартылай периодтағы ток амплитудасының, күкірт қышқылы ерітіндісіндегі мыс электродының еруінің ток бойынша шығымына әсері 3-суретте көрсетілген. Бұл кезде катодты жартылай периодтағы токтың мәні тұрақты болып ( $1000 \text{ A/m}^2$ ), анодты жартылай периодтағы токтың мәні  $0-1000 \text{ A/m}^2$  аралығында өзгеріліп отырды. Алынған мәліметтердің нәтижесінде, тізбектен катодты импульсті ток өткен кезде (4-суреттің а'-осциллограммасы), яғни анодты жартылай периодтағы токтың мәні нөлге тең болған кезде, мыстың еруінің ТШ – 1,8%. Анодты жартылай периодтағы токтың мәнінің өсуі нәтижесінде, мыс электродының еруінің ток бойынша шығымы аздал өсіп, симметриялы айнымалы ток кезінде, демек,  $i_a/i_k = 1$ , (4-суреттің г'-осциллограммасы) мыстың еруінің ТШ 3,9%-ды ғана құрады.

Мыстың еруінің ТШ, анодты жартылай периоды бойынша есептелгендейтін, оның ен үлкен мәндері – анодты жартылай периодтағы токтың мәндері жоғары болған кезде байқалады.



4-сурет – Мыс-графит электродтар жұбын айнымалы токпен поляризациялау кезінде анодты жартылай периодтың әртүрлі амплитудаларында түсірілген осциллограммалар

Келесі зерттеулерімізде, асимметриялы айнымалы токпен поляризациялау кезіндегі мыс электродының тұз қышқылы ертіндісінде еруі зерттелінді. Айнымалы, тұрақты токтардың әсерімен аталған ортада және хлоридті ертінділерде мыс электродында жүретін электрохимиялық реакциялардың механизмдерін түсіну үшін көптеген ғалымдар зерттеулер жүргізген [12-16]. [17-22] ғылыми енбектерде, тұз қышқылды ортада мыс электродының электрохимиялық қасиетін потенциодинамикалық поляризациялық қысықтар түсіру арқылы зерттеген. Зерттеу нәтиелерін қорытындылай келе мыс электродында екі анодтық ток максимумы тіркеліп, олар сәйкесінше тәменгі реакциялар бойынша еритіндігін анықтаған. Бірінші анодтық максимум тогы, мыс (I) иондарының түзілуіне сәйкес келеді:



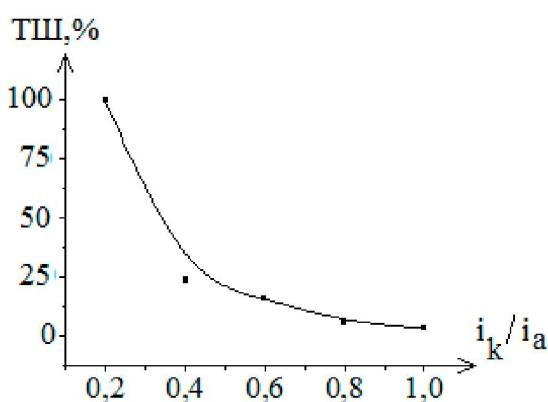
Екінші ток максимумында 5-реакция бойынша түзілген бір валентті мыс иондарының ары қарай тәменгі реакция бойынша тотығу реакциясы орын алады:



Кейінгі зерттеулерімізде тұз қышқылы ертіндісінде мыс электродының электрохимиялық қасиетіне асимметриялы айнымалы токтың әсері зерттеліп, металдың еру занұлықтарына айнымалы токтың анодты және катодты жартылай периодтарындағы токтар амплитудасының арақатыннастарының әсерлері қарастырылды.

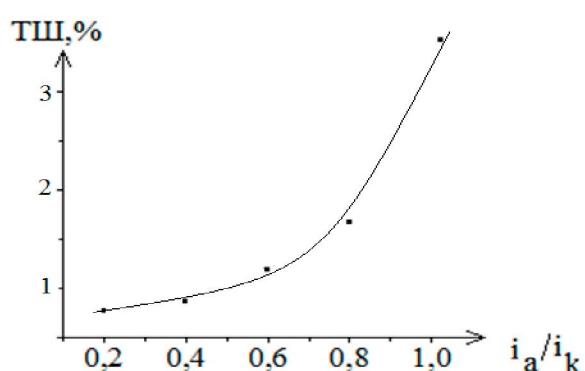
Алдын ала жүргізген зерттеулер, өндірістік айнымалы токпен поляризациялау кезінде мыстың тек бір валентті иондар түзе еритіндігін көрсөтті.

Анодтық жартылай периодтағы токтың мәнін тұрақты ұстап ( $i_a = 1000 \text{ A/m}^2$ ), катодты жартылай периодтағы токтың мәнін  $0-1000 \text{ A/m}^2$  аралығында өзгертуенде, мыс электродының өзінің мыс (I) иондарын түзе 5 реакция бойынша еруі жүреді. 5-суретте көрсетілгендей мыстың еруінің ТШ максимал мәні  $i_k/i_a = 0,2$  (1-суреттің а-осциллограммасы) болғанда байқалады және 99,2% тең. Біз металл еруінің ТШ бір электронды деп есептедік, эксперимент нәтижелері негізінен купри-иондардың түзілетіндігін көрсетеді, яғни тұз қышқылы ертіндісінде анод жартылай периодында мыс тек бір валентті иондарын түзе ериді.



$i_a = 1000 \text{ A/m}^2$ ,  $[\text{HCl}] = 0,5\text{M}$ ,  $\tau = 0,5 \text{ сар.}$ ,  $t = 25^\circ\text{C}$

5-сурет – Тұз қышқылы ертіндісінде катодты және анодты жартылай периодтағы ( $i_k/i_a$ ) токтар амплитудасы мәндерінің арақатыннастарының мыс электродының еруінің ток бойынша шығымына әсері



$i_k = 1000 \text{ A/m}^2$ ,  $[\text{HCl}] = 0,5\text{M}$ ,  $\tau = 0,5 \text{ сар.}$ ,  $t = 25^\circ\text{C}$

6-сурет – Тұз қышқылы ертіндісінде анодты және катодты жартылай периодтағы ( $i_a/i_k$ ) токтар амплитудасы мәндерінің арақатыннастарының мыс электродының еруінің ток бойынша шығымына әсері

Ал, катодты жартылай периодтағы токтың мәнін тұрақты ұстап ( $i_k = 1000 \text{ A/m}^2$ ), анодты жартылай периодтағы токтың мәнін  $0-1000 \text{ A/m}^2$  аралығында өзгертуенде, мыс электродының әлсіз еритіндігі (ТШ 0,8%) анықталды. Тек катодты және анодты жартылай периодтарының қатынасы  $i_k/i_a = 1,0$ -ге тең болған жағдайда, яғни тізбектен симметриялы айнымалы ток өткен кезде (4-суреттің г'-осциллограммасы), мыстың біршама еруі байқалып, оның ТШ мәні 3,6%-ды құрады (6-сурет).

Сонымен, қорыта айтбаңда қышқылды ортада ( $H_2SO_4$  және  $HCl$ ) айнымалы токпен поляризацияланған мыс электродының еруіне асимметриялы айнымалы токтың әртүрлі амплитудасы мәндерінің ара қатынасының әсерлери зерттелінді. Аталған қышқылды ертінділерде мыстың еруінің ең жоғарғы ток бойынша шығымы, тізбектен импульсті анодты ток өткен кезде күкірт қышқылында екі валентті иондарының тұзлолу байқалып, оның мәні сәйкесінше күкірт қышқылында – 133,0%-ды, ал, тұз қышқылында бір валентті иондарын түзе еріп – ТШ 99,2%-ға жететіндігі анықталды.

### ӘДЕБІЕТ

- [1] Баешов А. Электрохимические процессы при поляризации нестационарными токами // Известия НАН РК, 2011, № 2. – С. 3-23.
- [2] Маршаков И.К., Волкова Л.Е., Тутукина Н.М. Анодное растворение меди в щелочные растворы // Конденсированные среды и межфазные границы, 2005, Т-7, №5.- С.417-423.
- [3] Гришина Е.П., Анодное окисление меди в концентрированных растворах серной кислоты // Электрохимия, 2002, Т-38, №9.- С.1155-1158.
- [4] Удалова (Пименова) А.М. Электрохимическое поведение серебра и меди в концентрированных суспензиях кремнезема в водных растворах серной кислоты // Проблемы сольватации и комплексообразования в растворах: тез. докл. IX междунар. конф. – Плес, 2004,- С. 413-414.
- [5] Кузнецов С.А. Электрохимическое поведение меди в хлоридных и хлоридно-фторидных растворах // Электрохимия, 1994, Т-27, №11.- С.256-262.
- [6] Milan M. Antonijevic, Snežana M. Milic, Marija B. Petrovic. Films formed on copper surface in chloride media in the presence of azoles. // Corrosion Science, 2009, V51, P. 1228–1237.
- [7] Starosvetsky D., Khaselev O., Auinat M., Ein-Eli Y.. Initiation of copper dissolution in sodium chloride electrolytes // Electrochimica Acta, 2006 V51, P. 5660–5668.
- [8] Boyu Yuan, Chao Wang, Liang Li, Shenhao Chen. Real time observation of the anodic dissolution of copper in NaCl solution with the digital holography // Electrochemistry Communications, 2009, V11, P. 1373–1376.
- [9] Kear G., Barker B.D., Walsh F.C. Electrochemical corrosion of unalloyed copper in chloride media – a critical review // Corrosion Science, 2004, V46, P. 109–135.
- [10] Баешов А.Б., Кадирбаева А.С., Баешова А.Қ., Адайбекова А.А. Калий иодиді ертіндісіндегі мыс электродының электрохимиялық қасиетін потенциодинамикалық поляризациялық кисыктар түсіру арқылы зерттеу // КР ҰҒА Баяндалары, 2015, - 85-90 б.
- [11] Цыганкова Л.Е., Вигдорович В.И., Бердникова Г.Г., Машкова Т.П. Анодная ионизация меди в растворах изо- $C_3H_7OH-H_2O-HCl$  // Электрохимия, 1998, Т-34, №8.- С.848-854.
- [12] Баешов А.Б., Кадирбаева А.С. Тұз қышқылы ертіндісінде өндірістік айнымалы токпен поляризацияланған мыстың еруі / «Актуальные вопросы электрохимии и защиты от коррозии в решении экологических проблем» атты I Халықаралық ғылыми-практикалық конференция – Томбов, 2012, - 139-144 б.
- [13] Черная С.С., Мещеевский Е.В. Потенциометрическое исследование комплексообразование ионов меди (I) и меди (II) в хлоридных водных растворах // Изв. АНЛитССР. Сер. Хим.-1963, - №3, - С. 336-340.
- [14] Бердникова Г.Г., Машкова Т.П., Ермолова Е.Е., Губанова Н.А., Шувалова С.И., Папенцев А.В., Цыганкова Л.Е. Коррозия и электрохимическое поведение меди в системе HCl-пропанол-2- $H_2O$  // Вестник ТГУ, 1997, Т-2, №1.- С.13-18.
- [15] Ларин В.И., Хоботова Э.Б. Физико-химические закономерности химического и электрохимического растворения меди и ее сплавов в различных растворах // Вестник ХНУ, 2004, Т-34, №626.- С.156-174.
- [16] Шефер В., Дубилин А.Г. Анодное поведение меди в различных растворителях в присутствии хлорид-ионов // Электрохимия, 1996, Т-32, №3.- С.333-338.
- [17] Баешов А.Б., Иванов Н.С., Мырзабеков Б.Э. Электрохимическое поведение медного электрода в солянокислой среде // Вестник НАН РК, 2012, № 5, С. 33 – 36.
- [18] Matosa J.B., D'Elia E., Barcia O.E., Mattos O.R., Pebere N. Tribollet. Rotating disc and hemispherical electrodes for copper dissolution study in hydrochloric solution in the presence of benzotriazole // Electrochimica Acta, 2001, Vol. 46, P. 1377–1383.
- [19] Bacarella A.L., Griess J.C.. Anodic dissolution of Cu in flowing NaCl solutions between 25 and 175 °C // J. Electrochem. Soc., 1973, V120, P. 459-465.
- [20] Lee H.P., Nobe K., Pearlstein A.J.. Film formation and current oscillations in the electrodissolution of Cu in acidic chloride media // J. Electrochem. Soc., 1985, V132, P. 1031-1037.
- [21] Lee H.P., Nobe K.. Kinetics and mechanisms of Cu-electrodissolution in chloride Media // J. Electrochem. Soc., 1986, V133, P. 2035-2043.
- [22] Smyrl W.H. Electrodissolution of Cu in HCl // J. Electrochem. Soc. 1985, V132, № 5, P. 1555 - 1562.

### REFERENCES

- [1] Baeshov A. Electrochemical processes in non-stationary polarization currents. News of NAS RK, **2011**, 2, 3-23. (in Russ.).
- [2] Marshakov I.K., Volkova L.E., Tutukina N.M. Anodic dissolution of copper in alkaline solutions. Condensed Matter and phase boundaries 2005, V-7, №5.- p.417-423. (in Russ.).
- [3] Grishina E.P. Anodic oxidation of copper in concentrated solutions of sulfuric acid. Electrochemistry, 2002, Vol. 38, №9.- p.1155-1158. (in Russ.).

- [4] Udalova (Pimenov) A.M. Electrochemical povidenie silver and copper in concentrated suspensions of silica in aqueous solutions of sulfuric acid. Problems solvatavtsii and complexation in solution: meas. rep. IX Intern. Conf. - Ples, 2004 - pp 413-414. (in Russ.).
- [5] Kuznetsov S.A. Electrochemical povidenie copper chloride and chloride-fluoride solutions. Electrochemistry, 1994, V-27, №11.- p.256-262. (in Russ.).
- [6] Milan M. Antonijevic, Snez'ana M. Milic, Marija B. Petrovic. Films formed on copper surface in chloride media in the presence of azoles. // Corrosion Science, 2009, V51, P. 1228-1237.
- [7] Starosvetsky D., Khaselev O., Auinat M., Ein-Eli Y.. Initiation of copper dissolution in sodium chloride electrolytes. Electrochimica Acta, 2006 V51, P. 5660-5668.
- [8] Boyu Yuan, Chao Wang, Liang Li, Shenhao Chen. Real time observation of the anodic dissolution of copper in NaCl solution with the digital holography. Electrochemistry Communications, 2009, V11, P. 1373-1376.
- [9] Kear G., Barker B.D., Walsh F.C. Electrochemical corrosion of unalloyed copper in chloride media – a critical review. Corrosion Science, 2004, V46, P. 109-135.
- [10] Baeshov A.B., Kadirbaeva A.S., Baeshova A.K., Adaybekova A.A. Potassium iodidi eritindisindegi Cape elektrodyunuq elektrohimiyalyk қasietin potentsiodinamikalyk polaryzatsiyalyk kisuktur tysiru arkyly zertteu. Reports of NAS RK, 2015 - 85-90 p. (in Kaz.).
- [11] Tsygankova L.E., Vigdorovich V.I., Berdikova G.G., Mashkova T.P. Anode copper ionization in solutions of iso-S3N7ON-H2O-HCl. Electrochemistry, 1998, V-34, №8.- p.848-854. (in Russ.).
- [12] Baeshov A.B., Kadirbaeva A.S. Тұз күшкүлі eritindisinde endiristik aynymaly tokpe polaryzatsiyalanfan mystun erui. "Actual issues of electrochemistry and corrosion protection in environmental issues," Atta Halyқaralyk rylymi of I-praktikalıq Conference - Tombov, 2012 - 139-144 p. (in Kaz.).
- [13] Chernaya S.S., Metseevsky E.V. Potentiometric research in complexing copper ions (I) and copper (II) chloride in aqueous solutions. News of AnLitSSR. Ser. Chem, 1963, - №3. - p. 336-340. (in Russ.).
- [14] Berdikova G.G., Mashkova T.P., Yermolova E.E., Gubanova N.A., Shuvalova S.I., Pashentsev A.V., Tsygaikova L.E. Corrosion and electrochemical behavior of copper in the system HCl-2-propanol-H2O. Vestnik TSU, 1997, V-2, №1.- p.13-18. (in Russ.).
- [15] Larin V.I., Khobotova E.B. Physical and chemical laws of chemical and electrochemical dissolution of copper and its alloys in various solutions. Bulletin of KNU, 2004, V-34, №626.- p.156-174. (in Russ.).
- [16] Schaefer V., Dubinin A.G. Anodic behavior of copper in various solvents in the presence of chloride ions. Electrochemistry, 1996, V-32, №3.- p.333-338. (in Russ.).
- [17] Baeshov A.B., Ivanov N.S., Myrzabekov B.E. The electrochemical behavior of copper electrode in hydrochloric acid. Bulletin of NAS RK, 2012, № 5, pp 33-36. (in Russ.).
- [18] Matosa J.B., D'Elia E., Barcia O.E., Mattos O.R., Pebere N. Tribollet. Rotating disc and hemispherical electrodes for copper dissolution study in hydrochloric solution in the presence of benzotriazole // Electrochimica Acta, 2001, V46, P. 1377-1383.
- [19] Bacarella A.L., Griess J.C.. Anodic dissolution of Cu in flowing NaCl solutions between 25 and 175 °C // J. Electrochem. Soc., 1973, V120, P. 459-465.
- [20] Lee H.P., Nobe K., Pearlstein A.J.. Film formation and current oscillations in the electrodissolution of Cu in acidic chloride media // J. Electrochem. Soc., 1985, V132, P. 1031-1037.
- [21] Lee H.P., Nobe K.. Kinetics and mechanisms of Cu-electrodissolution in chloride Media // J. Electrochem. Soc., 1986, V133, P. 2035-2043.
- [22] Smyrl W.H. Electrodissolution of Cu in HCl // J. Electrochem. Soc. 1985, V132, № 5, P. 1555 - 1562.

## ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО РАСТВОРЕНИЯ МЕДИ ПРИ ПОЛЯРИЗАЦИИ АСИММЕТРИЧНЫМ ПЕРЕМЕННЫМ ТОКОМ В КИСЛОЙ СРЕДЕ

**А. Б. Баешов, Б. Э. Мырзабеков, Н. С. Иванов**

АО “Институт органического катализа и электрохимии им. Д. В. Сокольского”, Алматы, Казахстан

**Ключевые слова:** медь, переменный ток, осциллографы, электрохимия, электролиз.

**Аннотация.** В статье исследовано влияние соотношений амплитуды анодного и катодного полупериодов на закономерность электрохимического растворения меди при поляризации переменным током в кислой среде ( $H_2SO_4$  и HCl). Исследовательские работы проводились на установке специальной схемы, которая состоит из диода и сопротивления и дает возможность получать симметричный и асимметричный переменный ток с необходимым соотношением двух полупериодов переменного тока. В процессе проведения исследовательских работ осциллографы снимались на осциллографе «LODESTAR MOS-640CH», на котором возможно снимать различные амплитуды асимметричного переменного тока, протекающего через электрохимическую цепь. Установлено, что в сернокислом растворе максимальный выход по току (133,0%) наблюдается при поляризации импульсным анодным током и при взаимодействии перешедших в раствор ионов меди (II) с сульфат-ионами образуется сульфат меди голубого цвета. Показано, что при исследованиях в соляной кислоте максимальный выход по току растворения меди достигает до 99,2 %.

Поступила 29.07.2015г.