



МРНТИ: 31.15.33

С.С.Битурсын¹, А.Баешов², Н.Т.Шертаева³,
М.Сарбаева⁴, К.З.Керимбаева⁵

^{1,3,5}Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік педагогикалық университеті,
Шымкент, Қазақстан

² Д.В.Сокольский атындағы органикалық катализ және
электрохимия институты, Алматы, Қазақстан

⁴К.А.Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті,
Түркістан, Қазақстан

(E-mail: ²bayeshov@mail.ru, ³Nailyaximik@mail.ru,

⁴makpal.sarbayeva@ayu.edu.kz, ⁵kulyash_62@mail.ru)

Байланыс үшін автор: sbitursyn@mail.ru¹

Бейтарап ортада (Na₂SO₄) айнымалы токпен поляризацияланған мырыш электродының электрохимиялық еруі

Аңдатпа. Мақалада потенциалды поляризация қисықтары арқылы мырыштың электрохимиялық еруі қарастырылады. Мырыш ерітіндіде екі валентті иондар түрінде анодты еріген кезде және одан әрі сумен әрекеттескенде электрод бетінде пассивті қабат түрінде мырыш гидроксиді түзілетіні анықталды. Сонымен қатар, натрий сульфаты ерітіндісінде мырыш электродының жиілігі 50 Гц өндірістік айнымалы ток қатысындағы еру заңдылықтары зерттелді. Мырыш электродының натрий сульфаты ерітіндісінде мырыш гидроксиді түзе электрохимиялық еру ерекшеліктері анықталып, оларға әртүрлі факторлардың әсері қарастырылды. Мырыш электродын айнымалы токпен поляризациялағанда оның еруінің ток бойынша шығымы ток тығыздығын 200-800 А/м² интервалында мырыштың еруінің ток бойынша шығымы және еру жылдамдығы төмендейді. Ток тығыздығы 200 А/м² болғанда ток бойынша шығымы 74%, ал еру жылдамдығы 255,625 г/м²·сағ құрайды. Ал ток тығыздығын 600 А/м² жоғарлатқанда 5,3% және еру жылдамдығы 35,375 г/м²·сағ дейін төмендейді. Ток тығыздығын одан әрі 800 А/м² жоғарлатқанда мырыш электроды мүлдем еруін тоқтатады. Ерітінді концентрациясы 0,25 М болғанда мырыштың ток бойынша еру шығымы 62%, ал еру жылдамдығы 231,5 г/м²·сағ құрайды, ал ерітінді концентрациясын 2,0 М дейін жоғарлатқанда 90% және 332,75 г/м²·сағ құрайды. Электролиз ұзақтығын 0,25 сағаттан 2,0 сағатқа арттырғанда мырыш иондарының ток бойынша шығымы төмендейді. 0,25 сағатта ток бойынша шығым - 94,89%, ал 1,5 сағатта 90% құрайды. Температура әсеріне тоқталсақ, 20-80°C температура аралығында ток бойынша шығым мен металдың еру жылдамдығы төмендейді. Ток бойынша шығым 20°C - 90%, 80°C - 70%, ал еру жылдамдығы сәйкесінше 332,75 г/м²·сағ және 258,875 г/м²·сағ құрайды.

Түйін сөздер: мырыш, электроды, поляризация, электрохимия, бейтарап орта, айнымалы ток, поляризациялық қисық, натрий сульфаты ерітіндісі, анод, катод, ерітінді.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2023-142-1-9-21>

Кіріспе

Қазіргі таңда актуалды мақсаттардың бірі арзан өндірістік айнымалы токты қолдану арқылы мырыштың өндірісте аса қажетті қосылыстарын арудың жаңа әдістерін өңдеу болып табылып отыр.

Соңғы жылдары металл қосылыстарының электрохимиялық әдіспен алынуы осы салада болашағы бар бағыт болып саналады. Электрохимиялық әдістің негізгі жетістігі – аса таза өнім алу мүмкіндігінің болуы, ал процесті белгілі параметрлерде жүргізу әдістің практикалық құндылығын арттырады.

Мырыш қосылыстарын қолдану аумағы соңғы жылдары аса дамыған металлургия, космос техникасында, акусто-, микро-, оптоэлектроникада, электрофотографияда, фотокошірмеде, люминифор өндірісінде, фотоэлементтер, аккумулятор батареяларында, катализатор, газ детекторы, резина өндірісінде, композициялық және полимер материалдарын қолданғанда, цемент, шыны, керамика, пигмент, бояу өндірістерінде қолданылады [1-3].

Жұмыстың негізгі мақсаты – бейтарап ортада синусоидалы өндірістік айнымалы токпен поляризацияланған мырыштың электрохимиялық қасиетін зерттеу және металдың еруіне әртүрлі факторлардың (ток тығыздығы, электролит концентрациясы мен температурасы, электролиз уақыты және т.б.) әсерін анықтау және оның қосылыстарын алу.

Осыған байланысты жұмыста келесі міндеттер қойылды:

- Мырыштың сулы ерітінділердегі электрохимиялық қасиеті потенциодинамикалық поляризациялық қисықтар түсіру арқылы зерттеу;
- мырышты сулы ерітінділерде синусоидалы айнымалы токпен поляризацияланған кезіндегі электродта жүретін электрохимиялық процестердің табиғатын анықтау;
- мырыштың электрохимиялық қасиетіне - ток тығыздығының, электролит концентрациясының, температураның, электролиз ұзақтығының әсерін анықтау;
- еріген мырыштың мөлшері мен ток бойынша шығымына поляризация жағдайының әсерлерін анықтау;
- айнымалы токпен поляризацияланған мырыш электродын электрохимиялық жолмен зерттеу барысында алынған өнімді анықтау.

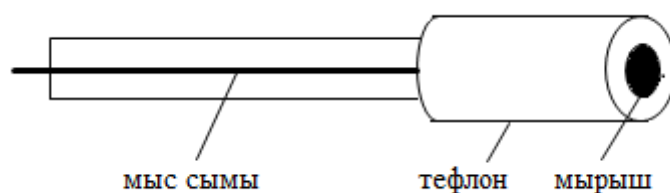
Зерттеу материалдары мен әдістері

Жұмыста қолданылатын негізгі әдістердің бірі IPC Pro потенциостатында потенциодинамикалық вольтамперлік қисық түсіру әдісі болып табылады.

Вольтамперлік өлшеулер анодты және катодты кеңістіктермен бөлінген шыныдан жасалған герметикалық ыдыста үшэлектродты ұяшықта жүргізілді. Поляризациялық қисықтар персональды компьютерде орнатылған IPC 2000 программасы көмегімен тіркеліп отырды. Жұмыс электроды ретінде фторопластқа орнатылған, жұмыс беті ретінде электродтың беткі беті қатыстырылған диаметрі - 4 мм мырыш сымы қолданылды (3.1-сурет). Салыстырмалы электрод ретінде қаныққан KCl ($E=+203$ мВ) ерітіндісіне батырылған күміс-хлор электроды және көмекші электрод ретінде ауданы үлкен платина сымы қолданылды.

Вольтамперограммалар негізінен 20 – 70 °С температура интервалында, сондай-ақ потенциал беру жылдамдығы 30-200 мВ/с болғанда түсірілді. Айнымалы токтың әсерінен жүргізілген процестің механизмін анықтау үшін циклдік поляризациялық қисықтар түсірілді.

Зерттеу жұмысында жұмысшы электроды ретінде мырыш электроды алынды. Спектральды анализ нәтижелері бойынша алынған электрод құрылысы 1.1 сурет пен 1 - кестеде келтірілген.



Сурет 1.1 – Мырыш электроды

Кесте 1 – Спектральды анализ нәтижелері бойынша алынған мырыш электроды құрамы

Элементтер	O	Mg	Si	P	Ca	Zn	Барлығы %
Спектр 1	5,63	0,55	0,49	0,39	0,34	92,60	100,00
Спектр 2	5,95	0,14	0,26	0,47	0,00	93,17	100,00
Спектр 3	1,79	0,00	0,23	0,00	0,00	97,98	100,00
Орташа	4,46	0,23	0,33	0,29	0,11	94,58	100,00

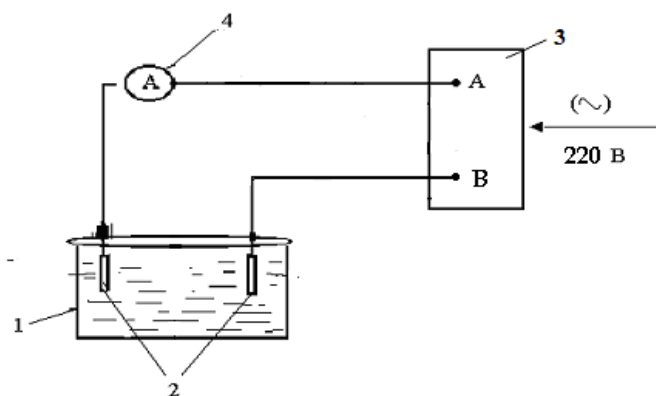
Өлшеулер келесі жағдайларда дайындалып жүргізілді: электрод беті мұқият тазаланып, тегістеліп, содан кейін спиртпен майсыздандырылып отырды. Зерттелінетін электрод тиісті ерітіндіге батырылып, стандартты потенциалы орнағанға дейін ұсталды. Содан кейін берілу потенциалы белгілі жылдамдықпен қосылды және сәйкес потенциодинамикалық поляризациялық қисықтар түсірілді.

Біздің жұмыстарымызда мырыш электродының анодты тотығуы келесі ерітінділерде потенциодинамикалық поляризациялық қисықтар түсіру арқылы зерттелінді:

- 0,25 M Na_2SO_4 + 0,5 M H_2SO_4 ;
- 0,5 M Na_2CO_3 ;
- 0,5M NaNO_3 + 0,5M HNO_3 ;
- 0,5M KCl + 0,01 M HCl ;
- 0,5M CH_3COOH ;
- 0,25M $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ + 0,5M H_3PO_4 және
- 2 M KOH ерітінділерінде.

Ерітінді дайындау үшін «ХТ» маркалы химиялық реактивтер дистелденген суда дайындалды.

Мырыштың сулы ерітінділердегі электрохимиялық еруін зерттеу үшін негізгі тәжірибелер электрод кеңістіктері бөлінбеген электролизерде жүргізілді. Айнымалы токпен жүргізілген электрод поляризациясы В-24 аспабы арқылы жүргізілді. Жұмысшы электродтарының қызметін титан және мырыш пластинкалары атқарды. Өндірістік айнымалы ток арқылы металдардың электрохимиялық еруін анықтау екі әдіспен жүргізілді. Бірінші жағдайда екі мырыш электроды айнымалы токпен поляризацияланды, ал екінші жағдайда – мырыш және титан электродтары алынды. Екінші көмекші электрод ретінде алынған титан электродының беттік ауданы мырыш электродына қарағанда 40-60 есе шамасында аз. Титан және мырыш электродтары эксперимент алдында майда ұнтақты түрпі қағазбен өте мұқият тазаланып, майсыздандырылып, дистильденген сумен жуылып отырды. Мырыштың ион түрінде ерітіндіге өткені электрод салмағының кемуі арқылы анықталып отырды. Өндірістік айнымалы ток электролизіне арналған қондырғының сызбанұсқасы 1.2-суретте көрсетілген.



Сурет 1.2 – Мырыш электродын айнымалы токпен поляризациялау арқылы мырыш қосылыстарын синтездеуге арналған қондырғының принципияльды схемасы:

- 1 – электролизер; 2 – мырыш және титан электродтары;
3 – айнымалы ток түзеткіші; 4 – амперметр.

Зерттеу жұмыстарында қолданылған барлық химиялық реактивтердің тазалық дәрежесі «химиялық таза» деген атауларға сәйкес келеді. Барлық ерітінділер дистилденген суда дайындалды.

Электролизден кейін алынған ерітіндідегі мырыш иондарының сандық мөлшері салмақтық және комплексонометриялық анализ әдістерімен анықталды [4].

Электролизге дейінгі және кейінгі мырыш электродының салмағы үнемі өлшеніп отырды.

Рентгендік зерттеулер 2,0 БСВ 24-Си рентгендік трубкасы бар, ДРОН-3 (жалпы мақсатқа арналған рентгендік дифрактометр) қондырғысында жүргізілді. Детектордың жылжу бұрышының диапазоны (4° - 64°) гониометрлік қондырғының шкаласы бойынша есептелінді және өзі жазатын потенциометрде лентаға түсіріліп отырды. Түсіріп алынған рентгенограмманың мағынасын ашып түсіндіру ASTM американдық картотеканың көмегімен жасалды.

Эксперимент нәтижелері сипаттау үшін статистикалық әдістер қолданылды, яғни математикалық әдістемелер, формулалар, сандық есептеу әдістері, олардың көмегімен эксперимент барысында алынған мәндерді жалпылауға, бір жүйеге келтіруге, оларда жасырылған заңдылықтарды ашуға мүмкіндік берді. Біз тәжірибеде зерттелген айнымалылар арасында болатын статистикалық сипаттағы осындай заңдылықтар туралы айтып отырмыз. Математикалық және статистикалық талдаудың кейбір әдістері деректердің таңдамалы үлестірімін есептеуге мүмкіндік берді, мысалы, таңдамалы орташаны және дисперсияны анықтау.

Тәжірибе нәтижелері статистикалық өңделді. Тәжірибе нәтижесі 34,87; 37,86; 36,83; орташа мәні – 36,52. Салыстырмалы қателік мәндері сәйкесінше келесі: 4,51%, 3,67% және 0,85% құрады. Бірінші және екінші салыстырмалы қателік қанағаттанарлық деңгейді, ал үшінші қателік өте жоғары дәлдікті көрсетті.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Натрий сульфаты ерітіндісінде айнымалы токпен поляризацияланған мырыш электродының электрохимиялық еруін зерттеу алдын поляризациялық қисықтар түсіру арқылы мырыш электродының нейтрал ерітінділердегі циклді потенциодинамикалық поляризациялық қисықтары түсірілді.

Поляризациялық қисықтар натрий карбонаты ерітіндісінде түсірілді. Мырыш электродының натрий карбонаты ерітіндісіндегі анодты потенциодинамикалық

қисықтарында ортаның әсері рН=11-6 аралығында зерттелінді. Айта кету керек, 0,5М Na₂CO₃ ерітіндісінде рН=11 тең. Бұл рН мәнінде мырыш электроды электрохимиялық активтілік көрсетпейді (сурет 1.3, қисық 1).

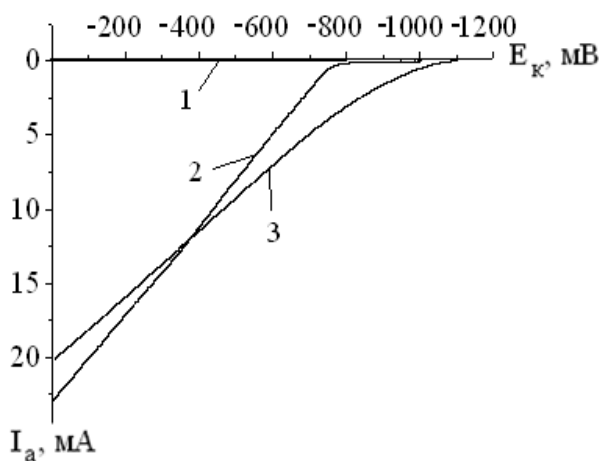
Ерітінді ортасының қышқылдылығын жоғарылатқанда мырыштың «минус» 780 мВ бастап еруі іске асады (сурет 1.3, қисық 2). Ары қарай ортаның қышқылдылығын жоғарылату мырыштың еруіне оңтайлы әсер етеді және «минус» 1200 мВ бастап оның тотығуы іске асады (сурет 1.3, қисық 3). Соңғы екі жағдай да мырыштың еруі 1- реакция бойынша іске асады [5].



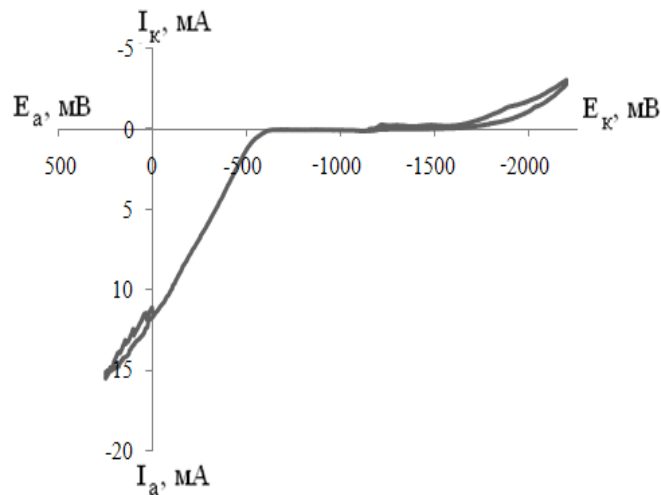
Жоғарыдағы тіркелген қисықтарды түбегейлі түсіну мақсатында мырыш электродында катодты-анодты, анодты-катодты потециодинамикалық поляризациялық қисықтар түсірілді. 1.4-суретте көрсетілгендей потенциал мәнін катод бағытына ығыстыру кезінде «минус» 1700 мВ бастап сутегі ионының тотықсыздану потенциалының мәніне сәйкес келетін толқын байқалады. Потенциал мәнін катодтан анод бағытына қарай ығыстырғанда, -700 мВ-та мырыштың тотығу реакциясының жүретіндігін көруге болады. Келесі 1.5-суретте мырыш электродында анодты-катодты поляризациялық қисықта потенциал мәнін анод бағытына ығыстырғанда жоғарыда тіркелген потенциал мәніне сәйкес келетін мырыштың тотығуы тіркелді, ал потенциал мәнін анодтан катод бағытына қарай ығыстырғанда ерітіндіге ион күйінде өткен мырыштың «минус» 1000 мВ-тан бастап қайта тотықсыздану тоғы және одан теріс потенциалдарда сутегі ионының тотықсыздану тоғы тіркеледі.

Біздің зерттеу жұмысымызда екі мырыш электродын натрий сульфаты, натрий карбонаты және калий гидроксиді ерітіндісінде жиілігі 50 Гц өндірістік айнымалы токпен поляризациялаған кезде, металдың еруі іс жүзінде жүрмейтіндігі, ал бір электродты титан сымымен алмастырғанда, мырыштың қарқынды еритіндігі анықталды.

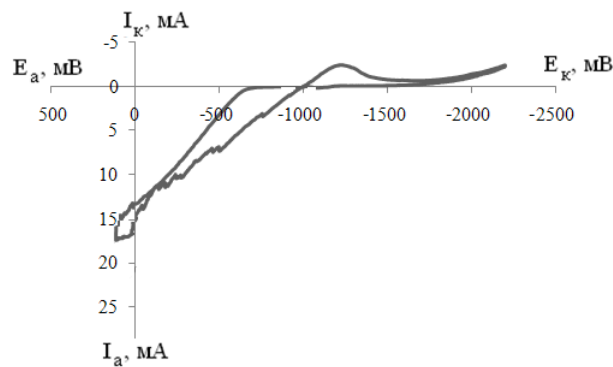
Мырыш және титан электродтарын айнымалы токпен поляризациялағанда мырыштың электрохимиялық еруін, айнымалы токтың анодтық жартылай периодында, титан электродының бетінде түзілген әртүрлі құрамдағы оксидті қабаттардың (Ti_xO_y) жартылай өткізгіштік қасиетімен түсіндіруге болады. Мұнда титан электроды электрлік түзеткіш және көмекші электрод қызметтерін атқарады [4-8].



Сурет 1.3 – Мырыш электродында түсірілген анодты потециодинамикалық поляризациялық қисық: [Na₂CO₃]= 0,5М, V = 100 мВ/с, t = 25⁰С, рН: 1 – 11, 2 – 9, 3 – 6



Сурет 1.4 – Мырыш электродында түсірілген циклды катодты-анодты потенциодинамикалық поляризациялық қисық: $[Na_2CO_3] = 0,5M$, $V = 100$ мВ/с, $t = 25^\circ C$, $pH = 9$



Сурет 1.5 – Мырыш электродында түсірілген циклды анодты-катодты потенциодинамикалық поляризациялық қисық: $[Na_2CO_3] = 0,5M$, $V = 100$ мВ/с, $t = 25^\circ C$, $pH = 9$

Ұсынылып отырған жұмыста жиілігі 50 Гц натрий сульфаты ерітіндісінде айнымалы токпен поляризацияланған мырыш электродының электрохимиялық еруі титан электродымен жұптастыра зерттелінді. Электролиз процесіне әртүрлі параметрлер: титан және мырыш электродтарындағы ток тығыздықтары, электролит концентрациясы, электролиз ұзақтығы және электролит температурасының әсері анықталды [4-8].

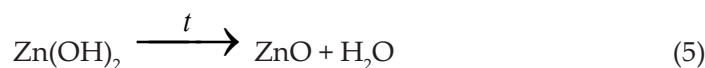
Алғашқыда натрий сульфаты ерітіндісінде екі мырыш электродын айнымалы токпен поляризациялағанда мырыштың еру процесі өте баяу жүрді. Мырыш электродтарының біреуін титан сымымен алмастырғанда, металдың бірден жылдам еруі байқалды. Айнымалы токпен поляризациялау кезіндегі еріген мырыш электродтарының ток бойынша шығымы анодтық жартылай периодқа есептелінді. Ерітіндіге өткен мырыш иондарының мөлшерін электродтарды таразыға тарту арқылы салмақтық әдіспен анықталды.

Электродта жүретін электрохимиялық реакцияның еру жылдамдығына елеулі әсері бар факторлардың бірі – ток тығыздығы. Тәжірибе барысында мырыштың еруіне, титан электродындағы ток тығыздығының әсері $10-90$ $кА/м^2$ интервалында зерттелінді (сурет 1.6). Эксперимент нәтижесі бойынша титан электродындағы ток тығыздығын 70 $кА/м^2$ арттырғанда мырыштың еруінің ток бойынша шығымының мәні 55% өсіп, ары қарай төмендейді. Мырыштың еру жылдамдығы 10 $кА/м^2$ ток тығыздығында – $80,25$ $г/м^2 \cdot сағ$ тең,

ал 90 кА/м^2 кезінде $237,75 \text{ г/м}^2\cdot\text{сағ.}$ тең, яғни титан электродындағы ток тығыздығының артуымен мырыштың еру жылдамдығы өседі. Катодтық жартылай периодта мырыш иондары орташа жылдамдықпен қайта тотықсызданады, яғни мырыш теріс потенциалға ие металл ($E_{\text{Zn/Zn}^{2+}}^0 = -0,76\text{В}$) болып табылады. Сондай-ақ реакция сутегі иондарының жоғары рязрядталуымен қатар жүреді. Жоғарыда айтылғандай, ток тығыздығы 70 кА/м^2 бастап ток бойынша шығымы төмендейді. Себебі, электролиз кезінде титан электродының бетінде анодтық жартылай периодта түзілетін металдың әртүрлі құрамдас оксидтік қабықшалары вентильдік (жартылай өткізгіштік) қасиет көрсетеді, бұл тізбектен токтың өтуін қиындатады, ал титан электроды айнымалы токтың катодтық жартылай периодында болғанда тізбектен ток өтеді. Катодтық жартылай периодта, титан электродында нейтралды ортада су молекуласының тотықсыздануы жүреді.



Осы мезетте, мырыш электроды анодтық жартылай периодта болып ериді және металл иондарының түзілуімен тотығып, ары қарай металл оксидіне өтеді.



Реакция 1.4 бойынша мырыш гидроксидінің мырыш оксидіне дегидратациялануы ерітінді температурасы $60\text{-}70^\circ\text{C}$ жоғары болғанда жүреді.

1.7-суретте айнымалы токпен поляризацияланған мырыштың еруіне, мырыш электродындағы ток тығыздығының әсері көрсетілген. Суреттен көрініп тұрғандай, ток тығыздығы $200\text{-}800 \text{ А/м}^2$ интервалында мырыштың еруінің ток бойынша шығымы және еру жылдамдығы төмендейді. Ток тығыздығы 200 А/м^2 болғанда ток бойынша шығымы 74% , ал еру жылдамдығы $255,625 \text{ г/м}^2\cdot\text{сағ}$ құрайды. Ал ток тығыздығын 600 А/м^2 жоғарлатқанда $5,3\%$ және еру жылдамдығы $35,375 \text{ г/м}^2\cdot\text{сағ}$ дейін төмендейді. Ток тығыздығын одан әрі 800 А/м^2 жоғарлатқанда мырыш электроды мүлдем еруін тоқтатады. Себебі, электрод бетінде мырыш гидроксидінің түзілуінен электрод беті толығымен экранирланып, пассивациялануға әкеледі.

Эксперимент нәтижелері көрсеткендей, натрий сульфатының концентрациясын жоғарылатқанда мырыштың еруінің ток бойынша шығымы және еру жылдамдығы айтарлықтай жоғарылайды (1.8-сурет). Ерітінді концентрациясы $0,25 \text{ М}$ болғанда мырыштың ток бойынша еру шығымы 62% , ал еру жылдамдығы $231,5 \text{ г/м}^2\cdot\text{сағ}$ құрайды, ал ерітінді концентрациясын $2,0 \text{ М}$ дейін жоғарлатқанда 90% және $332,75 \text{ г/м}^2\cdot\text{сағ}$ құрайды. Мырыштың еруінің ток бойынша шығымының артуы оттегінің доноры болып табылатын сульфат-иондарының концентрациясының жоғарылауымен байланысты деп жорамалдаймыз.

Мырыш электродының электрохимиялық еруіне электролиз ұзақтығының әсері де қарастырылды (сурет 1.9). Электролиз ұзақтығын $0,25$ сағаттан $2,0$ сағатқа арттырғанда мырыш иондарының ток бойынша шығымы төмейді. $0,25$ сағатта ток бойынша шығым $-94,89\%$, ал $1,5$ сағатта 90% құрайды. Мұны, уақыт артқан сайын электродтардың беті электролиз өнімдерімен, яғни нашар еритін мырыш қосылыстарымен пассивтелуімен түсіндіруге болады.

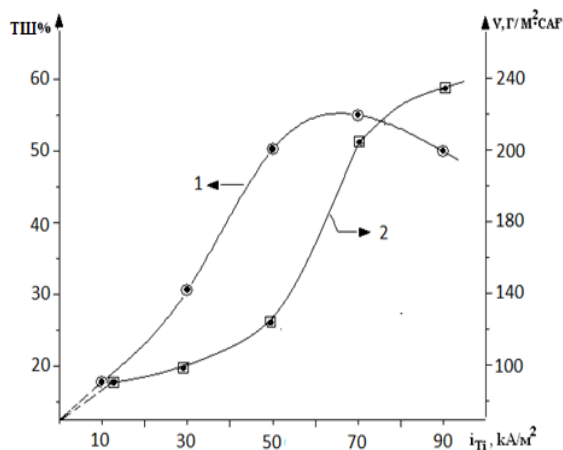
Ток бойынша шығымға электролит температурасының әсерін зерттеуге берілген температураны тұрақты мәнде ұстап тұратын, термостат электролизер қолданылды. 1.10-суретте көрсетілгендей $20\text{-}80^\circ\text{C}$ температура аралығында ток бойынша шығым мен

металдың еру жылдамдығы төмендейді. Ток бойынша шығым 20°C - 90%, 80°C - 70%, ал еру жылдамдығы сәйкесінше $332,75 \text{ г/м}^2\cdot\text{сағ}$ және $258,875 \text{ г/м}^2\cdot\text{сағ}$ құрайды. Ерітінді температурасының артуымен мырыштың еруінің ток бойынша шығымының төмендеуін сутегі газының бөліну аса кернеулігінің төмендеуімен түсіндіруге болады.

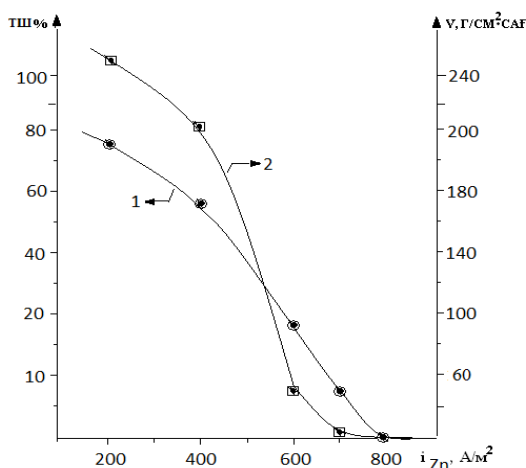
Қорытындылай келе, зерттеу жұмысында, натрий сульфаты ерітіндісінде мырыш электродының электрохимиялық еруі стационарлы емес поляризация жағдайында алғаш рет зерттеліп, электролиз жағдайына байланысты мырыш (II) гидроксиді мен оксидін түзе ерітіндігі анықталды. Жүргізілген тәжірибелер негізінде, мырыш электродының еруінің тиімді жағдайлары қалыптастырылды: $i_{\text{Ti}} = 70 \text{ кА/м}^2$; $i_{\text{Zn}} = 200 \text{ А/м}^2$, $\text{Na}_2\text{SO}_4 = 0,5 \text{ М}$, $\tau = 0,25 \text{ сағ}$, $t = 20^\circ\text{C}$

Электролизден кейін алынған мырыштың тұзына рентгенофазалық анализ жасалынды. Рентгенограмма нәтижелерінің рефлекстері (1.47, 1.73, 2.45, 2.8 және т.б) мырыш оксидінің қосылыс түрінде түзілгенін көрсетті (сурет 1.11).

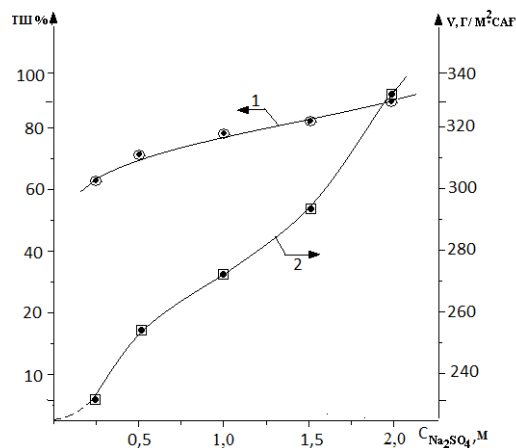
Сондай-ақ мырыш оксидінің электромикроскоп арқылы алынған спектрлерінің мәндері 2 - кестеде берілген.



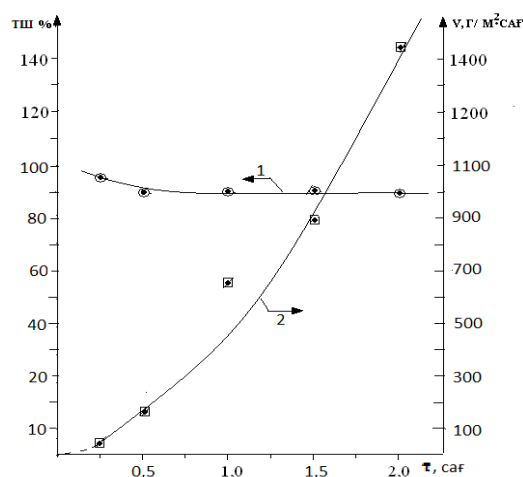
Сурет 1.6 – Айнымалы токпен поляризацияланған мырыш электродының еруінің ток бойынша шығым (1) мен еру жылдамдығына (2) титан электродындағы ток тығыздығының әсері: $i_{\text{Zn}} = 500 \text{ А/м}^2$; $[\text{Na}_2\text{SO}_4] = 0.5 \text{ М}$; $\tau = 0,5 \text{ сағ.}$, $\text{pH} = 7$.



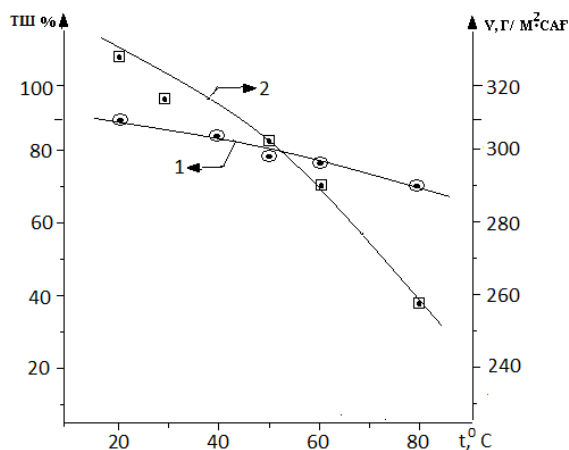
Сурет 1.7 – Айнымалы токпен поляризацияланған мырыш электродының еруінің ток бойынша шығымна (1) мен еру жылдамдығына (2) мырыш электродындағы ток тығыздығының әсері: $i_{\text{Ti}} = 70 \text{ кА/м}^2$; $[\text{Na}_2\text{SO}_4] = 0,5 \text{ М}$; $\tau = 0,5 \text{ сағ.}$, $\text{pH} = 7$.



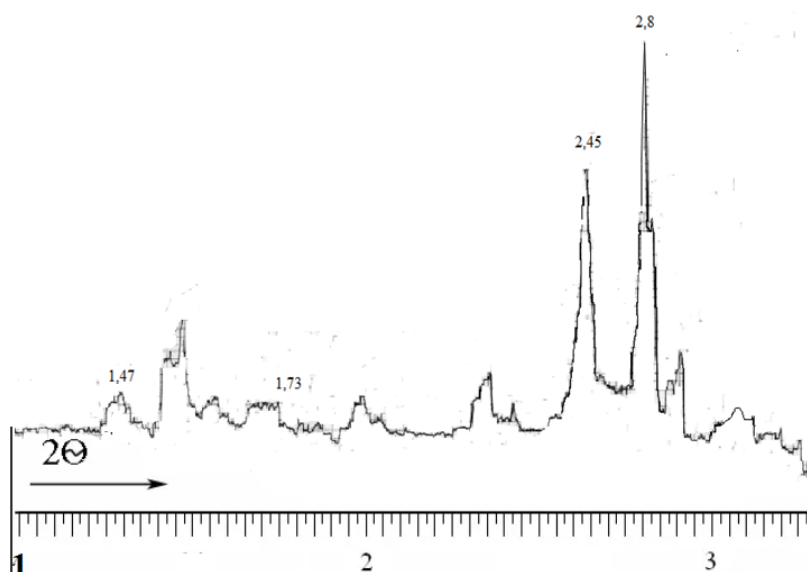
Сурет 1.8 – Айнымалы токпен поляризацияланған мырыш электродының еруінің ток бойынша шығымы (1) мен еру жылдамдығына (2) электролит концентрациясының әсері: $i_{Ti} = 70 \text{ kA}/m^2$, $i_{Zn} = 200 \text{ A}/m^2$, $\tau = 0,5 \text{ сағ.}$, $pH = 7$.



Сурет 1.9 – Айнымалы токпен поляризацияланған мырыш электродының еруінің ток бойынша шығымы (1) мен еру жылдамдығына (2) электролиз ұзақтығының әсері: $i_{Ti} = 70 \text{ kA}/m^2$; $i_{Zn} = 200 \text{ A}/m^2$, $[Na_2SO_4] = 0,5 \text{ M}$, $pH = 7$.



Сурет 1.10 – Айнымалы токпен поляризацияланған мырыш электродының еруінің ток бойынша шығымы (1) мен еру жылдамдығына (2) электролит температурасының әсері: $i_{Ti} = 70 \text{ kA}/m^2$; $i_{Zn} = 200 \text{ A}/m^2$, $[Na_2SO_4] = 0,5 \text{ M}$, $pH = 7$.



Сурет 1.11 – Электрохимиялық жолмен алынған мырыш оксидінің рентгенограммасы

Кесте 2 – Спектральды анализ нәтижелері бойынша алынған мырыш оксидінің электронды құрамы

Элемент	Мөлшері % (салмақтық)		
	O	Zn	Жалпы
Спектр 1	34,87	65,13	100,00
Спектр 2	37,86	62,14	100,00
Спектр 3	36,83	63,17	100,00
Орташа	36,52	63,48	100,00

Қорытынды

Алғаш рет өндірістік жиіліктегі айнымалы токпен поляризацияланған мырыш электродының бейтарап ортада электрохимиялық еру заңдылықтары мен ерекшеліктері анықталды және айнымалы токты қолдану нәтижесінде мырыштың еру үрдісі артатындығы, электролиттің қасиетіне қарай мырыштың сәйкес қосылысы алынатыны анықталды.

Нейтралды орта ерітінділерінде айнымалы токпен поляризацияланған мырыш электродының еруінің тиімді параметрлері $[\text{Na}_2\text{SO}_4] = i_{\text{Ti}} = 70 \text{ A/m}^2$, $i_{\text{Zn}} = 200 \text{ A/m}^2$, $C = 0,5 \text{ M}$, $\tau = 0,5 \text{ сағ}$, $t = 20^\circ\text{C}$., қалыптастырылды және мырыштың еруінің ток бойынша шығымы 94,89%, 44%, 90%, 80% құрады.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Башов Ә.Б., Жұрынов М.Ж., Башова А.Қ. Электрохимия негіздері: Түркістан, 2001. – 148 с.
- 2 Коробочкин В.В. Разрушение никеля и кадмия при электролизе переменным током промышленной частоты: /В.В. Коробочкин //Известия Томского политехнического университета. – Томск, 2003. – № 1. –С. 23 – 24.
- 3 Коновалов Д.В. Влияние технологических параметров на скорость процесса электрохимического синтеза оксида цинка с помощью переменного тока: / Д.В. Коновалов и др. //

Химия – XXI век: новые технологии, новые продукты: материалы междунар. науч.- практ. конф. – Кемерово, 2000. – С. 94 – 96.

4 Баешов А.Б. Тулешова Э. Баешова А.К. Закономерности растворения серебра в растворах сульфата натрия: // Известия НАН РК Сер.хим.-2008. -№1. –С.29-32.

5 Ivanov N.S., Bayeshov A.B., Myrzabekov B.E., Myrzabekov B.E., Bitursyn S.S. Sciences Electroreduction of Te (IV) for glassy-carbon electrode in an alkaline environment International Journal of Chemical. -2014.- Т. 12.- Vol.4. - P. 1253 - 1258

6 Баешов А.Б., Изтлеуов Г.М., Баешова А.К. Электрохимический способ получения гидроксида титана (III): // Новости науки Казахстана. – Алматы, 2005. -№1. – С.51-54.

7 Gaipov T.E., Makhanbetov A.B., Myrzabekov B.E., Tazhibayev A., Bitursyn S.S., Shertayeva N.T., Duisembiyev M. and Abdulina, E.K. Extraction of manganese from manganese ores by electrochemical leaching. Rasayan J.Chem. - 2022. - Vol. 15 No. 3.- 1806-1811 July - September

8 Bitursyn S. S., Baeshov A. B. Issolution of the zinc electrode in hydrochloric acid at polarization alternating current//Bulletin of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan.-2016.-Vol. 4. No.362.-P.23-31

С.С.Битурсын¹, А.Баешов², Н.Т.Шертаева³, М.Т.Сарбаева⁴, К.З.Керимбаева⁵

^{1,3,5}Южно-Казахстанский государственный педагогический университет, Шымкент, Казахстан

²Институт органического катализа и электрохимии им. Д. В. Сокольского, Алматы, Казахстан

⁴Международный казахско-турецкий университет им. Х. А. Ясави, Туркестан, Казахстан

Электрохимическое растворение цинкового электрода, поляризационным переменным током в нейтральной среде (Na₂SO₄)

Аннотация. В данной статье рассматривается электрохимическое растворение цинка в растворе сульфата натрия методом потенциометрических поляризационных кривых. Было установлено, что при анодном растворении цинка в растворе в виде двухвалентных ионов и в дальнейшем при взаимодействии с водой образуется гидролиз гидроксида цинка, отложение которого образует на поверхности электрода пассивный слой. Кроме того, были изучены закономерности растворения цинкового электрода в растворе сульфата натрия в присутствии промышленного переменного тока частотой 50 Гц. Выявлены особенности электрохимического растворения цинкового электрода в растворе сульфата натрия с образованием гидроксида цинка и рассмотрено влияние на них различных факторов. При поляризации цинкового электрода переменным током выход по току его растворения уменьшается выход по току и скорость растворения цинка в интервале 200-800 А/м². При плотности тока 200 А/м² выход по току составляет 74 %, а скорость растворения 255,625 г/м²·ч. А при увеличении плотности тока до 600 А/м² снижается до 5,3% и скорость растворения снижается до 35,375 г/м²·ч. При дальнейшем увеличении плотности тока до 800 А/м² цинковый электрод полностью перестает плавиться. При концентрации раствора 0,25 М выход растворения цинка по току составляет 62 %, а скорость растворения 231,5 г/м²·ч, а при увеличении концентрации раствора до 2,0 М - 90 % и 332,75 г/м²·ч. При увеличении продолжительности электролиза с 0,25 ч до 2,0 ч выход ионов цинка снижается по току. Выход по току в 0,25 часа составляет 94,89%, а в 1,5 часа - 90%. Если ориентироваться на влияние температуры, то в интервале температур 20-800С снижается выход по току и скорость растворения металла. Текущий выход составляет 90% при 200°С, 70% при 800°С, скорость растворения 332,75 г/м²·ч и 258,875 г/м²·ч соответственно.

Ключевые слова: поляризация, цинк, электрод, электрохимия, нейтральная среда, анод, катод, растворение.

S.S.Bitursyn¹, A.Baeshov², N.T.Skertayeva³, M.T.Sarbayeva⁴, K.Z.Kerimbaeva⁵

^{1,3,5}South Kazakhstan State Pedagogical University, Shymkent, Kazakhstan

²D. V. Sokolsky Institute of Organic Catalysis and Electrochemistry, Almaty, Kazakhstan

⁴Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan

Electrochemical dissolution of a zinc electrode polarized by alternating current in a neutral medium (Na_2SO_4)

Abstract. This article discusses the electrochemical dissolution of zinc in a solution of sodium sulfate by the method of potentiometric polarization curves. It was found that during anodic dissolution of zinc in solution in the form of divalent ions and further upon interaction with water, hydrolysis of zinc hydroxide is formed, the deposition of which forms a passive layer on the surface of the electrode. In addition, the regularities of dissolution of the zinc electrode in a solution of sodium sulfate in the presence of an industrial alternating current with a frequency of 50 Hz were studied. The features of electrochemical dissolution of a zinc electrode in a solution of sodium sulfate with the formation of zinc hydroxide are revealed and the influence of various factors on them is considered. When the zinc electrode is polarized by alternating current, the current output of its dissolution decreases the current output and the rate of dissolution of zinc in the range of 200-800 A/m². At a current density of 200 A/m², the current output is 74%, and the dissolution rate is 255.625 g/m²p.h. And when the current density increases to 600 A/m², it decreases to 5.3% and the dissolution rate decreases to 35.375 g/m² p.h. With a further increase in the current density up to 800 A/m², the zinc electrode completely ceases to melt. At a solution concentration of 0.25 M, the current dissolution yield of zinc is 62%, and the dissolution rate is 231.5 g / m² p.h, and with an increase in the concentration of the solution to 2.0 M - 90%. and 332.75 g/m² p.h. With an increase in the duration of electrolysis from 0.25 h to 2.0 h, the output of zinc ions decreases in current. The current output in 0.25 hours is 94.89%, and in 1.5 hours - 90%. If we focus on the influence of temperature, then in the temperature range of 20-800C, the current output and the rate of metal dissolution decrease. The current yield is 90% at 200 °C, 70% at 800 °C, the dissolution rate is 332.75 g/m² p.h and 258.875 g/m² p.h, respectively.

Keywords: zinc, electrode, polarization, electrochemistry, neutral medium, polarization curve, anode, cathode, dissolution.

References

- 1 Baeshov Á.B., Jurynov M.J., Baeshova A.Q. Elektrokhimiya negizderi [fundamentals of electrochemistry] (Türkistan, 2001, 148).
- 2 Korobochkin V.V. Razrushenie nikelya i kadmiya pri e`lektrolize peremennym tokom promy`shlennoj chastoty` [Destruction of nickel and cadmium during electrolysis by alternating current of industrial frequency], Izvestiya Tomskogo politexnicheskogo universiteta, 1, 23 – 24(2003).
- 3 Konovalov D.V. Vliyanie texnologicheskix parametrov na skorost` processa e`lektroximicheskogo sinteza oksida cinka s pomoshh`yu peremennogo toka [Influence of technological parameters on the speed of the electrochemical synthesis of zinc oxide using alternating current], Ximiya – XXI vek: novy`e texnologii, novy`e produkty`: materialy` mezhdunar. nauch.- prakt. konf., Kemerovo, 94 – 96(2000).
- 4 Baeshov A.B., Tuleshova E., Baeshova A.K. Zakonomernosti rastvoreniya serebra v rastvorax sul`fata natriya [Regularities of silver dissolution in sodium sulfate solutions], Izvestiya NAN RK Ser.xim., 1, 29-32(2008).
- 5 Ivanov N.S., Bayeshov A.B., Myrzabekov B.E. Myrzabekov B.E., Bitursyn S.S. Sciences Electroreduction of Te (IV) for glassy-carbon electrode in an alkaline environment International Journal of Chemical, 12(4), 1253 - 1258
- 6 Baeshov A.B., Iztleuov G.M., Baeshova A.K. E`lektroximicheskij sposob polucheniya gidroksida titana (III) [Electrochemical method for producing titanium hydroxide (III)], Novosti nauki Kazaxstana [News of Kazakhstan Science], Almaty, 1, 51-54(2005).
- 7 Gaipov T.E., Makhanbetov A.B., Myrzabekov B.E., Tazhibayev A., Bitursyn S.S., Skertayeva N.T., Duisembiyev M., Abdulina E.K. Extraction of manganese from manganese ores by electrochemical leaching. Rasayan J, 15(3), 1806-1811(2022).
- 8 Bitursyn S.S., Baeshov A.B. Issolution of the zinc electrode in hydrochloric acid at polarization alternating current, Bulletin of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan, 4(362),23-31(2016)

Сведения об авторах:

Битурсын С.С. – доктор PhD кафедры «Химия» Южно-Казахстанский государственный педагогический университет, ул. Байтурсынова 13, Шымкент, Казахстан.

Баешов А. Б. – доктор химических наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук РК, академик, институт органического катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского, ул. Кунаева, 142, Алматы, Казахстан

Шертаева Н.Т. – кандидат химических наук, доцент кафедры «Химия» Южно-Казахстанский государственный педагогический университет, г.Шымкент, ул. Байтурсынова 13, Республика Казахстан.

Сарбаева М.Т. – PhD, старший преподаватель кафедры «Экология и химия», Международный Казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, проспект Бекзата Саттарханова, 29, Туркестан, Казахстан.

Керимбаева К.З. – кандидат технических наук, доцент кафедры «Химия» Южно-Казахстанский государственный педагогический университет, ул. Байтурсынова 13, Шымкент, Казахстан.

Bitursyn S.S. – PhD of the Department of Chemistry, South Kazakhstan State Pedagogical University, Baitursynova str. 13, Shymkent Kazakhstan.

Baeshov A. B. – Doctor of Chemical Sciences, Professor, corresponding member of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, academician, D.V. Sokolsky Institute of Organic Catalysis and Electrochemistry, Kunayev str.,142, Almaty, Kazakhstan.

Shertayeva N.T. – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry, South Kazakhstan State Pedagogical University, Baitursynova str. 13, Shymkent, Kazakhstan.

Sarbayeva M.T. – PhD, Senior Lecturer of the Department “ Ecology and chemistry”, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Bekzat Sattarkhanov. 29, Turkestan, Kazakhstan.

Kerimbayeva K.Z. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry, South Kazakhstan State Pedagogical University, Baitursynova str. 13, Shymkent, Kazakhstan.